

Abordagem multicontextual da história da ciência: uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores

Multicontextual approach to the history of science: A proposal for introducing historical content in teacher training courses

BRENO ARSIOLI MOURA

Universidade Federal do ABC | UFABC

CIBELLE CELESTINO SILVA

Universidade de São Paulo | USP

RESUMO Este artigo apresenta uma proposta de ensino contextualizado de conteúdos históricos para a formação de professores, denominada *Abordagem Multicontextual da História da Ciência* (AMHIC). Na AMHIC, os episódios históricos são estudados a partir de um viés problematizador e por meio de três contextos: científico, metacientífico e pedagógico. Apresentamos dois exemplos de como episódios históricos podem ser trabalhados pela AMHIC e, no final do texto, discutimos alguns pressupostos gerais para que os educadores possam utilizá-la em outras situações de formação inicial ou continuada de professores.

Palavras-chave história da ciência – formação de professores – abordagem contextualizada – ensino de ciências.

ABSTRACT *In this paper, we present a proposal for contextual teaching of historical content to pre-service teachers, called Multicontextual Approach of History of Science (MCAHS). In MCAHS, the historical episodes are studied by a problematization view and through three contexts of analysis: scientific, metascientific and pedagogical. We present two examples of how historical episodes can be analyzed through MCAHS and at the end of the paper, we discuss some general parameters for future uses in pre or in-service teachers programs.*

Keywords *history of science – teacher training – contextual approach – science education.*

Introdução

No contexto atual, a incorporação de conteúdos históricos no ensino tem sido considerada importante por seu potencial em contribuir para a melhoria do aprendizado de conceitos e ideias científicas e para uma formação cultural ampla dos indivíduos. Na literatura especializada, são diversos os historiadores, filósofos e educadores que apontam as vantagens da inclusão da história da ciência, tais como Roberto de Andrade Martins¹, Gerald Holton,² Michael Matthews,³ Anna Maria Pessoa de Carvalho e colaboradores,⁴ entre outros. Estes autores e demais pesquisadores sobre

o tema parecem concordar que a história da ciência fornece subsídios para compreender como a ciência é produzida, como os cientistas trabalham e quais são as influências sofridas e exercidas por eles, afastando concepções ingênuas e distorcidas sobre o processo de construção do conhecimento científico.

Nesse sentido, disciplinas com viés histórico e filosófico estão cada vez mais presentes nos cursos de formação de professores, sejam elas de história de ciência, evolução dos conceitos ou epistemologia. Além disso, documentos oficiais, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN),⁵ incluem recomendações explícitas de que os estudantes devem construir competências relacionadas à compreensão do conhecimento científico como consequência de um processo histórico. Portanto, a aprendizagem de conteúdos históricos e suas implicações pedagógicas são tomadas como relevantes para a formação do professor de ciências, sendo etapa necessária para o desenvolvimento de uma percepção mais adequada sobre a ciência e o fazer científico.

No entanto, pesquisas recentes apontam que ainda há lacunas em relação ao ensino de história da ciência nos cursos de formação e a utilização de conteúdos históricos nas práticas docentes, tal como apontam Dietmar Höttecke e Cibelle Celestino Silva;⁶ Thais Cyrino de Mello Forato e colaboradores;⁷ André Martins,⁸ entre outros. A. Martins, por exemplo, apresentou os resultados de uma pesquisa empírica que buscou compreender as visões de licenciandos e professores em exercício sobre o uso de história da ciência no ensino. Os dados coletados mostraram uma contradição: embora muitos professores reconheçam a importância de conteúdos históricos para o ensino de conteúdos científicos, e haviam cursado ou cursavam disciplinas relacionadas à história da ciência, grande parte deles pensava a história da ciência como um apêndice ao ensino, não como parte integrante dele. Ademais, alguns relataram o incômodo em trabalhar com propostas ditas “inovadoras”, uma vez que estavam acostumados com abordagens tradicionais do conteúdo específico. O autor conclui que “não basta que tenhamos disciplinas de História e Filosofia da Ciência (HFC) nas licenciaturas. É preciso refletir sobre o como fazer”.⁹

A questão do *como fazer* é essencialmente o tema deste trabalho. Para isso, apresentamos e discutimos a estrutura de uma proposta de ensino de conteúdos históricos para a formação de professores, denominada *Abordagem Multicontextual da História da Ciência*, ou simplesmente AMHIC, focando nossa discussão sobre como a abordagem pode ser utilizada para trabalhar episódios da história da ciência no âmbito da formação inicial de professores. Para isso, discutimos primeiramente a estrutura da abordagem e seus elementos principais; em seguida, comentamos sobre como episódios históricos podem ser trabalhados por meio dela, utilizando como base os exemplos de uma pesquisa empírica realizada em uma universidade federal brasileira e, por fim, descrevemos pressupostos gerais que podem guiar futuras utilizações da abordagem em outros contextos de formação de professores. Com isso, esperamos contribuir para a construção de um olhar diferenciado sobre a história da ciência na formação de professores, de modo a minimizar a lacuna entre o conteúdo histórico que o professor aprende ao longo de sua formação e o que ele, de fato, ensina e mobiliza em sala de aula.

337

A Abordagem Multicontextual da História da Ciência (AMHIC)

A Abordagem Multicontextual da História da Ciência (AMHIC) é uma proposta de ensino contextualizado de conteúdos históricos dirigida à formação de professores. A AMHIC foi desenvolvida sob o viés teórico de uma formação crítico-transformadora de professores, concepção discutida por um dos autores em uma pesquisa mais abrangente.¹⁰ Entendemos um professor crítico-transformador como aquele que dialoga criticamente com o mundo, compreende seu papel de formador sem ignorar as relações intrínsecas entre o conhecimento científico e o contexto no qual ele é ou foi desenvolvido. Este professor é aquele que entende a crítica e a transformação como elementos essenciais da educação. A história da ciência promove a visão crítico-transformadora do licenciando, uma vez que possibilita aproximar o professor da historicidade do conhecimento científico, colocando-o como parte dessa história, promovendo sua postura crítica e ativa em relação à ciência.

