

# Alguns debates históricos sobre a natureza da luz: discutindo a natureza da ciência no ensino

---

Thaís Cyrino de Mello Forato \*  
Roberto de Andrade Martins †  
Maurício Pietrocola #

---

## 1 INTRODUÇÃO

A importância do ensino/aprendizagem dos conhecimentos **sobre** a ciência, desde os primeiros anos do ensino fundamental até a universidade, tem sido amplamente enfatizada nas últimas décadas por pesquisas em ensino de ciências, organizações educacionais e inúmeros documentos internacionais de reforma da educação científica (Arduriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009). Revisões bibliográficas recentes apontam um crescimento no número de pesquisas com enfoque nos usos da história e filosofia da ciência na educação, especialmente visando o aprendizado de conteúdos epistemológicos (Bell *et al.*, 2001; Forato *et al.*, 2008; Lederman, 2007). Tais estudos defendem que entender certos aspectos da natureza da ciência é fundamental ao letramento científico, além de elementos do conteúdo e do raciocínio científico (Abd El Khalick *et al.*, 2001; Ledermann, 2007, McComas *et al.*, 1998).

Esse quadro teórico que enfatiza a importância de se aprender sobre o que caracteriza a ciência como um empreendimento humano, defende a história da ciência como uma estratégia pedagógica adequada para discutir certas características da natureza da ciência.

Tem sido demonstrado que episódios selecionados da história da ciência, cuidadosamente reconstruídos, podem funcionar como recursos que dão sentido à noções epistemológicas abstratas e promovem sua transferência para outras situações (Arduriz-Bravo & Izquierdo-Aymerich, 2009, p. 1179).

A história da ciência tem sido amplamente considerada como adequada para atingir vários propósitos na formação científica básica, entretanto, apresenta vários riscos de distorção quando adaptada para o ambiente escolar. Abordagens históricas superadas ainda prevalecem na maioria dos materiais didáticos, como aquelas que propagam uma concepção puramente empírico-indutivista da construção do conhecimento científico e reforçam a visão de ciência como produtora de verdades absolutas (Allchin, 2004; 2006; Matthews, 1989; McComas *et al.*, 1998; Pietrocola, 2003). Dentre as dificuldades a se enfrentar está o despreparo dos professores para lidar com narrativas históricas distorcidas (Allchin, 2004; Gil Perez *et al.*, 2001; Lederman, 2007; Holton, 2003).

Considerar as necessárias adaptações históricas ao ambiente escolar não significa aceitar a construção e propagação da pseudo-história (Allchin, 2004), cujo maior prejuízo é fomentar a visão distorcida sobre o funcionamento da ciência, certamente bastante diferente daquela recomendada por

---

\* Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física. Endereço: Av. Da Universidade, 308, bloco B, sala 3A. Cidade Universitária, 05508-900, Butantã, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: thaiscmf@usp.br.

† Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, Caixa Postal 6059, Cidade Universitária, 13083-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: rmartins@if.unicamp.br.

# Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física. Endereço: Av. Da Universidade, 308, bloco B, sala 3A. Cidade Universitária, 05508-900, Butantã, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: mpietro@usp.br.

educadores, reformadores oficiais de currículo e organizações educacionais. As preocupações nesse contexto educacional voltam-se muito mais para os problemas ocasionados na formação dos estudantes e bem menos para o preciosismo histórico em si. Consideramos que a distorção da história não é inócua, pois fomenta uma concepção equivocada sobre a construção da ciência na formação dos alunos e professores de ciência.

Tendo em vista a reconhecida importância dos conhecimentos sobre a construção da ciência para a educação básica, e considerando a história da ciência como estratégia adequada para ensiná-la, desenvolvemos uma pesquisa empírica que procurou enfrentar essa problemática e introduzir aspectos da natureza da ciência utilizando episódios históricos (Forato, 2009).

Essa pesquisa consistiu na análise da confluência dos campos didático-pedagógico e histórico-epistemológico, no desenvolvimento de um curso piloto, na sua aplicação em sala de aula e na análise dos dados coletados. Os resultados obtidos geraram parâmetros para a utilização da história da ciência no ensino médio, visando o ensino/aprendizagem de aspectos epistemológicos (Forato, 2009). Identificamos alguns dos obstáculos por enfrentar para transformar a natureza da ciência em saber escolar. Buscamos analisar tais desafios e aventar propostas para seu enfrentamento na elaboração de um curso piloto.

