

O ENSINO DE CONTEÚDOS DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Fernando Bastos *

Resumo: O presente trabalho de pesquisa consistiu em duas etapas: (i) produção de um Guia de Estudos em que a história das pesquisas sobre a febre amarela (1881-1903) foi usada como subsídio para a discussão de alguns importantes aspectos do processo de produção de conhecimentos na ciência; (ii) realização de experiência pedagógica em que o Guia de Estudos foi aplicado junto a alunos do ensino médio. Os resultados obtidos forneceram evidência da viabilidade do uso da História da Ciência no Ensino de Ciências.

Unitermos: Ensino de Ciências, História da Ciência, Concepções de Ciência

Abstract: *The present research consisted of two stages: (i) production of a Guide of Studies in which the history of scientific research about yellow fever (1881-1903) was used as subsidy for the discussion of some important aspects of the process of production of knowledge in science; (ii) accomplishment of pedagogical experience in which the Guide of Studies was applied to High School students. Results showed evidence of the viability of the use of History of Science in Science Teaching.*

Keywords: *Science Teaching, History of Science, Conceptions of Science*

1. INTRODUÇÃO

É hoje comum a recomendação de que o ensino escolar de ciências, física, química e biologia incorpore temas de História e Filosofia da Ciência e enfatize a dimensão histórico-social do processo de produção de conhecimentos na ciência. Vejamos como tal recomendação aparece nas propostas curriculares do Governo do Estado de São Paulo para o ensino de ciências e biologia:

[...] o ensino de Ciências na escola de 1º Grau deve propiciar ao aluno conhecimentos e condições que contribuam para que ele:

[...]

- compreenda a relação entre o desenvolvimento científico e o desenvolvimento econômico e social;

[...]

- perceba as dimensões histórica, social e ética do processo de produção da ciência e tecnologia [...] [São Paulo..., 1990b, p.18]

[...] atualmente reconhecem-se três interfaces entre Ciência e política, que só podem ser trabalhadas em sala de aula com o auxílio da História [grifo meu]. A primeira delas evidencia que o conhecimento científico [...] depende de muito esforço coletivo e, principalmente, de grandes investimentos. Desta forma a escolha do tema a ser pesquisado e a prioridade que será dada a ele são decisões políticas. A segunda interface localiza-se

* Professor Assistente Doutor do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências / UNESP - Câmpus de Bauru (e-mail: fbastos@bauru.unesp.br)

no campo social, no momento em que os conhecimentos disponíveis [...] são aplicados [...]. Deve-se admitir que o progresso tecnológico não beneficia igualmente todas as nações nem tampouco todos os grupos sociais dentro dessas nações. A terceira interface [...] sugere que o contexto social influencia, e às vezes até mesmo determina, não apenas a metodologia empregada nas pesquisas, mas também seus resultados, assim como sua aceitação por parte da comunidade [São Paulo..., 1990a, p.15].

Gagliardi & Giordan (1986, p.254) destacam particularmente a expectativa de que o uso de um enfoque histórico contribua para que os alunos consigam desenvolver uma compreensão crítica da ciência:

A História da Ciência pode mostrar em detalhe alguns momentos de transformação profunda da ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, quais foram as resistências à transformação e que setores trataram de impedir a mudança. Essa análise pode dar as ferramentas conceituais para que os alunos compreendam a situação atual da ciência, sua ideologia dominante e os setores que a controlam e que se beneficiam da atividade científica.

Enfoques desse tipo têm como objetivo contribuir para que o aluno construa concepções mais elaboradas e realistas acerca da ciência e dos cientistas, concepções essas que possam subsidiar o exercício de uma cidadania consciente e atuante.

Ocorre porém que o uso da História da Ciência no Ensino de Ciências esbarra em várias dificuldades práticas e questionamentos teóricos:

- (a) os textos disponíveis para subsidiar o trabalho dos alunos em sala de aula dificilmente contemplam as necessidades específicas do ensino fundamental e médio (cf. Bastos, 1998, p.57);
- (b) há uma certa escassez de propostas concretas sobre como explorar conteúdos de História da Ciência de maneira a contribuir para a realização de objetivos educacionais como 'compreender melhor o que é a ciência' e 'formar o cidadão' (cf. Bastos, 1998, p.44);
- (c) existe a opinião de que o uso da História da Ciência no Ensino de Ciências é inviável ou mesmo prejudicial à aprendizagem; segundo tal modo de pensar,

[...] os currículos escolares não dispõem de espaço suficiente para a uma adequada apresentação da História da Ciência;

[...]

[...] o Ensino de Ciências tende a simplificar, mutilar e distorcer a História da Ciência [...];

[...] os contextos específicos em que os cientistas do passado trabalhavam são de difícil compreensão para os alunos de hoje;

[...] o uso de relatos históricos é fator de confusão e não de esclarecimento, pois expõe o aluno a idéias, problemas, conceitos, teorias e méto-

dos que já foram descartados e substituídos por outros;
[...] o uso de relatos históricos é fator de desmotivação e não de estímulo, pois o aluno está interessado em conhecimentos atualizados e não em conhecimentos que já caíram em desuso [...] [cf. Bastos, 1998, p.44]

Assim, uma importante questão para investigação é saber se alguns dos argumentos acima referidos (enfoque histórico 'é difícil', 'confunde', 'desmotiva') têm sua razão de ser ou devem ser vistos com ressalvas.

Uma primeira resposta a essa questão é o fato de que as diferentes experiências pedagógicas relatadas na literatura especializada têm dado resultados francamente favoráveis ao uso da História da Ciência no Ensino de Ciências (cf., por exemplo, Siegel, 1979; Johnson & Stewart, 1990; Solomon et al., 1992; Nielsen & Thomsen, 1990; Castro, 1992).