A AMHIC é constituída pelos episódios históricos e os contextos de análise. Os episódios históricos são definidos como um conjunto de acontecimentos relacionados entre si, de forma dependente ou independente, tendo um aspecto central comum. Por esta perspectiva, diferentes tipos de encadeamento podem ser classificados como um episódio histórico, desde aqueles que ocorreram em um curto período ou que envolveram um pequeno número de indivíduos quanto àqueles que abrangem décadas e estiveram relacionados às ideias de diversas pessoas. Os contextos de análise formam as diferentes dimensões de estudo pelas quais os episódios históricos podem ser explorados em sala de aula. São pensados como perspectivas de investigação que juntas dão significados ao episódio. A proposta inicial da AMHIC é composta de três contextos de análise: científico, metacientífico e pedagógico.

O contexto científico é a dimensão de estudo dos episódios históricos em que são analisados os principais conceitos científicos neles presentes. Podemos dividir esta dimensão em duas vertentes indissociáveis – a prática e a teórica. A vertente prática explora aspectos experimentais presentes no episódio; enquanto a vertente teórica aborda os aspectos conceituais. Ressaltamos, porém, que esta separação é apenas aparente e colocada para delinear vertentes que consideramos importantes em uma abordagem contextualizada da história da ciência. Não se trata de um reducionismo que coloca uma dicotomia entre experimentação e teoria, mas do fato de que as duas são interdependentes no processo de construção da ciência.

O contexto metacientífico analisa aspectos epistemológicos, filosóficos, sociológicos e culturais dos episódios, complementando, dessa maneira, o contexto científico. São consideradas, nessa perspectiva, discussões sobre o fazer científico, o papel da ciência na sociedade, a relação entre ciência e sociedade, o complexo entrelaçamento entre experimentação e teoria, entre outros pontos. O aprendizado destes aspectos pode favorecer o surgimento de um olhar mais apurado do futuro professor sobre a natureza da ciência. Ao estudar o contexto metacientífico o futuro professor pode adquirir subsídios para entender as influências sofridas e exercidas pela ciência, a função da imaginação no trabalho dos cientistas, o papel de questões ideológicas, políticas e religiosas dos cientistas no desenvolvimento, aceitação e divulgação de suas teorias, entre outros.

338

Por sua vez, o contexto pedagógico é constituído de momentos que fomentam a construção de saberes didático-pedagógicos para que o licenciando desenvolva uma atitude crítico-transformadora em sua futura prática docente; trata-se de olhar para a historicidade do conhecimento com o viés da sala de aula. O contexto pedagógico é o cerne da AMHIC, visto que uma proposta de ensino que visa trabalhar sobre o problema do *como fazer* não pode prescindir de momentos que trabalhem na perspectiva da sala de aula. Ao oferecer um momento específico para construir um conjunto de saberes didático-pedagógicos para trabalhar com a história da ciência no ensino, o contexto pedagógico traz ao licenciando elementos para pensar sobre suas atitudes e posturas enquanto docente. Nesta ocasião, o futuro professor pode colocar sob um ponto de vista mais crítico a maneira como lecionará (ou já leciona), permitindo que seja aprimorada, caso julgue necessário.

Na AMHIC, os episódios históricos são trabalhados a partir de um viés problematizador. Nessa perspectiva, são extraídos dos episódios históricos pontos a serem tratados como problemas. Consideramos, nesse sentido, que a formulação de problemas a inspirados nos episódios pode partir de diversas fontes. É possível problematizar a construção de conceitos científicos considerando a influência de fatores sociais, culturais, políticos etc. na aceitação ou rejeição de ideias científicas, analisando seus processos de recepção, propagação ou negação pela comunidade científica e questões extracientíficas envolvidas nisso revelando características inerentes ao fazer científico. A escolha por uma abordagem problematizadora se justifica à medida que pretendemos nos afastar das abordagens tradicionais da história da ciência na formação de professores, geralmente pautadas na apresentação de informações cronológicas sobre fatos históricos. A partir da atuação do docente como um questionador, aos licenciandos são fornecidos subsídios para que pensem, interroguem e ampliem seus conhecimentos.

A aplicação em um curso de formação de professores

A Abordagem Multicontextual da História da Ciência (AMHC) foi aplicada no segundo semestre de 2011, em uma disciplina do curso de licenciatura em física da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), situada em Uberaba-MG. Denominada “Estudos e Desenvolvimento de Projetos V” (EDP V), a disciplina tinha como propósito trabalhar com a elaboração de projetos em história da ciência – especificamente, história da óptica e do eletromagnetismo –, sendo oferecida para alunos do 5º período de curso. A ementa era consideravelmente aberta, possibilitando a realização de diversos tipos de atividades com os licenciandos. Isto foi possível porque um dos autores (BAM) era coordenador do curso à época, trabalhando no processo de reformulação e reestruturação das ementas das disciplinas que aconteceu pouco antes da aplicação do curso. Até o presente momento, a disciplina continua seguindo a mesma organização, embora sendo ministrada por outros docentes.

Participaram da aplicação piloto cinco alunos, sendo quatro homens e uma mulher, com idades entre 21 e 25 anos. Todos eles já haviam estudado temas da história da ciência em uma disciplina anterior, particularmente da história da mecânica e astronomia. Nestas incursões anteriores, eles se familiarizaram com a temática, as metodologias de pesquisa histórica, incluindo o uso de fontes primárias, secundárias e terciárias para estudos na área¹¹. O docente das duas disciplinas foi um dos autores deste artigo (BAM).

A aplicação da AMHC foi feita em três etapas: a escolha dos episódios históricos, considerando que deveríamos contemplar a história da óptica e do eletromagnetismo; a estruturação da disciplina a fim de que estes episódios pudessem ser trabalhados por meio da abordagem; e a aplicação em si, considerando os ajustes que eventualmente deveriam ser feitos. Para este cenário, foram escolhidos os seguintes episódios:

1. *As teorias sobre a luz de Huygens, Newton, Young e Fresnel;*
2. *Newton, os experimentos com prismas e a heterogeneidade da luz branca;*
3. *Galvani, Volta e a invenção da pilha;*
4. *Oersted e a “descoberta” do eletromagnetismo.*

A disciplina foi dividida em quatro blocos, com quinze semanas de duração no total. No bloco 1 foi realizada uma revisão das principais questões envolvendo história da ciência e ensino, nos blocos 2 e 3 foram trabalhados os episódios selecionados e no bloco 4 foi trabalhado o “projeto” a ser desenvolvido na disciplina: a elaboração de um material didático que utilizasse conteúdos históricos para ensinar conceitos de óptica e eletromagnetismo.