Nesse trabalho, apresentaremos aspectos desse curso, como seu conteúdo foi organizado em textos e a proposta metodológica para desenvolvê-lo utilizando uma seqüência de atividades didáticas. Devido às limitações de espaço, não será possível descrevê-lo em detalhes, mas essa discussão pode ser encontrada em Forato (2009), junto com as demais etapas da pesquisa, a saber: os desafios previstos pelo quadro teórico; os obstáculos identificados e enfrentados na construção do saber escolar; a aplicação do curso em ambiente educacional real e a análise dos dados obtidos; a preparação do professor; e os parâmetros propostos para orientar os usos da história e filosofia da ciência na escola básica.

## 2 A ELABORAÇÃO DO SABER ESCOLAR

Na nossa pesquisa, o conteúdo escolar materializou-se no curso piloto, que inclui as atividades didáticas, oito pequenos textos e um roteiro para uma peça de teatro<sup>1</sup>. Tal proposta foi aplicada em uma turma do terceiro ano do ensino médio em uma escola pública da zona sul da cidade de São Paulo. A metodologia qualitativa das pesquisas educacionais guiou o planejamento, a coleta e a análise dos dados (Carvalho, 2006; Ericson, 1998).

Na elaboração dos textos e das atividades admitimos como pressuposto a necessidade de construir um novo saber histórico voltado ao ambiente escolar. Adotamos a perspectiva epistemológica de que os conhecimentos trazidos para o ensino, em particular para a sala de aula, sofrem processos de didatização que os transformam profundamente. Alguns autores têm definido esses processos como uma Transposição Didática (Chevallard, 1999; Bosch & Gascon, 2006; Pietrocola, 2008) que permitiria admitir patamares de saber transpostos deste o contexto original até a forma como se organizam para serem objetos de ensino. Nesta perspectiva, pode-se considerar a existência de um saber sábio, um saber a ensinar e um saber ensinado (Chevalard, 1991), este dois últimos já comprometidos com perspectivas escolares, por isto também chamados “saber escolar”.

De modo geral, a produção dos saberes escolares envolve processos complexos, como por exemplo, o norte dado pelas políticas públicas, a seleção de conteúdos, sua organização em níveis de escolarização, os processos de aprendizagem, materiais de ensino, avaliação, etc. Pode-se pensar, ingenuamente, o processo de adequação dos conhecimentos históricos aos condicionantes do sistema de ensino como mera redução de dificuldades de saberes acadêmicos ou especializados. Entretanto,

---

<sup>1</sup> Textos e planejamento pedagógico do curso revisto disponíveis em:  
<<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal/projetos/historia-e-filosofia-da-ciencia>>.

transformar tais saberes em conteúdos adequados à escola básica requer admitir uma mudança de nicho epistemológico e reconhecer suas diferentes funções sociais e sua necessária reconstrução (Chevallard, 1991). Isso implica na elaboração de um novo saber, respeitando necessidades de distintos campos teóricos (Holton, 2003).

Enfrentar os desafios dessa elaboração de saberes histórico-epistemológicos para o ensino médio, em linguagem acessível e interessante ao aluno, impõe fazer escolhas e assumir riscos (Forato, 2009, cap. 2). Desse modo, procuramos elaborar as narrativas históricas buscando respeitar prescrições historiográficas contemporâneas e os requisitos da didática da ciência.

## 2.1 O contexto educacional

O primeiro passo para a elaboração do curso foi conhecer o contexto escolar de sua aplicação e estabelecer os objetivos pedagógicos pretendidos. Dispúnhamos de vinte horas-aula em uma turma com trinta e oito alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública da zona sul da cidade de São Paulo. Esta escola trabalha em sistema modular de organização disciplinar, o que significa as aulas bimestrais de física (disciplina em que o curso piloto foi aplicado) distribuídas no período matutino em duas semanas consecutivas, sendo dez dias úteis com duas horas-aula por dia. A professora que aplicou o curso acompanhava essa turma desde o primeiro ano do ensino médio e forneceu alguns dados que interferiram na elaboração da proposta, como por exemplo, muitos alunos trabalharem no período da tarde e raramente conseguem realizar tarefas extra-aula. Com relação aos pré requisitos para os conteúdos a selecionar, percebemos que seria necessário fazer breve revisão de conceitos físicos envolvidos em alguns fenômenos ópticos e introduzir alguns conhecimentos sobre ondas. Informações desse tipo foram relevantes para a criação das atividades didáticas e na elaboração dos textos para os alunos.