O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo não apenas elaborar uma programação para o ensino de temas de História e Filosofia da Ciência como também verificar de que maneira os alunos interagem com a programação proposta. Assim, um Guia de Estudos foi produzido e aperfeiçoado com o intuito de apresentar e analisar uma série de acontecimentos relacionados à história da pesquisa médica sobre a febre amarela durante o período de 1881 a 1903 (cf. Bastos, 1998). Esse Guia de Estudos foi então testado em um Mini-Curso de 10 horas de duração, realizado em duas escolas estaduais da região de Bauru (SP), com a participação, respectivamente, de 15 e 25 alunos do ensino médio.

Analisaremos aqui somente a experiência pedagógica realizada junto à primeira das duas turmas de alunos acima citadas.

2. O MINI-CURSO

A condução do Mini-Curso ficou a cargo de uma professora oriunda da própria rede pública de ensino e que não havia tido nenhuma preparação especial para discorrer sobre os temas a serem abordados (fatos e hipóteses na ciência, relações entre ciência e sociedade, caráter provisório dos conhecimentos científicos etc.).

Concluída a fase de planejamento, o Mini-Curso foi levado à escola e realizado de acordo com a seguinte programação geral:

Mini-Curso A Ciência em Ação

Duração total do Mini-Curso: 10 horas (distribuídas em 5 aulas de 2 horas)

Conteúdo

- As epidemias de febre amarela no final do século XIX.
- Fatos e hipóteses na ciência
- Hipóteses sobre a febre amarela no final do século XIX
- Teoria microbiana das doenças. Hipóteses microbianas para a febre amarela. Sanarelli e a hipótese do bacilo icteróide.
- Teorias científicas como marcos de referência e como obstáculos para o desenvolvimento da ciência
- Relação entre fatos, teoria e experimentação na ciência
- Interesses políticos e econômicos e sua influência sobre a atividade científica

- Relações entre pesquisa científica e contexto econômico, social e político: o exemplo da febre amarela
- Experimentos de Finlay. Trabalhos da comissão Reed
- Fatos e hipóteses no cotidiano dos cidadãos
- Ética e ciência: o exemplo da febre amarela
- Importância da comunicação e circulação de idéias no interior de uma comunidade científica
- Experimentos de Emilio Ribas e Adolpho Lutz sobre o modo de comunicação da febre amarela
- Oswaldo Cruz e a campanha de combate à febre amarela no Rio de Janeiro
- Controvérsias e disputas no interior da comunidade científica: o exemplo da febre amarela
- Conhecimentos científicos e seu caráter provisório

Métodos

- Levantamento das idéias dos alunos através de questionários escritos e discussões
- Discussão das idéias e indagações colocadas pelos alunos
- Exposição dialogada
- Exercícios escritos realizados em grupos de 4-5 alunos

As aulas ministradas procuraram seguir um padrão metodológico dentro do qual os alunos tivessem oportunidade de expor suas idéias, problematizar o conteúdo, colocar suas indagações, discutir, trocar idéias com os colegas e o professor, propor soluções e conclusões etc. As diversas atividades realizadas foram sempre organizadas de acordo com uma seqüência do tipo 'problematização–busca de respostas', ou seja, procurou-se fazer com que o ponto de partida das aulas fossem indagações do tipo 'O que é...?', 'Como é...?', 'Por que é...?' e não os conhecimentos mais sistematizados, que figuravam, ao contrário, como um ponto de chegada a ser alcançado após um trabalho mais ou menos longo de questionamento, reflexão e discussão. Assim, por exemplo, ao falarmos sobre 'fatos e hipóteses na ciência', não principiamos com definições abstratas, mas solicitamos aos alunos que colocassem suas próprias idéias sobre o assunto, para a partir daí iniciarmos uma discussão em que vários argumentos foram colocados, muitas vezes com o intuito de fazer com que os alunos transitassem em direção a idéias e concepções mais adequadas. Um outro exemplo é o dos exercícios que solicitavam a proposição de experimentos e a análise de resultados experimentais. Nesse caso, similarmente ao que se recomenda nos Convites ao raciocínio (Biological Sciences..., 1972), as soluções e conclusões produzidas por cientistas do passado foram descritas somente depois que os alunos já haviam refletido e apresentado suas próprias opiniões e sugestões. De fato, houve um grande cuidado para que os professores em nenhum momento antecipassem respostas ou conclusões que poderiam ser produzidas pelos próprios estudantes ao longo de um processo de questionamento, reflexão e discussão. E, para tal enfoque se tornasse possível, os alunos tiveram em mãos, ao longo de todo o Mini-Curso, somente uma apostila de questões e folhas avulsas contendo algumas poucas informações básicas, sendo que os textos completos lhes foram entregues apenas no final do Mini-Curso.

Uma outra importante característica metodológica do Mini-Curso foi a contínua alternância entre momentos de apresentação de novos conteúdos e momentos de realização de discussões, trabalhos escritos e outras atividades.

Quanto ao conteúdo desenvolvido, este apresentava características que permitiam a discussão das seguintes problemáticas, entre outras:

(a) Influência de interesses econômicos e políticos sobre a ciência. Nas décadas de 1880 e 1890, Estados Unidos, Inglaterra, França, e outras potências industriais passam a estar cada vez mais preocupados com o avanço da febre amarela, malária e outras doenças infecciosas em suas colônias e áreas de influência na América Latina, África e Ásia. Tal preocupação (que parece ter procedido mais de interesses econômico-político-militares do que de interesses humanitários) acabou gerando canalização de recursos e esforços para a pesquisa médica.

(b) Fatos e hipóteses na ciência. Relação entre fatos, hipóteses e experimentação. Os debates sobre a febre amarela no final do século XIX e início do século XX reportaram-se a fatos de domínio comum e a fatos gerados por experimentação. Várias hipóteses conflitantes foram levantadas e experimentadas, entre elas a teoria dos miasmas, a hipótese do contágio por meio de objetos, a hipótese do contágio direto, a hipótese do bacilo 'icteróide' e a teoria do mosquito.