Nos blocos 2 e 3, especificamente, os episódios históricos foram introduzidos a partir do viés problematizador, que envolveu trabalhar aspectos da natureza da ciência passíveis de serem discutidos e ilustrados pelos episódios. Para essa aplicação, optamos por problematizar as concepções deformadas do trabalho científico discutidas por Daniel Gil-Pérez e colaboradores¹² e confrontá-las com os aspectos consensuais da natureza da ciência. O propósito foi incentivar os licenciandos a desenvolver uma compreensão satisfatória do processo de construção do conhecimento científico.

Os aspectos consensuais da natureza da ciência selecionados para cada episódio foram extraídos a partir da síntese das discussões dos trabalhos de Juli T. Eflin, Stuart Glennan e George Reisch;¹³ William McComas e colaboradores;¹⁴ e Stephen Pumfrey.¹⁵

- **Episódio 1** (*As teorias sobre a luz de Huygens, Newton, Young e Fresnel*): pode haver diferentes explicações para os mesmos fenômenos, sendo todas elas coerentes até certo ponto;
- **Episódio 2** (*Newton, os experimentos com prismas e a heterogeneidade da luz branca*): as teorias científicas não são meras induções, mas hipóteses que vão imaginativa e necessariamente além das observações;
- **Episódio 3** (*Galvani, Volta e a invenção da pilha*): o desacordo é sempre possível na ciência e a natureza não produz evidências simples o bastante para permitir uma interpretação não ambígua;

- **Episódio 4** (*Oersted e a “descoberta” do eletromagnetismo*): no desenvolvimento das ideias científicas pode haver influências de concepções prévias dos cientistas.

A problematização inicial deu-se, portanto, na esfera do contexto metacientífico, utilizado como motivador para o estudo dos episódios históricos a partir dos dois outros contextos da AMHIC, o científico e o pedagógico. Para realizar o estudo de cada episódio e o trabalho sobre o problema colocado inicialmente, foi disponibilizado aos alunos um conjunto de fontes primárias e secundárias. As aulas seguiram uma abordagem expositiva-dialogada, sendo algumas delas realizadas no laboratório didático. Ao final de cada aula, foram discutidos com os licenciandos possibilidades de utilização dos conteúdos históricos em situações reais de sala de aula em debates em grupo entre alunos e professor, fomentando reflexões iniciais sobre a mobilização de conteúdos históricos nas práticas docentes dos licenciandos.

No bloco 4, focamos especificamente na análise dos episódios por meio do contexto pedagógico, complementando as discussões realizadas no final das aulas dos dois blocos precedentes. Os licenciandos elaboraram dois materiais didáticos para ensinar conceitos de óptica e eletromagnetismo utilizando como recurso principal a história da ciência. Sendo assim, o conteúdo histórico não desempenhou um papel secundário, mas foi protagonista do material, fazendo parte efetiva dele. Este trabalho foi realizado sob a orientação do docente e optou-se por não restringir a forma do material, ficando esta escolha a critério dos estudantes. Com isso, buscamos complementar o propósito de trabalhar sobre o *como fazer* com os futuros professores, à medida que estes momentos serviram para uma reflexão sobre a utilização da história da ciência em sala de aula e sobre a própria prática docente.

As aulas foram realizadas com o auxílio de *slides* previamente elaborados com base em materiais historiográficos selecionados. Os *slides* foram apresentados nas aulas e disponibilizados posteriormente nos servidores da instituição para livre acesso dos licenciandos. As aulas contaram com a interação dos licenciandos, por meio de questionamentos e atividades em grupo realizadas em sala de aula e no laboratório didático, contemplando sua natureza expositivo-dialogada.

O estudo de episódios históricos pela AMHIC: dois exemplos

A aplicação e análise da AMHIC no contexto de formação de professores de física da UFTM levou em consideração aspectos como a adequação da abordagem ao ambiente em que foi aplicada, o estudo historiográfico dos episódios escolhidos, a elaboração de instrumentos de coleta de dados, a redação de materiais específicos para a aplicação, entre outras. A descrição completa pode ser conferida na tese de doutorado de Breno Arsioli Moura.¹⁶

No presente texto, nos concentramos na descrição sobre como episódios históricos podem ser estudados por meio da AMHIC e abordamos brevemente alguns resultados obtidos. Consideramos que esta discussão pode suscitar novos olhares para a incorporação da história da ciência na formação de professores, produzindo soluções para o problema do *como fazer*. São descritos dois dos quatro episódios: o episódio 2 (*Newton, os experimentos com prismas e a heterogeneidade da luz branca*) e o episódio 4 (*Oersted e a “descoberta” do eletromagnetismo*) da aplicação piloto.

Episódio 2: Newton, os experimentos com prismas e a heterogeneidade da luz branca.

Os estudos de Isaac Newton (1643-1727) sobre a natureza da luz e das cores abrangeram uma grande variedade de tópicos registrados em manuscritos, cartas e textos, a maioria editada e publicada posteriormente por historiadores da ciência especialistas no tema. Dentre estes materiais, destaca-se a “Nova teoria de luz e cores”, primeiro artigo de Newton, publicado em 1672 e que gerou uma grande controvérsia na época. Neste trabalho, Newton defendeu que a luz branca do Sol era uma mistura heterogênea de raios coloridos, possuidores de um grau de refrangibilidade particular. Com isso, o filósofo natural britânico buscou estabelecer uma nova concepção para a luz e cores, em que a cor não seria mais considerada uma qualidade da luz, mas uma propriedade original, inata e imutável. Esta nova teoria

se contrapunha a ideias vigentes na época, tais como as defendidas por René Descartes (1596-1650), Robert Hooke (1635-1703) e Christiaan Huygens (1629-1695). Além de questões sobre a natureza da luz, a descrição dos experimentos realizados também dificultou a aceitação de suas novas ideias por pessoas como Anthony Lucas (1633-1693), Ignace Pardies (1636-1673), entre outros que não foram capazes de reproduzir os experimentos e chegar aos mesmos resultados obtidos por Newton e usados como justificativa para embasar suas novas ideias.¹⁷

Com este episódio, os licenciandos foram apresentados a mais detalhes do pensamento newtoniano sobre luz e cores e sobre seus experimentos com prismas. Assim, os futuros professores perceberam as dificuldades envolvidas nestes experimentos, contrariando a visão geralmente divulgada em textos didáticos de que eles são facilmente reproduzidos e suas conclusões são simples.¹⁸

Este episódio foi trabalhado em duas aulas de 50 minutos, realizadas no laboratório didático de física da UFTM. Para estruturar estas aulas, buscamos na literatura trabalhos que discutissem especificamente os assuntos envolvidos no episódio. Destacam-se, nessa busca, as análises realizadas pelos autores em trabalhos anteriores^{19,20} e os livros de Richard S. Westfall,²¹ A. Rupert Hall,²² Alan E. Shapiro,²³ A. I. Sabra,²⁴ entre outros livros e artigos. Para os licenciandos foram disponibilizados um conjunto de fontes em português, detalhado na tabela abaixo.