## 2.2 Aspectos da natureza da ciência

O objetivo pedagógico do curso era utilizar a história da ciência para discutir a natureza da ciência, o que determina a necessidade de especificarmos a visão de ciência adotada e os aspectos a serem trabalhados. Embora não exista uma visão única e consensual sobre o funcionamento e construção da ciência entre os filósofos da ciência, identificamos algumas questões emblemáticas discutidas pela literatura educacional (por exemplo: Abd El Khalick *et al.*, 2001; Allchin, 2004 e 2006; Gil Perez *et al.*, 2001; Lederman, 2007; McComas *et. al.*, 1998; Matthews, 1989). Encontramos pequenas diferenças na textualização dos aspectos da natureza da ciência entre os autores consultados, mas há idéias gerais semelhantes. Todos consideram adequadas para a educação científica básica, por exemplo, a crítica ao empirismo ingênuo, a necessidade de apresentar a ciência como construção humana, a impossibilidade de observação neutra dos fenômenos naturais, dentre outras. Adotamos alguns dos aspectos sistematizados por Pumfrey (1991) que contemplam tais idéias:

- A natureza não fornece dados suficientemente simples que permitam interpretações sem ambigüidades;
- Uma observação significativa não é possível sem uma expectativa preexistente;
- A ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto sociocultural de cada época;
- Teorias científicas não podem ser provadas e não são elaboradas unicamente a partir da experiência;
- O conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não inteiramente, na observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo.

Almejando abordar tais aspectos, selecionamos os debates que permearam três episódios históricos acerca da natureza da luz como conteúdo da história da ciência para desenvolver o curso piloto.

### 2.3 O conteúdo histórico

A seleção dos conteúdos históricos foi guiada, principalmente, pelas características que permitiriam explicitar o debate sobre os aspectos da natureza da ciência pretendidos. Além disso, pareceu-nos que os intensos debates acerca da natureza da luz seriam um tema capaz de despertar o interesse dos alunos. Mais tarde, por ocasião da análise de dados, este último pressuposto praticamente intuitivo seria validado (Forato, 2009, vol. 1, cap. 4).

O primeiro episódio histórico pensado para o curso foi a substituição da teoria corpuscular da luz pela teoria ondulatória no início do século XIX. A importância dos experimentos e da observação nesse episódio, bem como sua limitação, exemplificam os aspectos epistemológicos que pretendíamos. O fenômeno da difração da luz motivava debates sobre sua natureza, ao contrário de permitir uma única explicação possível para os experimentos realizados. Além disso, havia controvérsias acerca de conceitos, idéias e prescrições metodológicas tanto entre os defensores da teoria ondulatória como entre os corpuscularistas. Tais aspectos problematizam a visão de uma ciência puramente empírica e produtora de verdades universais (Martins, 1993; Pietrocola, 1993).

A despeito da importante matematização da teoria ondulatória da luz, e/ou seu sucesso explicativo para pontos não interpretados satisfatoriamente pela teoria corpuscular, havia a controversa aceitação dos entes inobserváveis na ciência (Martins, 1993). Os conceitos de éter desempenhavam papéis explicativos nas teorias do período e possuíam pressuposições metafísicas relevantes a considerar. Os problemas de se construir teorias baseadas em hipóteses e em entidades inobserváveis era praticamente consensual. Contudo, era impossível aceitar a teoria ondulatória naquela época sem admitir a existência do éter luminífero (Martins, 1993; Pietrocola, 1993).

Ainda que isso possa parecer “pouco científico” de um ponto de vista anacrônico, ou mesmo uma “perda de tempo” ensinar conceitos descartados pela ciência atual, seria educativo os alunos perceberem que os critérios adotados como válidos pelos homens de ciência mudam de acordo com o contexto de cada época. Entender as tensões e o papel explicativo que um ente inobservável gerava, permite explorar inúmeros aspectos da construção da ciência.