(c) Hipóteses e teorias como criações intelectuais e não como cópias da realidade. Em 1881, Finlay passou a defender uma hipótese (teoria do mosquito) que era pouco plausível diante dos conhecimentos disponíveis na época. Assim, naquele momento, a base de sustentação da hipótese era principalmente o elemento intuitivo ou imaginativo existente nas especulações de Finlay.

(d) Paradigmas científicos não apenas como molas propulsoras para o desenvolvimento da ciência mas também como obstáculos ao avanço do conhecimento científico. Apesar de sua enorme importância, paradigma microbiológico impulsionou cientistas em direção ao 'beco sem saída' de investigar a febre amarela como sendo uma doença microbiana. Assim, vários fungos e bactérias foram descobertos e erroneamente apontados como agentes causadores da febre amarela (exemplo mais conhecido: bacilo 'icteróide').

(e) Ciência como empreendimento de natureza coletiva. Importância da comunicação e circulação de idéias no interior da comunidade científica. Durante o período focalizado, muitos cientistas de diferentes países dedicaram-se a pesquisar a febre amarela. Foram necessárias numerosas investigações e cerca de 25 anos de trabalho ininterrupto para que a comunidade científica chegasse a um consenso quanto ao modo de transmissão da febre amarela. Essas pesquisas não foram realizadas independentemente, mas sempre tomando como referência trabalhos de outros cientistas (exemplo: comissão Reed investigou a 'doutrina' de Sanarelli - hipótese do bacilo 'icteróide' -, a teoria do mosquito defendida por Finlay e outras hipóteses correntes como a do contágio por meio de objetos).

3. MÉTODOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados acerca da experiência pedagógica realizada foi feita por meio dos

seguintes procedimentos:

- Filmagem (em fitas de VHS) de todas as aulas do Mini-Curso;
- Observação informal de situações importantes que houvessem escapado à filmagem;
- Solicitação de trabalhos escritos aos alunos;
- Realização de entrevista final sobre como havia sido para cada aluno a experiência de participar do Mini-Curso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1-Discussões sobre fatos e hipóteses na ciência

O Mini-Curso foi iniciado com a solicitação de que os alunos respondessem individualmente a algumas questões sobre a ciência e os cientistas. Em seguida, as respostas dadas pelos alunos foram discutidas com a classe toda¹.

Concluída essa atividade, a professora solicitou aos alunos que lhe explicassem o que é um fato e o que é uma hipótese. As principais respostas para essa questão foram as seguintes:

- (a) 'Fato é uma coisa que já aconteceu'.
- (b) 'Fato é alguma coisa comprovada'.
- (c) 'Hipótese é alguma coisa que pode ou não pode acontecer'.
- (d) 'Hipótese é uma coisa que é planejada'
[e que pode não dar certo, como por exemplo uma festa].

Nota-se assim que os alunos definiram fatos e hipóteses principalmente de acordo com significados da linguagem cotidiana.

A partir das respostas dadas pelos alunos, os professores procuraram criar situações que estimulassem os alunos a aperfeiçoar seus conhecimentos prévios. A concepção alternativa segundo a qual uma hipótese 'é um possível acontecimento futuro' foi confrontada com o argumento de que também podem existir hipóteses sobre acontecimentos do presente ou do passado (teoria do Big Bang, hipóteses sobre extinção dos dinossauros). Uma analogia presumivelmente acessível para os alunos foi mencionada e examinada (analogia do detetive que investiga um crime e tem que propor uma hipótese coerente para explicar os fatos disponíveis). Assinalou-se explicitamente que hipóteses não podem converter-se em fatos [detetive propõe solução (hipótese) para o crime, mas tal solução jamais evolui para fato, porque detetive não poderá voltar no tempo e no espaço para observar o que realmente ocorreu]:

[Nota: Nas transcrições de trechos de aulas do Mini-Curso utilizaremos as seguintes siglas: P1=Professora do Mini-Curso; P2=Professor colaborador (F. Bastos); A1=Aluno 1; A2=Aluno 2 etc.]

P2 - [...] A hipótese é alguma coisa no futuro? Seria no futuro?

Alunos - É. [Várias falas simultaneamente]. Alguma coisa que a gente planeja. [Várias falas simultaneamente].

¹ Essas respostas serão discutidas nos itens 4.4, 4.6 e 4.7.

O ENSINO DE CONTEÚDOS DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

P2 - Se essa hipótese acontecer então, [...] ela vira um fato? [...]

Alunos - É. [...]

P1 - [...] Luciana? O que você acha de hipótese?

A3 - É uma coisa marcada, mas não tem certeza se vai acontecer, porque a gente nunca sabe o dia de amanhã. [...]

P2 - Mas não pode ter uma hipótese no passado [sobre o passado]? [...] uma coisa que você não sabe... que você não tem certeza do passado?

P1 - ...Que você ouviu falar mas não sabe se aconteceu ou não?

A3 - Vai ter uma reunião [...]. Tá marcado, mas não sabe se vai acontecer. [...]

[...] [Várias falas simultaneamente]

A14 - A hipótese do Big Bang.

P2 - [...] é uma hipótese [...] que é do passado, não é do futuro. [...]

P1 - É uma hipótese que foi feita há muito tempo, não é?

[Várias falas simultaneamente]

P2 - Certo, a hipótese do Big Bang é no passado.

P1 - Mas ainda não foi declarado se é fato ou não, mantém-se na condição de hipótese. [...]

P2 - [...] Não pode ter hipóteses mais ou menos no presente, não no futuro, nem no passado distante? [...]

P2 - Por exemplo, tem um detetive que 'tá investigando um crime. Ele não sabe o que realmente aconteceu. [...]

P1 - Vai ter que fazer o que para descobrir?

P2 - O que que ele faz?

[Várias falas simultaneamente]

Alunos - Ele vai investigar.

P1 - Vai investigar o quê?

[Várias falas simultaneamente]

Alunos - Os fatos.