Tabela 1. Materiais disponibilizados para o episódio 2.

Fontes secundárias	SILVA, C.C.; MARTINS, R.A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. <i>Ciência e Educação</i> , v. 9, n. 1, pp. 53-65, 2003.
Fonte primária	SILVA, C.C.; MARTINS, R.A. A "Nova Teoria de Luz e Cores" de Isaac Newton: uma tradução comentada. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , v. 18, n. 4, 1996.

Para este episódio, selecionamos como elemento problematizador o seguinte aspecto da natureza da ciência: as teorias científicas não são meras induções, mas hipóteses que vão imaginativa e necessariamente além das observações. Este aspecto contrapõe a noção usual de que o conhecimento científico é construído a partir de generalizações de resultados observacionais e experimentais, ou seja, de um "indutivismo ingênuo"²⁵ ou de uma ciência "ateórica"²⁶. Assim, foi discutido com os licenciandos que as ideias científicas não são fruto apenas da indução, mas de um trabalho combinado entre observação e teoria ou, em outras palavras, uma interdependência entre as duas.

A partir destas considerações iniciais, elaboramos uma tabela contendo possibilidades de estudo deste episódio por meio da AMHIC, apresentada abaixo.

Tabela 2. O episódio 2 por meio dos contextos da AMHIC

Contexto científico	Vertente teórica	1. Estudo do conceito de heterogeneidade da luz branca e as ideias sobre as cores discutidas por Newton.
	Vertente prática	1. Discussão sobre a posição do prisma e sua importância para o entendimento do experimento desenvolvido por Newton; 2. Função do <i>experimentum crucis</i> para estabelecer a heterogeneidade da luz branca.
Contexto metacientífico		1. Discussão do papel da imaginação e das hipóteses nas ideias desenvolvidas por cientistas; 2. Dependência que o experimento/observação tem da teoria; 3. Teorias não são provadas experimentalmente.
Contexto pedagógico		1. Estudo sobre o potencial deste episódio para dar uma dimensão histórica ao ensino do conceito de heterogeneidade da luz branca; 2. Discussão sobre a elaboração de propostas para a sala de aula, levando em conta não só os aspectos conceituais envolvidos no episódio histórico, mas também questões sobre a própria ciência, como o método científico e o papel das hipóteses no desenvolvimento das ideias científicas.

Para este episódio, preferimos destacar no presente artigo os dois pontos da vertente prática do contexto científico. Os licenciandos foram levados ao laboratório, onde visualizaram a formação do espectro de cores por meio de um aparato experimental específico, constituído basicamente de um prisma e uma fonte de luz branca. Foram debatidas a importância da posição de “mínimo desvio” e do *experimentum crucis*, utilizando como recurso os argumentos de Newton (e seus aspectos contraditórios). A vertente teórica do contexto científico, por sua vez, foi trabalhada brevemente ao longo da discussão sobre o *experimentum crucis*. A discussão do episódio por meio do contexto científico foi particularmente interessante para os licenciandos, pois nenhum deles havia visto um prisma ou mesmo estudado as características básicas do fenômeno da dispersão da luz branca por um prisma, embora todos o conhecessem.

O contexto metacientífico envolveu o elemento da problematização inicial. Ao longo das discussões dos principais aspectos do artigo “Nova teoria sobre luz e cores” e do livro I do *Óptica*, buscamos deixar claro aos licenciandos pontos da argumentação de Newton que evidenciavam a utilização de hipóteses, o que contradizia suas frequentes defesas ao indutivismo e sua rejeição às hipóteses. Além disso, foi colocada em debate a questão da importância do *experimentum crucis*, no sentido de ressaltar a impossibilidade de experimentos cruciais na ciência. Com isso, objetivamos esclarecer que o fazer científico se vale de inúmeros métodos, que se entrelaçam a fim de compor um conjunto de saberes sobre os fenômenos naturais.

O contexto pedagógico foi trabalhado ao final da abordagem do episódio, sendo realizados os dois itens da tabela acima. Em um primeiro momento, os licenciandos discutiram a potencialidade deste episódio como exemplo do papel do pensamento teórico, da imaginação, das hipóteses e da especulação na ciência. Também foi discutido brevemente o uso do episódio como ponto de partida para uma abordagem mais detalhada sobre a natureza da luz e, especialmente, das cores. Sabemos que a óptica é frequentemente marginalizada no ensino de física e, por isso, o trabalho com as ideias newtonianas pode promover estratégias de ensino mais eficazes para a abordagem desta área em sala de aula. Em um segundo momento, foram trabalhadas com os licenciandos maneiras de articular estes conteúdos históricos em sala de aula, suscitando entre eles uma série de questionamentos sobre os caminhos mais eficientes de inclusão da história da óptica no ensino da natureza da luz.

Episódio 4: Oersted e a “descoberta” do eletromagnetismo

Na história do eletromagnetismo, os experimentos e ideias desenvolvidos por Oersted desempenharam o papel fundamental de estabelecer uma identidade comum entre eletricidade e magnetismo, unindo duas áreas até então separadas. Em 1820, durante uma aula, Oersted notou que uma agulha magnética girava quando próxima de um fio conectado a uma pilha. Analisando o fenômeno por alguns meses, Oersted foi capaz de elaborar um modelo explicativo que considerava a existência de um efeito magnético circular ao redor do fio.