Outro benefício do episódio é a importância do apoio político e material que Augustin Fresnel (1788-1827) recebeu de François Jean Dominique Arago (1786-1853) para a elaboração e defesa de sua teoria ondulatória, um exemplo adequado para discutir sobre a influência de fatores não-científicos na construção da ciência.

A complexidade de aspectos desse episódio, entretanto, impôs considerar os pré-requisitos necessários para discutí-los. Tornou-se imprescindível preparar os alunos para entenderem questões epistemológicas da época e conceitos físicos envolvidos na discussão. Como essa opção envolvia entender a luz como partículas de matéria ou ondas em algum tipo de meio material, conhecer um pouco da teoria corpuscular de Newton e da teoria de tipo ondulatória (vibracional) de Christiaan Huygens poderia contribuir para isso. Além de tratar de pontos favoráveis e problemáticos em ambas as teorias, elas permitiriam introduzir a discussão sobre o éter e a propagação da luz de modo que pudesse ser compreensível ao aluno do ensino médio. Os experimentos com o prisma e as hipóteses conjecturadas por Newton para a elaboração da teoria das cores pareceu-nos adequada para problematizar os aspectos de natureza da ciência selecionados, por exemplo, uma observação significativa não ser possível sem uma expectativa preexistente (Silva & Martins, 2003).

Certos pontos desses dois episódios históricos ainda pareciam complexos, exigindo a intermediação de instrumentos para discutir a natureza da luz, como o “fenômeno das cores”, nome pelo qual a dispersão da luz branca pelo prisma era conhecida no século XVII. Decidimos introduzir anteriormente um terceiro episódio ligado ao tema da natureza da luz recorrendo a algo que fosse próximo do universo cognitivo dos alunos, que os aproximasse da problemática e os envolvesse com o conteúdo. Optamos por abordar a relação entre a natureza da luz e a visão, num contexto histórico em que

houvesse o mínimo possível de interferência de instrumentos e outros “intermediários” entre o homem e o fenômeno a ser observado. As teorias elaboradas por alguns filósofos gregos pareciam atender a esses propósitos<sup>2</sup>. Além disso, tratar esse episódio seria uma oportunidade para mostrar como, ao longo da história, o homem utilizou diferentes métodos na tentativa de explicar a natureza. Um benefício adicional seria levar aos alunos algumas informações sobre o pensamento mítico e o pensamento racional, buscando fugir das abordagens tradicionais e preconceituosas.

## 2.4 Os textos para os alunos

O conteúdo do curso piloto foi sistematizado em oito pequenos textos e um roteiro para o teatro<sup>3</sup>. Tais textos, escritos entre junho e agosto de 2007, trazem uma abordagem **explícita e reflexiva** sobre a natureza da ciência, adotando a narrativa histórica como estratégia pedagógica. A concepção epistemológica que se buscava apresentar, não era apenas nova para os alunos. Ela conflitava com as versões em geral difundidas socialmente e propagadas pela educação científica (Forato, 2009, capítulos 2 e 4). Inúmeras são as pesquisas diagnósticas disponíveis na literatura educacional que apontam as concepções empírico-indutivistas da ciência ainda presentes em alunos e professores de ciências (Abd El Khalick *et al.*, 2001; Ledermann, 2007). Romper com visões arraigadas e substituir padrões estabelecidos culturalmente requer estratégias incisivas para a construção de um novo aprendizado.

Assim, para elaborar o saber escolar utilizamos, principalmente, fontes secundárias da história da ciência que discutiam explicitamente exemplos de algumas limitações nas teorias, a impossibilidade de observações neutras, o confronto entre diferentes visões de mundo, os fatores extra-científicos influenciando na construção da ciência, etc. (Forato, 2009, vol. 2, p. 72-94). Buscamos enfatizar os aspectos históricos que favorecessem a reflexão explícita sobre os aspectos da natureza da ciência, e discutíamos exemplos que eram retomados ao final dos textos propondo questões do tipo:

- Qual teoria você acha que explicava melhor a luz naquela época? Justifique.
- Você acha que a frase seguinte está correta ou errada? Justifique sua resposta. “Os filósofos gregos utilizavam o pensamento racional para explicar os fenômenos naturais, e por utilizarem o mesmo método, eles chegavam às mesmas conclusões.”
- Existe uma única explicação possível para os fenômenos naturais? Comente seu ponto de vista.
- Para os mesmos fenômenos observados em relação à luz, havia explicações ou interpretações diferentes? Justifique.
- “Se uma pessoa fala atrás de uma parede, você pode ouvir sua voz, pois o som contorna as extremidades da parede, mas você não pode vê-la.” Esse argumento poderia ter sido usado contra que teoria? Explique.
- Você acha que a seguinte frase é verdadeira ou falsa? Justifique. “Para construir uma lei matemática que explique um fenômeno, basta observá-lo com cuidado. As boas experiências mostram exatamente como o fenômeno funciona.”
- Observar o fenômeno da difração permite que se conclua que a luz é uma onda? Explique.
- Comente um exemplo histórico para a seguinte afirmação: “Não é possível tirar conclusões apenas a partir dos experimentos, mas eles são muito importantes para a elaboração das teorias científicas”.
- As seguintes frases estão corretas ou erradas? Justifique.

---

<sup>2</sup> A despeito dos objetivos atingidos, tais discussões acabaram por remeter à visão ingênua de que a tecnologia poderia solucionar os problemas que os Gregos não eram capazes de resolver. Tal questão foi retomada no episódio II. Veja “obstáculos a compensar” e análise dos dados em Forato (2009, vol. 1, capítulo 4).

<sup>3</sup> O texto 6 do curso piloto foi escrito por Moura, B. A. “A teoria corpuscular de Newton” (Forato, 2009, vol. 2). A organização dos textos sofreu pequenas modificações na versão final do curso e esse texto foi suprimido.

- a. “Os experimentos de Thomas Young foram suficientes para derrubar a teoria corpuscular da luz.”
- b. “O conhecimento humano é uma busca sem fim que leva a resultados provisórios e não à verdade.”
- c. “Falar que uma teoria foi ‘cientificamente comprovada’ pode dar uma visão errada da construção do conhecimento científico”.

Tais questões pretendem ser provocativas, polêmicas, criar conflitos e levar os alunos a refletirem sobre os exemplos históricos tratados. Não se espera que os estudantes encontrem todas as respostas no texto, mas que argumentem a partir dele colocando o seu ponto de vista.

O curso foi construído de modo que algumas idéias foram se estruturando aos poucos e adquirindo maior nível de complexidade. A metodologia proposta para trabalhar o conteúdo foi uma seqüência de atividades didáticas descritas a seguir.

## 2.5 As atividades da seqüência didática

Desenvolvemos diferentes atividades didáticas para o curso, procurando torná-lo interessante para o estudante do ensino médio. Buscamos que elas contribuíssem para envolver o aluno com o conteúdo, provocando-o a tomar para si os problemas levantados. O conteúdo do curso era predominantemente histórico, requerendo principalmente sistematização em textos. Recorremos a algumas estratégias para motivar a leitura, como o uso de quebra-cabeças, os textos para o debate e o roteiro para o teatro. As leituras eram intercaladas com demonstrações de experimentos, aulas com recursos multimídia e discussão em grupos das questões abertas. A Tabela 1 abaixo traz uma síntese dos conteúdos e das atividades de cada episódio.

A seqüência de atividades didáticas foi pensada para promover o contato do aluno com um mesmo objetivo epistemológico mais de uma vez, utilizando diferentes exemplos históricos, favorecendo a reflexão e o amadurecimento dos conceitos trabalhados. Cada aspecto pretendido da natureza da ciência foi repetidamente problematizado nos três episódios e em estratégias pedagógicas distintas. A relação entre a observação e a elaboração de hipóteses explicativas, por exemplo, surge de modo provocativo em três episódios:

- quando discutimos as teorias de Leucipo, Empédocles e Aristóteles para a visão;
- no episódio do século XVII, quando os alunos observam a dispersão da luz em um prisma e apresentamos os debates entre Newton e seus contemporâneos sobre explicações discordantes para o fenômeno;
- no início do século XIX, ao apresentarmos os fenômenos da difração e interferência luminosa e as dificuldades de sua explicação utilizando a teoria corpuscular.