P1 - Os fatos! Olha que interessante, Fernando! [...]

[Várias falas simultaneamente]

Alunos - [...] vai levantar hipóteses.

P1 - [...] Vai entrar o quê?

A14 - Vai levantar hipóteses.

P1 - Olha que lindinha! [Risos] Ele vai investigar os fatos para levantar?...

Alunos - Hipóteses.

P1 - Hipóteses. E depois?

[Várias falas simultaneamente]

Alunos - Chegar a alguma conclusão!...

P1 - E essa conclusão será o quê?

Alunos - Um fato!

P1 - Perceberam? [Notar que professora manifesta concepção inadequada]

P2 - Sim, mas essa conclusão é uma hipótese. Vocês falaram que o fato é uma coisa comprovada. Mas ele não pode errar, também, nessa investigação?

Alunos - Pode.

P2 - Vocês já viram aqueles filmes de televisão (às vezes acontece na realidade), a pessoa é condenada por um crime que ela não cometeu, mas todos os fatos indicavam que era ela [...]

[...]

P2 - Vamos tentar falar em cima desse exemplo aqui. [...]

[...]

P2 - Vocês colocaram que fato é alguma coisa comprovada [...]. Como é que você sabe que o fato é uma coisa comprovada? O que que faz ele ser comprovado? Por exemplo, [...] teve uma festa na casa da Juliana, certo? Como é que você sabe que realmente aconteceu... como é que você comprova que realmente teve uma festa na casa da Juliana?

[Várias falas simultaneamente]

P2 - E quem que falou?

Alunos - A Juliana...

P2 - Então! Ou você esteve lá na festa e viu, [...] ou então alguém que 'tava na festa contou pra você. Então, vocês vão notar que essa comprovação 'tá ligada à observação. O fato, [...] como é que a gente tem certeza de um fato? A gente tem certeza porque a gente observou, de alguma maneira. A gente foi na festa, alguém foi na festa e contou para a gente [...]

[...]

P1 - Então, pra você dizer que é um fato, você vai ter que viver situações observando as coisas que estão acontecendo [...].

[...]

P1 - E a hipótese, vocês disseram que é uma coisa que pode ou não acontecer. [...] Eu acho que é bem lógica essa idéia de vocês, se vocês agora completarem que a hipótese, você não teve condição do quê?...

Alunos - De observar [...].

P1 - De observar. [...] A hipótese, você não está comprovando nada, você lança uma idéia, uma hipótese, depois você corre atrás para tentar comprovar... através do quê? De observação, de utilização de aparelhos, de instrumentos... Não é?

P2 - Olha, voltando ao caso do detetive. A hipótese, por exemplo, de que fulano de tal que é o assassino, é uma hipótese [...] que nunca foi observada. Ele não vai poder ver o crime. Só se alguém viu o crime acontecendo, é que essa pessoa...

P1 - Serve de testemunha.

P2 - Ela é uma testemunha. Nesse caso, a pessoa, ela observou, pra aquela pessoa é um fato. Mas para o investigador, ele nunca vai poder presenciar o que realmente aconteceu. O que que ele tem, vocês falaram, ele vai atrás dos fatos [...]. Quais são os fatos? O que ele pode observar hoje em dia. Por exemplo, se tem uma impressão digital numa porta, numa arma... Ou por exemplo, algum objeto que era do suspeito e que ficou lá no local do crime. Então, isso aí dá pra ele colher lá e ele estar observando diretamente, certo? Então [...] a hipótese continua sendo hipótese, porque ele nunca vai conseguir observar o que realmente aconteceu, e ele pode até 'tar errado (às vezes ele 'tá). Né? Às vezes a justiça 'tá errada [...]. A justiça faz o julgamento em cima dos fatos que o detetive [...], que a polícia levantou [...].

4.2 - Os alunos propõem experimentos para testar hipóteses

A aula prosseguiu com uma exposição em que a professora apresentou algumas das principais hipóteses existentes no final do século XIX sobre o modo de comunicação da febre amarela (teoria dos miasmas, hipótese do contágio direto, hipótese do contágio por meio de objetos, hipótese do mosquito).

Concluída a exposição, solicitou-se aos alunos que respondessem por escrito às seguintes questões:

Grupo 1 [A3,A6,A10,A16] - Questão 15 do Guia de estudos:
Proponha um experimento para testar a teoria do mosquito.

Grupo 2 [A1,A11,A13,A15] - Questão 16 do Guia de Estudos:
Proponha um experimento para testar a hipótese do contágio direto (pessoa a pessoa).

Grupo 3 [A4,A5,A7,A12] - Questão 17 do Guia de Estudos:
Proponha um experimento para testar a hipótese do contágio por objetos (roupas).

Grupo 4 [A2,A8,A9,A14] - Questão 17a:
Proponha um experimento para testar a teoria dos miasmas.

O objetivo dessa atividade era: (a) dar oportunidade para que os alunos se familiarizassem melhor com determinadas hipóteses sobre a febre amarela; (b) inserir os alunos num processo de reflexão que favorecesse a aprendizagem dos conteúdos subseqüentes; (c) despertar curiosidade sobre como foi que os cientistas do passado organizaram suas pesquisas sobre o modo de transmissão da febre amarela; (d) dar oportunidade para que os alunos exercitassem a criatividade e o pensamento lógico.

A professora apresentou a tarefa sob a forma de uma simulação, o que foi bastante positivo em termos de se conseguir motivar os alunos:

P1 - [...] Agora, aqui eu vou ter quatro cientistas [aponta para um dos grupos de alunos] [...] Decidem os seus grupos, mas eu quero um grupo de quatro cientistas aqui, quatro aqui e quatro aqui [aponta para as mesas onde estão os alunos].

[...]

P1 - Eu preciso de quatro grupos de cientistas trabalhando arduamente pra eu poder ter resultados[...].

O meu primeiro grupo de cientistas [A3,A6,A10,A16], [...] vão escrever pra mim como eu posso testar [a teoria do mosquito] [...].

