

Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média

Viviane Briccia¹ e Anna Maria Pessoa de Carvalho²

¹Universidade Estadual de Santa Cruz, ²Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Brasil, E-mails: viviane@uesc.br, ampdcarv@usp.br

Resumo: O trabalho abaixo apresentado relata uma investigação a partir do uso de um texto de história da ciência em salas de aula de ensino médio de uma escola pública em São Paulo. Este texto relata as dúvidas de um cientista do século XVIII sobre a natureza do calor, uma vez que a teoria existente na época (calórico) não era suficiente para explicar como o calor poderia provir do atrito entre dois materiais metálicos. A atividade com o texto foi proposta através de uma discussão aberta e dialogada entre o professor e os alunos. A partir da filmagem das interações orais, da leitura do texto histórico e de textos escritos pelos estudantes, investigamos o aparecimento de três características epistemológicas do conhecimento científico que consideramos consensuais entre os filósofos da ciência. São elas: (A) A ciência vista com atividade humana; (B) O caráter provisório do conhecimento científico; (C) Visão histórica e problemática da ciência. Concluímos que o uso da história da ciência, aliado a uma perspectiva aberta e investigativa, ressalta elementos importantes sobre a natureza do conhecimento científico que geralmente são ignorados no ensino e que são essenciais para a construção de uma visão mais realista e menos dogmática deste conhecimento.

Palavras chave: ensino de física, visões de ciência, história da ciência, experiência didática.

Title: Views of science constructed from a high-school historical text.

Abstract: The study below reports an investigation from a history of science text used in high school classes of a public school in São Paulo. The referred text reports the concern of a scientist of the 18th century about the nature of heat, once the current theory at that time (caloric) could not satisfactorily explain how heat could be generated by friction between two metallic materials. The text activity was proposed by open discussion between the teacher and the students. From the filming of oral interactions, reading of the historical text and texts written by students, we investigated three epistemological characteristics of scientific knowledge that we believe have reached consensus among philosophers of science, as follows: (A) Science as a human activity; (B) The temporary character of scientific knowledge; (C) Historical view and the science issue. We have concluded that the use of history of science, combined with an open and investigative perspective, emphasizes important elements on the nature of scientific knowledge, usually ignored in teaching, that are essential in the construction of a more realistic and less dogmatic view of the referred knowledge.

Keywords: science education; views of science; history of science; didactic experience.

Introdução

A pesquisa aqui apresentada surgiu da ação de um grupo de professores de Física do ensino médio de escolas públicas da grande São Paulo que, por apresentarem dúvidas, anseios e reflexões que nasciam de suas práticas, iniciaram um projeto de ensino, em conjunto com a Universidade de São Paulo, no sentido de buscar novos elementos para o seu trabalho no cotidiano escolar.

Deste projeto surgiram vários problemas de pesquisa, resultando em alguns trabalhos de mestrado e doutorado, cursos de formação de professores, materiais didáticos, entre outras análises. No caso da pesquisa aqui apresentada, tínhamos o seguinte problema em questão: o que pensam os estudantes de Física, ou quais são suas visões sobre a ciência e sobre o trabalho científico, quando passam por cursos regulares de Ciências na escola média?

Muitos trabalhos (Lederman, 1992; Khalick e Lederman, 2000; Porlán e Rivero, 1998; Gil Pérez et al, 2001 e 2008, entre outros) demonstram que estudantes e até mesmo professores, independentemente do nível de atuação, possuem, em geral, concepções inadequadas sobre a ciência e sobre os cientistas.

Algumas destas visões são apresentadas em trabalhos como o de Gil Pérez et al. (2008), onde os autores também apontam que distorções sobre a ciência se encontram em diversos instrumentos de ensino, como em livros didáticos, textos, exercícios, questionários, entrevistas, entre outros.

Combater visões não adequadas e tentar fazer com que estudantes e até mesmo professores possuam uma visão mais ampla do conhecimento científico faz parte também de um processo de alfabetização científica, no sentido de criar uma maior compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática (Sasseron e Carvalho, 2008), assim como também das relações CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente: Yore et al., 2003; Gil Pérez et al., 2008).

Neste sentido, esta pesquisa envolveu a utilização de um texto histórico, com a intenção de se trabalhar alguns aspectos da natureza do conhecimento científico e com o objetivo principal de criar visões mais adequadas sobre a natureza da ciência. Utilizamos, como elemento de pesquisa, 3 elementos distintos: o texto em questão, as discussões que foram realizadas a partir da leitura, e também as respostas dadas às questões pelo texto e que surgiram em sala de aula.