Este episódio abarca algumas questões relevantes, mas raramente conhecidas pelos professores ou alunos. Por exemplo, Oersted não descobriu a relação entre eletricidade e magnetismo por acaso – e, por isso, as aspas que cercam a palavra *descoberta* do título do episódio –, uma vez que ele estava em busca do elo comum entre as duas áreas.²⁷ Por um lado, Oersted estava a par dos estudos e relatos sobre a influência mútua entre fenômenos elétricos e magnéticos, tais como os efeitos que raios causavam em bússolas. Por outro, ele tinha motivações filosóficas para estabelecer uma unidade entre as duas classes de fenômenos. Oersted era adepto da *Naturphilosophie*, uma corrente filosófica surgida na Alemanha central e que tinha como pressupostos básicos a crença de uma unidade das forças da natureza e a ideia de que haveria algo comum entre calor, eletricidade, luz e magnetismo. Também vale comentar que o modelo elaborado por Oersted contrariava os padrões de simetria aceitos para a ocorrência de efeitos físicos, dificultando a aceitação do novo fenômeno pela comunidade científica por alguns anos.

O episódio foi discutido em quatro aulas, cada uma com duração de 50 minutos. Para a elaboração das aulas, foram consultados os livros de John L. Heilbron²⁸ e Edmund T. Whittaker,²⁹ além de textos de Roberto de Andrade Martins sobre o episódio^{30, 31}, de um dos autores deste artigo sobre simetria³² e de Barry Gower³³ sobre a *Naturphilosophie*. Três materiais foram disponibilizados aos licenciandos, como é possível conferir na descrição completa da tabela abaixo.

Tabela 3. Materiais disponibilizados para o episódio 4

Fontes secundárias	MARTINS, R.A. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. <i>Cadernos de História e Filosofia da Ciência</i> , v. 10, p. 89-114, 1986.
	SILVA, C.C. Pierre Curie e a simetria das grandezas eletromagnéticas. In: SILVA, C.C. <i>Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino</i> . São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
	MARTINS, R.A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino do eletromagnetismo. <i>Caderno Catarinense de Ensino de Física</i> , v. 5, p. 49-57, 1988.

Para este episódio, a problematização sobre natureza da ciência considerou que no desenvolvimento das ideias científicas pode haver influências de concepções prévias dos cientistas, ou seja, não há neutralidade do pensamento científico. Isso implica que a ciência não é socialmente neutra, isto é, não ocorre em ambientes isolados da interferência humana, principalmente, de suas crenças e princípios.³⁴

No campo filosófico, as ideias de Oersted foram guiadas pela *Naturphilosophie*, o que indica que ele buscava identificar uma relação que permitisse unificar efeitos, no caso eletricidade e magnetismo. A construção do eletromagnetismo não foi, portanto, resultado de uma simples coincidência de fatos, mas consequência de uma busca sistemática e da dedicação de Oersted para entender o fenômeno.

Como um episódio rico em detalhes, os estudos de Oersted sobre o eletromagnetismo traz uma boa variedade de temas que podem ser trabalhados por meio de AMHIC, sistematizados na tabela abaixo.

Tabela 4. O episódio 4 por meio dos contextos da AMHIC

Contexto científico	Vertente teórica	1. Conceito de simetria na Física; 2. Conceito de efeito magnético circular produzido por uma corrente elétrica.
	Vertente prática	1. Interação da agulha magnética com o efeito magnético produzido pela corrente elétrica; 2. Estudo das anotações experimentais de Oersted.
Contexto metacientífico		1. Influência de concepções filosóficas sobre o trabalho de cientistas; 2. As ideias dos cientistas mudam ao longo do tempo de modo a poderem explicar fatos novos; 3. Processo de recepção de trabalhos científicos, envolvendo resistência da comunidade científica da época em aceitar um modelo que não se encaixava com os padrões de pensamento então adotados.
Contexto pedagógico		1. Discussão sobre a questão histórica envolvendo o conceito de simetria na física; 2. Realização dos experimentos de Oersted com materiais de baixo custo e reflexão sobre sua potencialidade didática em aulas de eletromagnetismo. 3. Realização dos experimentos de Oersted com materiais de baixo custo e reflexão sobre sua potencialidade didática em aulas de eletromagnetismo.

As vertentes prática e teórica do contexto científico foram trabalhadas de forma conjunta ao longo das quatro aulas destinadas ao episódio. Nas duas primeiras, foram discutidas duas versões para a “descoberta” – a do próprio Oersted e a de Christopher Hansteen (1784-1873)³⁵ – a proposta da *Naturphilosophie* e os temas que eram debatidos na época. Na terceira e quarta aulas, os licenciandos foram levados ao laboratório, onde reproduziram os experimentos de Oersted de duas formas: a partir de um *kit* experimental profissional e utilizando um fio de cobre ligado a uma pequena bateria. O propósito desta breve atividade experimental foi trabalhar os conceitos de simetria do fenômeno.

Sobre o contexto metacientífico foram discutidos em mais detalhes os pontos 1 e 2. Os licenciandos foram levados ao longo das aulas a refletir sobre as influências sofridas por Oersted e a necessidade de uma mudança de concepção para compreender o fenômeno. Estes elementos foram o ponto de partida para debatermos a não neutralidade da ciência.

Dois aspectos do contexto pedagógico foram trabalhados ao final da abordagem. Inicialmente, foi discutida com os licenciandos possíveis maneiras de utilizar as questões de simetria trabalhadas no episódio como subsídios para problematizar a natureza das grandezas físicas. Esta discussão originou uma ampla reflexão por parte dos licenciandos, uma vez que, embora seja um tópico historicamente rico, ele exige determinados formalismos e abstrações matemáticas que nem todos os estudantes do ensino médio possuem. Em outro momento, foi trabalhado com os licenciandos as maneiras de discutir o episódio e os conceitos científicos atrelados a ele utilizando experimentos de baixo custo. Para isso, a análise da proposta de João Paulo Chaib e André Assis³⁶ foi particularmente relevante.

Breves comentários sobre os resultados

Para analisarmos a aplicação piloto da AMHIC na disciplina “Estudos e Desenvolvimento de Projetos”, utilizamos instrumentos de pesquisa qualitativa em Educação para coleta de dados.³⁷ Foi obtido um conjunto de dados separados em três categorias, a fim de possibilitar uma triangulação:³⁸ dados escritos, compreendendo três questionários abertos e dois materiais didáticos produzidos pelos licenciandos; anotações do pesquisador/docente sobre as aulas; entrevista final com os licenciandos, realizada seis meses após o término da disciplina. Comentaremos a frente alguns resultados obtidos por meio dos questionários e da entrevista, no intuito de situar o leitor no contexto de aplicação da AMHIC. A descrição e análise completa dos dados podem ser conferidas na tese de doutorado de Breno Arsioli Moura³⁹

O primeiro questionário respondido pelos licenciandos visou captar suas concepções sobre Natureza da Ciência. O questionário foi uma versão adaptada do V-NOS-C.⁴⁰ Composto de sete perguntas abertas, ele tratou de temas como a definição de ciência, método científico, relação entre leis e teorias, entre outros pontos. A aplicação deste instrumento ocorreu na segunda aula do Bloco 1.