[...]

P1 - [continuando] [...] vocês vão me escrever tudo o que vocês pensarem pra provar que a teoria do mosquito está certa [...].

Este grupo de cientistas aqui [A1,A11,A13,A15] [...] irão provar para todos os outros cientistas do planeta [...] que a febre amarela acontecia por contágio direto [...]. Olha: formulem hipóteses, procurem fatos, descrevam experimentos... e me confirmem essa teoria. [...].

Este grupo de cientistas aqui [A4,A5,A7,A12] [...] irão provar para todos os cientistas da comunidade que a febre amarela acontecia por contágio por meio de objetos. Então vocês discutam, procurem experimentos, comprovem... fatos, levantem hipóteses [...].

E vocês [A2,A8,A9,A14] vão formular pra nós a teoria dos miasmas. Sejam excelentes cientistas, vão fundo aí - 'tá? - e me dêem uma resposta convincente - vocês vão ter que convencer todos os cientistas da comunidade. [...].

Note-se que as instruções dadas pela professora ficaram contraditórias com os enunciados das questões do Guia de Estudos, o que pode ter favorecido confusões e outros problemas. De qualquer forma, o tipo de tarefa solicitada (simulação) despertou visível interesse entre os alunos.

Após as instruções da professora, os alunos passaram a trabalhar na resolução das questões, sendo que esse foi o primeiro exercício em grupo realizado pelos alunos dentro do Mini-Curso.

De um modo geral, a atividade proposta parece não ter sido muito fácil para nenhum dos grupos de alunos.

Todos os grupos precisaram de explicações adicionais para entender melhor o que é que deveriam fazer. Durante a realização da tarefa, solicitaram continuamente a equipe de professores para pedir ajuda e tirar dúvidas.

De fato, conforme veremos em seguida, o acompanhamento e suporte por parte dos professores foi requisito essencial para o bom andamento das atividades do Mini-Curso.

Por outro lado, em consequência de um descuido da professora, a tarefa original, que era apenas 'propor experimentos', acabou sendo substituída por uma tarefa bem mais complicada e de adequação questionável, ou seja, 'provar'. Ao terem que 'provar', os alunos seriam obrigados inventar cegamente resultados de pesquisa ou até mesmo forjar resultados sabidamente falsos, caso a hipótese de trabalho fosse falsa (hipótese do contágio direto, hipótese do contágio por meio de objetos, teoria dos miasmas). Outra possibilidade seria forçar ao máximo a criatividade a fim de imaginar uma situação em que resultados plausíveis parecessem confirmar uma hipótese que hoje não é mais válida. Esse último caminho foi justamente o escolhido pelo grupo 4, que escreveu (de maneira brilhante) a seguinte resposta:

Na cidade de Miquelópolis várias pessoas apresentaram sintomas como febre, vômito, dores musculares, dores de cabeça, diarreia; constata-se a febre amarela.

O lixo, através de seus gases venenosos está transmitindo a febre amarela pelo ar; pela água que é ingerida pela população, esta água vem de um riacho que passa próximo ao lixão; e pelo solo onde se encontram as plantações que são contaminadas pela água do riacho.

Mudou-se de Adrianópolis (um município distante 500km) para Miquelópolis, uma família composta de 5 pessoas. Essa família [...] decidiram com o nosso auxílio consumir alimentos e água de outro município. Mesmo assim esta família contraiu a febre amarela.

CONCLUSÃO: descartamos a possibilidade da contaminação através dos alimentos e da água.

Concluimos então que o ar (gases eliminados pelo lixo) estão contaminando as pessoas de Miquelópolis através da respiração

[Alunas 2, 8, 9 e 14, resposta escrita à Questão 17a].

O grupo 3 resolveu o exercício inventando resultados de pesquisa pouco plausíveis:

Levamos ao nosso laboratório uma pessoa contaminada com a febre amarela. Para comprovarmos que essa pessoa foi contaminada através de objetos, pegamos 10 pessoas e fizemos a seguinte experiência: - durante 10 dias, mantemos 10 pessoas usando os objetos dessa pessoa contamina-

da. Dessas 10 pessoas, 7 apresentaram os sintomas da febre amarela: febre, vômito, dor de cabeça, dores musculares e outros.

Concluimos que mais da metade apresentavam os sintomas e que possivelmente estavam contaminadas pela febre amarela.

[Alunas 4, 5, 7 e 12, resposta escrita à Questão 17]

Mesmo tendo ocorrido, nesse último caso, o problema dos resultados altamente improváveis, pode-se dizer que os grupos 3 e 4 deram conta de suas tarefas de modo plenamente satisfatório, já que conseguiram propor estratégias de pesquisa coerentes e com real característica experimental.

Em contraste, os dois grupos restantes propuseram estudos que não apresentavam a mencionada característica experimental. Vejamos primeiramente a resposta dada pelo grupo 2:

Nós cientistas [...] chegamos a uma conclusão onde a febre amarela é transmitida por contágio direto.

Um dos experimentos que podemos comprovar foi o de um homem que tinha febre amarela e sua família que não tinha nenhum sintoma dessa doença, acabou sendo infectada pelo contágio direto. [...] descobrimos que ele havia pego a doença através de uma namorada que morava em uma cidade vizinha [...].

[Alunas 1, 11, 13 e 15, resposta escrita à Questão 16]

Esse grupo relatou o estudo de uma situação plausível (namorada transmite doença para o namorado, que transmite para pessoas de sua família), porém tal estudo não constitui um trabalho experimental propriamente dito.

O grupo 1 montou uma argumentação bastante interessante, mas os estudos que propôs também não recorrem a situações intencionalmente planejadas (experimentos):

[...]

Um determinado grupo de cientistas diziam que o contágio seria dado através dos miasmas (gases e vapores soltados do lixo), mas a cidade de Antenas existe um aterro sanitário muito bem planejado. Então descartamos a hipótese de contágio através dos miasmas.