A questão da observação *versus* hipóteses foi também abordada durante distintas estratégias pedagógicas, por exemplo:

- nas demonstrações experimentais dos fenômenos e sua discussão com apoio de *slides*;
- nos textos de cada episódio, cuja leitura foi realizada em aula com todos os alunos;
- na evidente apropriação dessa questão no debate realizado pelos alunos;
- na abordagem no teatro;
- na pergunta recorrente nos questionários que os alunos respondiam em cada episódio;
- na avaliação final que, por ser realizada com consulta, é mais um recurso que permite ao aluno refletir e elaborar respostas aos problemas levantados (Ronca & Terzi, 1993).

Essa repetição permitia ao aluno rever seu posicionamento anterior diante de outros exemplos históricos e diferentes recursos didáticos. Buscamos reforçar os aspectos conceituais sobre a construção de algumas teorias da luz permitindo a reflexão explícita de características da natureza da ciência.

CONTEÚDO EPISÓDIO I		ATIVIDADES	AULAS
i.	O que é a luz? Como vemos o mundo?	1. Jogo “colocando na linha do tempo”.	2,0
ii.	II. Explicações muito antigas: mitos e filosofia.	2. Apresentar a linha cronológica e o tema do curso. 3. Quebra-cabeça texto 1: “A filosofia e as explicações para o funcionamento da natureza”	
iii.	III. A luz para os atomistas.	4. Apresentação em <i>slides</i> : teorias da luz e da visão, e suas limitações.	2,0
iv.	IV. Empédocles e o raio visual.		
v.	V. Aristóteles e a qualidade dos corpos transparentes.	5. Leitura do texto 2: “Um pouco sobre a luz na Antiguidade grega”.	
vi.	VI. Pensando sobre a diversidade de teorias.	6. Responder em grupo às questões do texto 2. 7. Discussão plenária e correção das respostas. Sistematização do episódio.	
CONTEÚDO EPISÓDIO II		ATIVIDADES	AULAS
	I. Breve biografia de Newton.	1. Quebra-cabeça texto 3: “O frágil bebê que se tornou o grande filósofo natural”	Lição
	II. Revisão de fenômenos ópticos.	2. Apresentação em <i>slides</i> : reflexão, refração e dispersão da luz.	0,5
vii.	III. Noções sobre a óptica no século XVII.	3. Demonstração da dispersão da luz branca em um prisma.	1,5
viii.	IV. O fenômeno das cores.	4. Apresentação em <i>slides</i> : teorias de Newton e Huygens.	
ix.	V. Huygens e o movimento no éter.	5. Demonstração com lanternas e bolas de gude.	
x.	VI. Newton e a possibilidade corpuscular para a luz.	6. Leitura do texto 4: “Fim do século XVII: corpúsculos ou pulsos no éter?”. 7. Correção das questões e discussões plenárias. Sistematização do episódio.	
xi.	VII. Simulação de um debate entre teorias no final do século XVII.	8. Leitura e discussão dos textos 5: “Os pulsos no éter de Huygens” e 6: “A teoria corpuscular de Newton”. Revisão do episódio. Preparação em grupo para o debate. 9. Debate entre os grupos.	4,0
xii.	VIII. A imagem da ciência no século XVIII.	10. Quebra-cabeça do texto 7: “A luz e o século das luzes”.	Lição
CONTEÚDO EPISÓDIO III		ATIVIDADES	AULAS
xiii.	I. Revisão de alguns fenômenos ópticos: sombras e difração; superposição e interferência.	1. Apresentação <i>slides</i> : sombras e difração; superposição e interferência. 2. Demonstração da difração e da interferência luminosas. 3. Trecho inicial do vídeo: Dr. <i>Quantum – Double slit experiment (YouTube)</i>	2,0
xiv.	II. A importância do éter na teoria ondulatória.	4. Apresentação do teatro. Texto 8: “O éter e a natureza da luz”.	4,0
xv.	III. Rompendo com a tradição corpuscular.	5. Discussão com a classe sobre a apresentação. Questões sobre o teatro.	
xvi.	IV. Os corpuscularistas e o prêmio de Fresnel.	6. Apresentação de <i>slides</i> : As teorias da luz e o éter luminífero no século XIX.	
xvii.	V. O apoio de Arago a Fresnel.	7. Texto 9: “As teorias da luz e o éter luminífero no início do século XIX”.	
xviii.	VI. A aceitação da teoria ondulatória.	8. Correção e discussão plenária das questões. Síntese do episódio.	

Avaliação	1. Prova com consulta	4,0
Festival cultural	2. Criações dos alunos: paródias, poesias, histórias.	