344

De forma geral, os licenciandos apresentaram visões adequadas do processo de construção do conhecimento científico, suas questões epistemológicas e sociológicas e as influências que sofre e exerce. Nenhum destes estudantes havia cursado uma disciplina que tratou de questões específicas da Epistemologia ou Filosofia da Ciência. Creditamos estes resultados ao trabalho realizado no semestre anterior, na disciplina “Estudos e Desenvolvimento de Projetos IV”, na qual os licenciandos estudaram tópicos da História da Ciência e da metodologia de pesquisa na área, numa abordagem diacrônica. Provavelmente, a participação nessa disciplina forneceu a estes licenciandos subsídios para obterem uma compreensão mais adequada sobre Natureza da Ciência. Com este panorama, foi possível planejar uma discussão mais detalhada dos aspectos epistemológicos e sociológicos presentes nos episódios históricos. O segundo questionário foi aplicado na aula seguinte, a terceira do Bloco 1. Ele foi constituído de duas perguntas que buscaram compreender a afinidade dos licenciandos com a História da Ciência. Esses dados permitiram conhecer com mais detalhes como os sujeitos da pesquisa lidariam com conteúdos históricos e como possivelmente trabalhariam no contexto pedagógico da AMHIC.

As respostas obtidas denotaram que os cinco licenciandos viam na História da Ciência um potencial para contextualizar o ensino de conceitos científicos. De um ponto de vista, essa percepção é importante, uma vez que os licenciandos pareceram compreender a natureza temporal e social do conhecimento. Por outro, a ideia de que o conteúdo histórico auxilia a contextualizar pode vir de uma concepção de senso comum: a “História” diz como os fatos ocorreram, em que época e quais os personagens envolvidos; o mesmo deve valer para a História da Ciência. Nesse sentido, ela não é assumida como um subsídio para ensinar conteúdos da ciência, apenas para dizer em que época e lugar eles foram criados.

Em relação à utilização da História da Ciência no ensino, as respostas revelaram que os licenciandos a consideravam uma ferramenta para auxiliar, motivar ou introduzir um conceito científico. Eles pareceram entender e concordar com algumas vantagens da utilização da História da Ciência no ensino, mas quando deparados com os desafios de sua implantação na sala de aula, eles se apoiam na concepção comumente adotada, a saber, de que o conteúdo histórico

serve para contextualizar o ensino de Ciências. As respostas ao segundo questionário basearam as ações posteriores em relação às atividades do contexto pedagógico. Foi necessário um direcionamento mais claro de que a História da Ciência pode ser um recurso pedagógico não só para contextualizar, mas também para ensinar conceitos científicos.

O terceiro e último questionário foi aplicado na última aula da disciplina, com o propósito de verificar a avaliação dos licenciandos sobre a AMHIC. Ele foi constituído de quatro perguntas abertas acerca dos contextos da abordagem e uma pergunta para avaliar a disciplina como um todo.

Os resultados obtidos denotaram que a abordagem diferenciada da AMHIC possibilitou o estudo dos episódios de forma inovadora. Isto pode ser atribuído a dois fatores: a problematização e seleção dos episódios. Por um lado, o elemento problematizador foi capaz de incentivar um questionamento por parte dos licenciandos, ou seja, o conteúdo não foi simplesmente exposto ou *transferido* a eles, mas tratado como um problema a ser enfrentado, pensado e questionado. Embora tenhamos notado que os participantes, em geral, não liam os textos recomendados, o que dificultou o andamento das aulas, a inclusão de um problema inicial cumpriu seu propósito de motivar os licenciandos a prestarem mais atenção à discussão e, principalmente, a participarem.

Por outro lado, os episódios históricos foram importantes porque traziam elementos diversificados e quase totalmente desconhecidos pelos licenciandos. Muitos já haviam lido ou estudado algo sobre as ideias sobre luz e cores de Newton ou ouvido falar dos experimentos de Oersted, mas nenhum havia se debruçado profundamente sobre os assuntos. Sendo assim, os episódios selecionados contribuíram para tornar mais significativas questões aparentemente simples da Física e da Ciência e, como consequência, para promover uma visão mais adequada do processo de construção do conhecimento científico.

A entrevista final com os licenciandos foi realizada seis meses após o término da disciplina e contou com treze perguntas. O objetivo foi novamente avaliar a AMHIC, levantando indícios do desenvolvimento de novas posturas em relação à História da Ciência. A aplicação seis meses depois foi importante para que fosse obtido um efeito residual da aplicação da AMHIC, ou seja, de evitar que os licenciandos respondessem influenciados pelo calor recente da disciplina. Participaram três dos cinco licenciandos⁴¹.

Embora algumas questões da entrevista tenham examinado aspectos da formação crítico-transformadora, a meta não foi categorizar os indivíduos em mais ou menos crítico-transformadores. Para isso, seria necessário um conjunto complementar de dados e, sobretudo, um aporte teórico específico para a elaboração de categorias. Com apenas algumas perguntas, é claro que não foi possível garantir que o licenciando desenvolveu essa formação por completo. Com as respostas a estas questões específicas, a finalidade foi levantar indícios de que se desenvolveram como crítico-transformadores, balizando a hipótese deste trabalho, que esta formação é possível a partir de uma abordagem contextualizada da História da Ciência.

As entrevistas indicaram mudanças de posturas nos licenciandos. Destaca-se, por exemplo, as respostas de um deles, que havia dito anteriormente que não utilizaria a História da Ciência em situações de sala de aula, mas que então havia mudado completamente de opinião. Pudemos perceber que os participantes mostraram-se mais abertos e confiantes para realizar mudanças, embora não possamos saber como, de fato, essa vontade se transformaria em ações concretas.

Pressupostos gerais para o estudo de episódios históricos por meio da AMHIC

A partir da descrição realizada acima sobre o uso da AMHIC para a inserção de episódios históricos e dos comentários acerca dos dados obtidos, podemos introduzir alguns pressupostos gerais para guiar futuras utilizações da abordagem em outros contextos de formação de professores.