Outro grupo de cientistas diziam que o contato direto com pessoa com febre amarela, passaria a doença. Mas os doentes de Antenas foram se tratar [...] em um hospital de uma cidade vizinha. Como explicar que os médicos e enfermeiros [...] não foram contaminados?

Descartamos a hipótese do contágio direto.

Outro grupo de cientistas diziam que o contágio vinha por meio de contato com objetos de pessoas doentes. Mas essas pessoas que foram internadas no hospital da cidade vizinha de Antenas usaram o mesmo copo para beber água de seus vizinhos de quarto que não tinham febre amarela. E essas pessoas não contraíram a doença. Descartamos a hipótese de contágio por meio de objetos.

Na cidade de antenas as pessoas nunca se preocuparam [...] em tampar os tambores de água. Então analisamos numa determinada casa, um tambor

descoberto e percebemos que nele havia pequenas larvinhas. Recolhemos uma amostra de água e resolvemos deixar aquelas larvinhas se desenvolverem.

Passado poucos dias, quando pela manhã fomos olhar aquele vidro que estava coberto com uma telinha, que ali havia um mosquito e com as outras larvas iria acontecer o mesmo.

Cristina resolveu colocar cuidadosamente a mão dentro do vidro para recolher uma larva para análise. Quando ela estava pegando a larva o mosquito que permanecia dentro do vidro à picou e passado alguns dias, ela apresentou os sintomas da febre amarela.

CONCLUSÃO Æ A febre amarela é contraída pela picada de um mosquito cuja o nome é *Stagomyia Fasciata*.

[Alunas 3, 6, 10 e 16, resposta escrita à Questão 15]

Essa substituição de abordagens experimentais por abordagens não-experimentais pode estar relacionada aos seguintes fatores, entre outros:

- é possível que vários alunos não soubessem direito o que é um experimento científico, tendo feito confusão entre experimentação e outras estratégias de pesquisa; nossa suposição inicial, que pode ter falhado, era a de que os alunos já possuíssem uma noção rudimentar de experimento científico, derivada, por exemplo, do contato com aulas práticas realizadas na escola;

- os alunos parecem ter ficado receosos em propor experimentos nos quais seres humanos seriam usados como cobaias; tais preocupações apareceram explicitamente nas conversas com os professores ('Mas... a gente pode fazer a experiência com uma pessoa? A pessoa não pode morrer?'); assim, em razão do aspecto ético, os alunos podem ter descartado algumas das soluções mais óbvias (por exemplo, manter pessoas sãs e pessoas doentes confinadas num mesmo recinto, para ver se havia contágio direto), ficando sem outras sugestões pertinentes para usar no exercício.

Nas respostas transcritas acima, há pelo menos duas passagens que sugerem a preocupação dos alunos em evitar a proposição de experimentos com seres humanos: (a) o grupo 4 usou o subterfúgio de imaginar um experimento com uma família que já estaria exposta ao perigo da febre amarela independentemente ou não de estar participando da pesquisa; e (b) o grupo 1 imaginou uma situação em que a picada do mosquito ocorreu acidentalmente e não por vontade dos pesquisadores.

O grupo 1 foi o grupo que sentiu maior dificuldade em realizar a atividade. Ele precisou receber grande atenção por parte dos professores e chegou mesmo a passar por momentos de stress, em razão de não estar conseguindo encontrar respostas satisfatórias. Tal dificuldade pareceu-nos estar em parte relacionada à história anterior dos integrantes do grupo e até mesmo a problemas de relacionamento entre esses alunos e o restante da turma. No entanto, ficou claro para nós que a tarefa específica solicitada ao grupo (propor experimento para testar a teoria do mosquito) envolveu desafios adicionais e foi presumivelmente a mais difícil, conforme explicaremos a seguir.

As primeiras sugestões do grupo 1, que não chegaram a ser colocadas no papel, giravam em torno de se 'pegar' uma pessoa ou rato que estivesse com febre amarela e verificar

se havia mosquitos no local. Os professores deixaram claro que acatavam a solução proposta, mas tentaram mostrar que essa idéia inicial precisava ser ampliada e melhorada. Assim, passou-se à apresentação de algumas objeções e 'dicas' que pudessem ajudar os alunos a encontrar uma resposta para o problema.

Apesar do esforço dos professores, a discussão foi longa e pouco proveitosa, com os alunos voltando diversas vezes a pontos já debatidos. De fato, tínhamos a impressão de que os alunos não estavam aceitando as alternativas propostas por nós e ao mesmo tempo não estavam conseguindo desvencilhar-se das alternativas colocadas inicialmente.

Esses alunos, ao final do trabalho, estavam extremamente frustrados. Eles aplaudiram com ironia a apresentação de um dos outros grupos e fizeram afirmações do tipo 'Todos estão conseguindo fazer menos nós, nós somos burras' e 'A gente nem devia ter-se inscrito nesse Mini-Curso'.

Entre as dificuldades específicas suscitadas pela questão 15 (e que parecem ter influenciado o trabalho do grupo 1) gostaríamos de destacar pelo menos duas:

- Dificuldade de imaginar soluções para a operacionalização de determinadas etapas do experimento. O grupo 1 não sabia o que fazer para que se pudesse ter certeza de que o mosquito realmente picaria uma determinada pessoa (naquele momento, não lhes ocorreu, por exemplo, que o mosquito poderia ser encerrado num frasco de vidro cuja abertura fosse aplicada sobre a pele de uma pessoa);
- Necessidade de uma compreensão adequada acerca da teoria do mosquito. O grupo 1 parece ter entendido que a fonte da febre amarela é o mosquito isolado (mosquito não precisa ser infectado para tornar-se fonte de contágio). De acordo com tal interpretação, os mosquitos do experimento não precisariam picar pessoas doentes, mas apenas pessoas sãs. Note-se que problema similar já havia aparecido em experiência pedagógica realizada anteriormente (cf. Bastos, 1998, p.100).