**Tabela 1.** Resumo do conteúdo e das atividades do curso piloto: “O éter, a luz e a natureza da ciência”.

### 3 ALGUNS RESULTADOS

De modo geral, podemos considerar que a aplicação dessa seqüência didática apresentou bons resultados, sob vários aspectos. Além das respostas escritas pelos alunos às questões colocadas no final dos textos e na avaliação final, analisamos o processo como um todo utilizando também as imagens gravadas em vídeo, as notas de campo e os relatos da professora ao final das aulas.

Os dados indicam que os alunos estavam engajados nas atividades, na problemática discutida e com o conteúdo. Mesmo em aulas expositivas, supostamente as mais “monótonas”, a maioria dos alunos permanecia atenta e realizando as atividades propostas. Alguns menos envolvidos nas primeiras aulas, foram se motivando com as atividades e começaram a participar ativamente nas aulas, a integrar os debates e levantar questões. As respostas da ampla maioria dos alunos ao questionário inserido na avaliação final demonstram que eles se sentiam prestigiados e privilegiados em aprender sobre o conteúdo do curso.

No transcorrer das aulas, a professora dizia-se entusiasmada com o conteúdo e com as inovações metodológicas introduzidas e comentava explicitamente sua satisfação. Após o término do curso, ela descreveu também maior comprometimento dos alunos e maior engajamento com os outros conteúdos tratados posteriormente.

Quanto ao conteúdo epistemológico, percebemos a evolução das respostas dos alunos ao longo do curso. Poder repensar sobre os aspectos da natureza da ciência em diferentes episódios históricos propiciou momentos de conflito cognitivo, reflexão sobre o conteúdo pretendido e incorporação do novo conceito (Forato, 2009, vol. 1, cap. 4). Acompanhamos as mudanças em concepções arraigadas, como por exemplo, a capacidade da ciência em “provar” suas teorias. No início do curso, vários alunos defendiam essa idéia. Ela foi retomada em diferentes atividades e por meio de distintos exemplos históricos. Ao final do curso, a maioria dos alunos era capaz de posicionar-se coerentemente com a visão de ciência que adotamos, expressa nos aspectos da natureza da ciência selecionados (Pumfrey, 1991).

O curso trouxe informações importantes também quando mostrou a possibilidade de aprimorar o material didático, o planejamento das aulas, e apontou algumas lacunas na preparação desenvolvida com a professora com relação à metodologia de trabalho. As atividades da seqüência didática, descritas em Forato (2009)<sup>4</sup>, podem ser reproduzidas para outros temas e podem incluir mais experimentos ou demonstrações de fenômenos físicos, dependendo dos conceitos envolvidos.

Bons resultados e limitações da proposta tornam o curso piloto um exemplo, um ponto de partida para outras iniciativas que busquem utilizar a história da ciência para a formação dos alunos, voltada aos conhecimentos sobre as ciências. Academicamente, a pesquisa fundamentou inúmeras questões de investigação.

### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Descrevemos resumidamente nesse trabalho alguns dos aspectos que concorreram para a elaboração de um curso que utilizou a história da ciência como ferramenta pedagógica para discutir a natureza da ciência na escola básica. Tal proposta está inserida em uma pesquisa mais ampla, que compreendeu a

<sup>4</sup> Capítulo 3 do vol. 1, e apêndices B.1 para o curso proposto e C.1 para o curso piloto no vol. 2.



análise do quadro teórico, a construção de um curso piloto, a aplicação em ambiente real de sala de aula, a coleta e a análise de dados (Forato, 2009).