O primeiro pressuposto geral para o estudo dos episódios históricos por meio da AMHIC é o *conhecimento do docente formador sobre o tema*. Adaptando as competências necessárias para aquele que pode escrever sobre história da ciência defendidas por Roberto de Andrade Martins⁴² para o perfil desejado do docente formador, podemos dizer que é importante que este tenha o gosto pela leitura; a compreensão de que seus preconceitos e expectativas podem levar a uma apreciação anacrônica dos episódios históricos; o cuidado para não fazer afirmações categóricas e muitas generalizações; e senso crítico para poder fazer uma seleção adequada de fontes para serem usadas em seus estudos e em sala de aula. Também é necessária uma percepção adequada da natureza da ciência. Na aplicação piloto da AMHIC, o docente formador (BAM) possuía aproximadamente oito anos de experiência com pesquisa em história da ciência e um bom conhecimento de episódios da história da óptica e do eletromagnetismo. Ressaltamos, contudo, que nem todos os temas eram conhecidos em profundidade pelo docente/pesquisador, o que demandou algumas horas de estudo e leitura de fontes primárias e secundárias para a preparação das aulas. Por esta razão, destacamos a importância da preparação das atividades envolvendo o estudo dos episódios históricos pela AMHIC.

O segundo pressuposto geral a ser considerado é a *adequação aos contextos da AMHIC*. Os episódios históricos selecionados devem conter elementos que possam ser analisados pelos três diferentes contextos da AMHIC, ou seja, devem incluir conceitos científicos, questões históricas, filosóficas, culturais etc. e devem estar relacionados com conteúdos trabalhados no currículo da educação básica. Isto é importante para que os licenciandos sejam levados a pensar sobre a mobilização destes conhecimentos para transformar e aperfeiçoar atividades de ensino e aprendizagem.

O terceiro pressuposto é o *potencial de problematização*. O episódio deve possuir elementos passíveis de serem tratados como problemas, permitindo o desenvolvimento de uma percepção crítica dos temas trabalhados e a compreensão de aspectos estruturantes do processo de construção do conhecimento científico.

Os três pressupostos acima estão intimamente ligados entre si, visto que a adequação do episódio nos contextos da AMHIC e a definição do seu elemento problematizador somente são possíveis quando o docente formador possui conhecimento suficiente sobre o episódio tratado.

O quarto pressuposto geral é a *seleção de bons materiais para serem disponibilizados aos licenciandos*. Este foi um desafio significativo na aplicação piloto da AMHIC, pois os licenciandos participantes raramente liam em língua estrangeira e a utilização de boas fontes em português foi mandatória. Em alguns casos, foi necessário traduzir trechos de fontes primárias e secundárias, para então disponibilizá-las aos licenciandos. Além da questão do idioma dos textos, também buscamos selecionar fontes originárias de periódicos e bases de dados confiáveis. Não basta que o texto esteja em português, se sua origem é duvidosa.

Comentários finais

A Abordagem Multicontextual da História da Ciência (AMHIC) busca ser um caminho para trabalhar com o viés histórico da Ciência na formação de professores. Os resultados da aplicação piloto da AMHIC indicaram que a abordagem trouxe uma nova visão da História da Ciência para os licenciandos participantes, modificando muitas de suas posturas e concepções em relação à Física, à Ciência e à Educação. Os dados iniciais indicaram uma turma que compreendia questões de Natureza da Ciência e a importância da História da Ciência para o Ensino, mas que se baseava em opiniões superficiais e de senso comum. Os dados seguintes, após a aplicação da AMHIC, mostraram uma mudança significativa nas concepções dos licenciandos. As respostas ao questionário final de avaliação e à entrevista apontam que eles consideraram a abordagem dos episódios históricos determinante para uma nova compreensão do viés histórico do conhecimento científico e do seu valor para o Ensino e a disciplina como um período marcante para suas formações.

Os pressupostos gerais discutidos anteriormente trazem elementos gerais para aqueles que por ventura pretendem utilizar a AMHIC em seus contextos de formação. Sabemos que a adoção e prosseguimento dos pressupostos são

etapas importantes, mas certamente haverá elementos imprevisíveis, que necessitarão de uma tomada de decisões para que sejam solucionados. Abordamos alguns deles à frente.

Possivelmente, as futuras utilizações da AMHIC não ocorrerão em um contexto tão favorável quanto o da aplicação piloto. Nós ministramos a disciplina em que a abordagem foi aplicada, cuja ementa foi construída já pensando no uso da AMHIC. Em outras disciplinas, poderíamos enfrentar algumas dificuldades, tais como a necessidade do cumprimento de tópicos mais específicos da ementa, a falta de tempo, a incompatibilidade dos temas dos episódios históricos com a disciplina, entre outros. A existência destas dificuldades não exclui qualquer possibilidade de aplicação da AMHIC, porém, os formadores devem refletir sobre como superá-las, adequando a abordagem de modo que sua estrutura geral seja mantida e que os três contextos e o viés problematizador sejam trabalhados.

Por sua vez, a aplicação piloto foi realizada em uma universidade no interior do Brasil, onde o curso de licenciatura em física possuía apenas dois anos de existência. As turmas se esvaziavam rapidamente e, por isso, apenas cinco licenciandos participaram da aplicação. Por um lado, isso foi bom, pois pudemos nos relacionar mais diretamente com cada aluno e compreender mais profundamente como a AMHIC mudou suas visões sobre o uso da História da Ciência no ensino. Por outro, essa proximidade pode ter induzido os estudantes a responderem aos questionários e à entrevista de modo a “agradar o professor”. Embora as respostas obtidas tenham parecido bem honestas, não podemos deixar de supor a influência desse fator nas respostas.

O perfil dos licenciandos também desempenhou um papel importante na introdução da AMHIC. Na discussão do episódio 2 (Newton, os experimentos com prismas e a heterogeneidade da luz branca), por exemplo, descobrimos que nenhum dos estudantes havia visto um prisma ou visto o espectro de cores. Embora estivessem no terceiro ano da graduação, suas dificuldades conceituais eram muitas, sendo algumas vezes necessária uma discussão sucinta sobre conteúdos científicos antes do prosseguimento das atividades.

De modo geral, a aplicação piloto da AMHIC suscitou possíveis soluções sobre o problema do *como fazer*. A abordagem contextualizada, juntamente com um viés problematizador, podem ser elementos interessantes quando se pensa em como introduzir conteúdos históricos em situações de ensino. A discussão anterior fornece subsídios para outras atividades semelhantes, gerando um conjunto diferenciado de ideias e ações para a promoção de novas formas de incorporar a História da Ciência no cotidiano da formação de professores.