Concluída a etapa de trabalho em grupo, a professora solicitou aos alunos que fossem à frente da sala de aula e apresentassem aos colegas as respostas a que tinham chegado. Essa parte da aula também foi conduzida sob a forma de simulação, com a professora incentivando os 'cientistas' de cada grupo a expor seus trabalhos para os demais 'cientistas' e tentar convencê-los.

O grupo 1 não conseguiu terminar seu trabalho escrito a tempo de apresentá-lo para a classe. Diante disso, a professora combinou com esses alunos que eles continuariam a tarefa em casa e fariam sua exposição no dia seguinte. Assim, ainda na fase de elaboração de uma resposta, o grupo 1 pôde ter acesso aos trabalhos de todos os outros grupos. Esses exemplos de diferentes alternativas para se estar testando hipóteses sobre a febre amarela parecem ter sido bastante esclarecedores e, no dia seguinte, o grupo 1 trouxe e apresentou um trabalho de nível equivalente aos dos demais grupos², sendo que esses alunos estavam orgulhosos de terem conseguido dar conta da tarefa. De fato, em nossa avaliação, uma das coisas que pesou para que esses alunos tivessem se esforçado da maneira como o fizeram foi que eles queriam provar sua capacidade e/ou não queriam perder uma competição para outros grupos. A partir de então, os integrantes do grupo 1 pareceram estar mais à vontade no Mini-Curso e não houve outros inci-

² Destaca-se aqui a importância que pode ter o intercâmbio entre os alunos (o auxílio que os professores procuraram prestar acabou sendo menos efetivo do que a exemplificação proporcionada pelos trabalhos dos colegas).

dentos semelhantes ao que foi aqui relatado.

Comentário final. Apesar das dificuldades encontradas, os grupos de alunos conseguiram realizar de modo bastante satisfatório as atividades relacionadas às questões 15-17 e 17a. É preciso ressaltar no entanto que, para que isso ocorresse, foi fundamental o auxílio e suporte por parte dos professores. Mais especificamente, foi de grande importância que os professores estivessem antecipando algumas possíveis respostas através de ‘dicas’ fornecidas aos grupos, pois essas ‘dicas’ ajudaram os alunos a superar momentos de dificuldade e manter o interesse pela tarefa.

4.3 - Entrevistas Finais

Todos os alunos consultados afirmaram que o Mini-Curso foi ótimo, muito bom ou bom (tabela 2):

TABELA 2

A maior parte dos alunos (64%) afirmou não ter tido dificuldade para entender o conteúdo do Mini-Curso. Os demais alunos (36%) afirmaram que, embora tenham tido um pouco de dificuldade, conseguiram resolver satisfatoriamente as dúvidas e obstáculos encontrados, conforme as aulas foram sendo desenvolvidas e os professores foram dando explicações.

Como foi essa experiência de ter participado do Mini-Curso?
Dados da Entrevista Final:
Gostei muito, 5,6,9,12 (29%)
Ótimo, 4,11,16 (21%)
Muito legal, 1,14 (14%)
Muito bom, 3,4 (14%)
Experiência boa, 7,2 (14%)
Legal, 15 (7%)
Gostei, 13
Ótimo, adorei, 16
Experiência muito boa para nós, 3
Ótimo, muito bom, bom, 1,2,3,4,5,6,7,9,11,12,13,14,15,16 (100%)
Aprendi bastante, 1,2,11,12,13 (36%)
Aprendi / aprendi mais sobre a febre amarela, 1,2,7,15 (29%)
Não tinha nenhuma base, agora aprendi, 12 (7%)
Não me dava muito bem com ciências e biologia, agora aprendi mais, 13
Mini-Curso foi muito bem bolado, criativo, 9,12 (14%)
Tudo depende do professor, do tipo de aula, aprendi muito, 11 (7%)
Difícil a gente ter uma oportunidade assim, 9,15 (14%)
Nunca tinha participado de um Mini-Curso sobre ciências, biologia, 14 (7%)
A gente aprende melhor num Mini-Curso como este do que na escola, 4
Acho que vou até estudar mais as matérias de Ciências, 3
Número de alunos consultados: 14

O ENSINO DE CONTEÚDOS DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Além disso, todos os alunos consultados acharam que o Mini-Curso ajudou a entender melhor o que é ciência.

Quanto às questões do Guia de Estudos, muitos alunos (71%) as consideraram relativamente difíceis. Há porém indícios de que as dificuldades encontradas puderam ser equacionadas de modo satisfatório (tabela 3). Entre os fatores que favoreceram esse bom andamento das atividades foram mencionados o trabalho em grupo e as explicações por parte dos professores. Outro ponto importante a ser destacado é que vários alunos afirmaram explicitamente que as questões foram boas ou muito boas (36%), e que o esforço despendido na reflexão sobre os problemas propostos foi proveitoso ('questões são boas, tem que pensar').

TABELA 3

Você teve dificuldade para resolver as questões? Dados da Entrevista Final:
Um pouco de dificuldade, 1,3,4,5,6,7,11,12,15,16 (71%) Trabalho em grupo foi bom para conseguir responder as questões, 5,4,12 (21%) Trabalhar em grupo é bom para aprender, 4 (7%) Não entendia muito bem as questões no início, depois ia pensando e entendia, 6 Quando tinha dúvidas, chamava os professores e conseguia resolver, 13 As explicações ajudaram a fazer as questões, 11 Prestando atenção na explicação e dando uma lida nas questões, já dá para responder, 2
Questões foram boas, 2,3,11,14,15 (36%) Questões são boas, tem que pensar, usar a cabeça, 2,11,14 (14%) Foi bom que as questões eram difíceis, porque assim a gente fica pensando, 15 Durante o Mini-Curso a gente teve realmente que pensar, 11 Questões foram feitas para pensar mesmo, 2
Aluno não foi questionado sobre o assunto, 9
Número de alunos consultados: 14

Assim, de acordo com os depoimentos dos alunos, as dificuldades encontradas durante o Mini-Curso não constituíram obstáculos exagerados ou insuperáveis e, por outro lado, não foram fator de desinteresse ou desestímulo (ao contrário, a 'aventura' de estar enfrentando e vencendo desafios pode ter dado lugar a um sentimento de grande satisfação pessoal).