As análises das diferentes etapas desse estudo permitiram-nos mapear e enfrentar diversos riscos e obstáculos, avaliar propostas para sua solução materializadas no curso piloto e analisar os seus limites e sua validade. Obtivemos bons prognósticos e percebemos que algumas soluções requerem aprimoramento. Os resultados indicaram possibilidades de generalização que podem ser entendidas como parâmetros iniciais para pesquisa com a história e filosofia da ciência na educação científica fundamentando diversas questões de investigação. Além disso, essas reflexões podem ser úteis como guias para a elaboração de materiais didáticos, para o desenvolvimento de outros cursos temáticos e em diferentes contextos educacionais, bem como fornecem subsídios para pensar a formação inicial e continuada de professores.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) o apoio recebido para o desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, Fouad; LEDERMAN, Norman. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* **37** (10): 1057-1095, 2000.
- ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education* **13**: 179-195, 2004.
- . Why respect for history – and historical error – matters. *Science & Education* **15** (1): 91-111, 2006.
- ADURÍZ-BRAVO, Agustín; IZQUIERDO-AYMERICH, Mercè. A research-informed instructional unit to teach the nature of science to pre-service science teachers. *Science & Education* **18**: 1177-1192, 2009.
- BELL, Randy; ABD-EL-KHALICK, Fouad; LEDERMAN, Norman; MCCOMAS, William; MATTHEWS, Michael. The nature of science and science education: a bibliography. *Science & Education* **10** (1/2): 187-204, 2001.
- BOSCH, Marianna; GASCÓN, Josep. Twenty-five years of didactic transposition. *ICMI Bulletin* **58**: 51-64, 2006.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. Pp.13-48, in: SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos; GRECA, Ileana María (orgs.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.
- CHEVALLARD, Yves. Analyses des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques: l'approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* **19**: 221-266, 1999.
- . *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique, 1991.
- ERICKSON, Frederick. Qualitative research methods for science education. Vol. 2, pp. 1155-1174, in: FRASER, Barry J.; TOBIN, Kenneth George (orgs.). *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- FORATO, Thaís Cyrino de Mello. *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. Tese de Doutorado. São Paulo: FEUSP, 2009, 2 vols.
- FORATO, Thaís. C. M.; MOURA, Breno Arsoli; PRESTES, Maria Elice B. Bibliografia sobre a utilização da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências e Biologia. *Boletim de História e Filosofia da Biologia* **2** (3), 2008. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-02-n3-Set-2008.htm>>. Acesso em: 04/11/08.
- GIL PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel; ALIS, Jaime; CACHAPUZ, Antonio; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação* **7** (2): 125-153, 2001.

- HOLTON, Gerald. What historians of science and science educators can do for one another? *Science Education* **12** (7): 603-616, oct. 2003.
- KRAGH, Helge. *An introduction to the historiography of science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- LEDERMAN, Norman. Nature of science: past, present, and future. Pp. 831-880, in: ABELL, Sandra K. & LEDERMAN, Norman (eds.). *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.
- MARTINS, Roberto de Andrade. A história da ciência e seus usos na educação. Introdução. Pp. xvii-xxx, in: SILVA, Cibelle Celestino (org.). *Estudos de história e filosofia das ciências. Subsídios para aplicação no Ensino*. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006.
- . Ciência *versus* historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. Pp. 115-145, in: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria & BELTRAN, Maria Helena Roxo (orgs.). *Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: Educ; Fapesp; Editora Livraria da Física, 2004.
- . O que é a ciência do ponto de vista da epistemologia? *Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa*, **9**: 5-20, 1999.
- . Em busca do nada: considerações sobre os argumentos a favor do vácuo ou do éter. *Trans/Form/Ação* **16**: 7-27, 1993.
- MATTHEWS, Michael R. A role for history and philosophy in science teaching. *Interchange* **20** (2): 3-15, 1989.
- McCOMAS, William; ALMAZROA, Hiya; CLOUGH, Michael P. The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education* **7**: 511-532, 1998.
- PIETROCOLA, Maurício. A transposição da física moderna e contemporânea para o ensino médio: superando obstáculos epistemológicos e didático-pedagógicos. Pp. 159-180, in BORGES, Regina. *Propostas Interativas na Educação Científica e Tecnológica*. Porto Alegre: EDUC, 2008.
- . A história e a epistemologia no ensino de ciências: dos processos aos modelos de realidade na educação científica. Pp. 133-149, in ANDRADE, Ana Maria Ribeiro (org.). *Ciência em perspectiva. Estudos, ensaios e debates*. Rio de Janeiro: MAST/SBHC, 2003.
- . Fresnel e o arrastamento parcial do éter: a influência do movimento da Terra sobre a propagação da luz. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **10** (2): 157-172, 1993.
- PUMFREY, Stephen. History of science in the National Science Curriculum: A critical review of resources and their aims. *British Journal of History of Science* **24**: 61-78, 1991.
- 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* **9** (1): 53-65, 2003.