347

Notas e referências bibliográficas

Breno Arsioli Moura é doutor e mestre em Ensino de Física, com ênfase em história da ciência. Atua com pesquisa em História da Física e na interface entre História da Ciência e Ensino. Atualmente, é professor da Universidade Federal do ABC (UFABC) e docente permanente da Pós-Graduação em Ensino, História e Filosofia das Ciências e Matemática da mesma instituição. E-mail: breno.moura@ufabc.edu.br.

Cibelle Celestino Silva possui graduação em física, com mestrado e doutorado na área história da ciência. É docente do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo e líder do Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências (GHTEC), onde desenvolve pesquisas sobre História da Física e Ensino de Física, principalmente sobre a inserção da história da física no ensino, e ensino de física em espaços não formais. É bolsista produtividade nível 2 do CNPq na área de Educação. E-mail: cibelle@ifsc.usp.br.

- 1 MARTINS, R. A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, n. 9, p. 3-5, 1990.
- 2 HOLTON, G. What historians of Science and the Science educators can do for one another? *Science Education*, v. 12, n. 7, p. 603-616, 2001.
- 3 MATTHEWS, M. R. *Science teaching - the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.
- 4 CARVALHO, A. M. P.; CASTRO, R. S. La historia de la ciencia como herramienta para la enseñanza de física en secundaria: un ejemplo en calor y temperatura. *Enseñanza de las ciencias*, v. 10, n. 3, p. 289-294, 1992. BARROS, M. A.; CARVALHOS, A. M. P. A história da ciência iluminando o ensino de visão. *Ciência e Educação*, v. 5, n. 1, p. 83-94, 1998.
- 5 BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- 6 HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy of science in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. *Science & Education*, v. 20, n. 3-4, p. 293-316, 2011.

- 7 FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. History and nature of science in high school: Building up parameters to guide educational materials and strategies. *Science & Education*, v. 21, n. 5, p. 657-682, 2012.
- 8 MARTINS, A. F. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n. 1, p. 112-31, 2007.
- 9 MARTINS, A. F., op. cit., 2007, p. 127.
- 10 MOURA, B. A. *Formação crítico-transformadora de professores: uma proposta a partir da História da Ciência*. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- 11 A disciplina era intitulada “Estudos e Desenvolvimento de Projetos IV” e foi oferecida no semestre anterior à EDP V, sendo cursada por todos os licenciandos que participaram da aplicação da AMHIC.
- 12 GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-53, 2001.
- 13 EFLIN, J. T.; GLENNAN, S.; REISCH, G. The nature of science: A perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, n. 1, p. 107-16, 1999.
- 14 MCCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, v. 7, n. 6, p. 511-32, 1998.
- 15 PUMFREY, S. History of science in the National Science Curriculum: a critical review of the resources and their aims. *British Journal for the History of Science*, v. 24, n. 1, p. 61-78, 1991.
- 16 MOURA, B.A., op. cit., 2012.
- 17 SILVA, C. C. *A teoria das cores de Newton: um estudo crítico do Livro I do Opticks*. 1996. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.
- 18 SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. *Ciência e Educação*, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.
- 19 SILVA, C. C.; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, 1602, 2008.
- 20 MOURA, B. A.; SILVA, C. C. Newton antecipou o conceito de dualidade onda-partícula da luz? *Latin American Journal of Physics Education*, v. 2, n. 3, p. 218-27, 2008.
- 21 WESTFALL, R. *Never at rest, a biography of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.
- 22 HALL, A. R. *All was light: an introduction to Newton's "Opticks"*. Oxford: Clarendon Press, 1993.
- 23 SHAPIRO, A. E. *Fits, passions, and paroxysms*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- 24 SABRA, A. I. *Theories of light from Descartes to Newton*. London: Cambridge University Press, 1981.
- 25 CHALMERS, A. F. *O que é Ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
- 26 GIL-PÉREZ, D. et al., op. cit., 2001, p. 129.
- 27 MARTINS, R. A. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 10, p. 89-114, 1986.
- 28 HEILBRON, J. L. *Electricity in the 17th and 18th centuries*. Berkeley: University of California Press, 1999.
- 29 WHITTAKER, E. *A history of the theories of aether and electricity – the classical theories*. London, New York: Thomas Nelson and Sons Ltd, 1951.
- 30 MARTINS, R. A. Resistance to the discovery of electromagnetism: Ørsted and the symmetry of the magnetic field. In: BEVILACQUA, F.; GIANNETTO, E. *Volta and the history of electricity*. Pavia/Milano: Università degli Studi di Pavia, Editore Ulrico Hoepli, 2003.
- 31 MARTINS, R. A. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 10, p. 89-114, 1986.
- 32 SILVA, C. C. Pierre Curie e a simetria das grandezas eletromagnéticas. In: SILVA, C.C. (ed.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- 33 GOWER, B. Speculation in physics: the history and practice of Naturphilosophie. *Studies in History and Philosophy of Science*, n. 4, 1973.
- 34 GIL-PÉREZ, D. et al., op. cit., 2001, p. 129.
- 35 Hansteen relatou por meio de carta a Michael Faraday (1791-1867) uma versão da “descoberta” em que esta é atribuída essencialmente ao acaso. Na descrição de Hansteen, Ørsted parece não ter razões para colocar o fio paralelo à agulha. Esta versão é desconstruída no texto de Roberto Martins (nota 30).
- 36 CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Ørsted em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 1, p. 45-51, 2007.
- 37 LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- 38 ERICSON, F. Qualitative research methods for science education. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- 39 MOURA, B. A., op. cit., 2012.
- 40 PORRA, A. C.; SALES, N. L. L.; SILVA, C. C. Concepções de natureza da ciência: adaptação de um instrumento para aplicação em alunos de licenciatura de universidades públicas brasileiras. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8. *Anais...*, 2011.
- 41 Por conta da greve das universidades federais ocorrida em meados de 2012, não foi possível o contato com os outros dois participantes.
- 42 MARTINS, R. A. Como não escrever sobre história da ciência - um manifesto historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 23, n. 1, p. 113-29, 2001.

[Recebido em Dezembro de 2013. Aprovado para publicação em Setembro de 2014].