4.4 - Viabilidade do uso da História da Ciência no Ensino de Ciências

A análise da experiência pedagógica realizada fornece evidências que nos permitem argumentar em favor da viabilidade do uso da História da Ciência no Ensino de Ciências.

Como vimos, a programação desenvolvida no Mini-Curso parece ter sido percebida pela grande maioria dos alunos

- (a) como sendo interessante e estimulante;
- (b) como possuindo um grau de dificuldade adequado

(atividades não foram tão fáceis a ponto de não contribuir para o progresso dos alunos; não foram tão difíceis a ponto de desestimular o interesse e inviabilizar a compreensão dos assuntos tratados).

(c) como tendo contribuído para a aprendizagem.

Dados provenientes da análise dos trabalhos escritos também foram sugestivos da ocorrência de aprendizagem, já que, após o Mini-Curso, os alunos

(a) conseguem explicar melhor como é o trabalho de um cientista: diminui ligeiramente a incidência da resposta inespecífica de que o cientista simplesmente ‘faz pesquisas’; aumenta a referência à idéia de que cientista ‘faz experimentos’; alguns alunos percebem que o cientista ‘não pesquisa apenas em livros’ mas também em ‘pessoas e animais’; alguns alunos passam a afirmar que cientista trabalha com fatos e/ou hipóteses; diminui consideravelmente a incidência de respostas que colocam a curiosidade e a dedicação ao trabalho como atributos centrais para a caracterização do cientista.

(b) parecem manifestar uma visão mais realista ou crítica acerca dos interesses que movem o cientista: aumenta a referência a interesses pessoais do próprio cientista; ocorre pela primeira vez a referência a interesses econômicos.

(c) parecem manifestar uma visão mais realista ou crítica acerca das fontes de financiamento para a pesquisa científica: grande parte dos alunos passa a mencionar que o dinheiro para a pesquisa científica pode vir de empresas; cresce a incidência de respostas que afirmam existir uma relação entre financiamento e interesses da fonte financiadora (patrocinador/empresa); o cientista passa a ser visto como um indivíduo que exerce seu ofício profissionalmente e não por simples diletantismo.

Ao lado de tais progressos, houve também, conforme já mencionado, alguns casos em que as respostas dadas depois do Mini-Curso foram piores que as respostas dadas inicialmente. Isso pode ter ocorrido por influência simultânea de diversos fatores:

(a) deficiências da programação desenvolvida; o Mini-Curso deixou de enfatizar determinados aspectos que seriam importantes para que os alunos pudessem desenvolver concepções mais equilibradas acerca dos assuntos tratados;

(b) dificuldades relacionadas à enorme abrangência do tema (a ciência em ação); uma compreensão abrangente do processo de produção de conhecimentos na ciência e das relações entre ciência, tecnologia e sociedade exige a análise de exemplos ilustrativos de pesquisas realizadas em diferentes áreas da ciência, com diferentes objetivos, diferentes metodologias etc.;

(c) dificuldades inerentes ao próprio processo de ensino e aprendizagem; independentemente do tema abordado, são parte normal do processo de ensino e aprendizagem os problemas de comunicação entre os participantes do processo, as compreensões equivocadas etc.

Qualquer que seja o caso, porém, não nos parece que os problemas verificados sejam atípicos ou de gravidade tão excessiva que justifiquem argumentar em favor da inviabilidade do uso da História da Ciência no Ensino de Ciências.

Em resumo, os dados aqui apresentados não confirmam as hipóteses que haviam sido mencionadas no item 1, quais sejam:

- (a) o uso de relatos históricos é fator de desmotivação e não de estímulo;
- (b) os contextos específicos em que os cientistas do passado trabalhavam são de difícil compreensão para os alunos de hoje;
- (c) o uso de relatos históricos é fator de confusão e não de esclarecimento.

Referências bibliográficas

- BASTOS, F. *História da Ciência e Ensino de Biologia: a pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903)*. São Paulo, 1998. 212p. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- BIOLOGICAL SCIENCES CURRICULUM STUDY. *Convites ao raciocínio*. 2.ed. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, 1972. 194p.
- CASTRO, R. S. de. Dois exemplos do uso da história da ciência no curso de física de segundo grau: análise e reflexões. *Em Aberto*, v.11, n.55, p.74-80, 1992.
- JOHNSON, S. K., STEWART, J. Using philosophy of science in curriculum development: an example from high school genetics. *International Journal of Science Education*, v.12, p.297-307, 1990.
- LEDERMAN, N. G. Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, v.29, p.331-359, 1992.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? In: ESCOLA DE VERÃO FEUSP, 3, 1994, Serra Negra. *Caderno de Textos*. São Paulo: FEUSP, 1994. p.56-74.
- NIELSEN, H., THOMSEN, P.V. History and philosophy of science in physics education. *International Journal of Science Education*, v.12, p.308-16, 1990.

- RYAN, A. G., AINKENHEAD, G. S. Students' Preconceptions about the Epistemology of Science. *Science Education*, v.76, p.559-80, 1992.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta curricular para o ensino de biologia 2o. grau*. 2.ed. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, 1990a. 50p.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta curricular para o ensino de ciências e programas de saúde 1o. grau*. 3.ed. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, 1990b. 58p.
- SIEGEL, H. On the distortion of history of science in science education. *Science Education*, v.63, p.111-8, 1979.
- SOLOMON, J., DUVEEN, J., SCOT, L., McCARTHY, S. Teaching About the Nature of Science through History: Action Research in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, v.29, p.409-21, 1992.