Buscamos nestes elementos caracterizar quais as visões sobre a natureza do conhecimento científico que eram explicitadas na sala de aula, e, assim, observamos que tipo de visões podem ser construídas a partir o uso de um texto histórico em sala de aula.

Caracterização do grupo e local

O grupo de professores envolvido nesta pesquisa é composto por seis docentes atuantes em uma escola pública que, insatisfeitos com os resultados alcançados com os seus estudantes, passaram a se reunir desde 1997, na Universidade de São Paulo (USP), sob orientação e apoio pedagógico da equipe do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LaPEF) e apoio financeiro da Fundação de Fomento à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Estes encontros se tornaram importantes para a realização de estudos, troca de ideias, elaboração de material didático, desenvolvimento de experimentos, busca de textos, entre outros elementos e estratégias. Tais elementos eram sempre escolhidos com a intenção de que os alunos obtivessem melhores resultados em relação à aprendizagem do conteúdo de termodinâmica e ao que estava relacionado a esta área, como, por exemplo, a própria natureza da ciência. Foram desenvolvidas as seguintes atividades: laboratório aberto, textos históricos, experiências de demonstração investigativa, questões e problemas abertos, vídeos e softwares educativos.

Em algumas estratégias de ensino, os professores também valorizaram o trabalho em grupo e métodos de trabalho, tais como experimentação, observação, relatos, levantamentos de hipóteses, entre outros. Apoiavam-se em um ensino por investigação, no qual sempre uma situação problemática inicial era apresentada e, a partir de então, iniciava-se uma atividade em sala.

Visões de ciência e senso comum

A preocupação destes professores com as visões que os alunos constroem a respeito do trabalho científico deriva de observações realizadas em aulas e é um problema relevante, muito apontado na literatura atual sobre educação em ciências. Diversas pesquisas têm indicado que tanto estudantes como professores, em geral, possuem concepções inadequadas sobre o trabalho científico (Khalick e Lederman, 2000; Porlán e Rivero, 1998; Harres, 1999; Gil Pérez et al., 2001 e 2008; Praia et al., 2007; entre outros). O ensino de ciências de maneira mecânica, tradicional, segundo a qual o aluno é levado a decorar fórmulas, descrições, enunciados e leis, leva os estudantes a construir visões inadequadas sobre o conhecimento científico ou sobre o que é a ciência (Gil Pérez et al., op. cit.)

De maneira geral, desconsideram-se na escola as relações CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, os conhecimentos científicos atuais, as relações entre conhecimentos, entre outros aspectos que trazem vida ao conhecimento científico. Um exemplo disto é o tema energia: muitos professores, assim como também muitos livros didáticos, esquecem-se de realizar uma análise dos problemas relacionados a este tema na atualidade, não contextualizando a crise energética atual, relações políticas, econômicas e sociais relacionadas a este fator, perspectivas de novas fontes de energia, a situação de emergência planetária na qual nos encontramos (Gil Pérez et. al., 2005; Cachapuz et al., 2005; Doménech et al. 2003),

entre outros aspectos, realizando apenas cálculos de energia cinética e potencial.

Não que este conhecimento não seja importante, mas ele aparece muitas vezes neutro, longe de seu contexto e de análises mais profundas.

Já em 1938, Bachelard, em sua obra *La formation de l'esprit scientifique*, (Cf. Bachelard, 1996 – tradução para o português), abordava como o livro didático não dialoga com o estudante e também como ele está desvinculado da ciência cotidiana. Segundo o autor:

“Os livros de física, que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, graças à estranha persistência do programa dos exames universitários, chega a passar como natural; mas não é; já não é natural. Já não é a ciência da rua e do campo... peguem um livro científico do século XVIII e vejam como ele está inserido na vida cotidiana. O autor dialoga com o leitor como um conferencista. Adota o interesse e as preocupações naturais... Peguem um livro de ensino científico moderno: apresenta a ciência como ligada a uma teoria geral. Seu caráter orgânico é tão evidente que será difícil pular algum capítulo. Passadas as primeiras páginas, já não resta lugar para o senso comum; nem se ouvem perguntas do leitor.... O livro comanda.”

Em trabalhos apresentados em 2001, 2007 e 2008, Gil Pérez e outros autores apresentam uma análise das concepções que podem ser transmitidas ou construídas pelos estudantes sobre o trabalho científico, de maneira explícita ou implícita, através do ensino de ciências. Dentre elas, destacamos as seguintes:

Visão empirista e atórica: esquece o papel essencial das hipóteses e da construção de um corpo coerente de conhecimentos (teoria).

Visão rígida: apresenta o método científico como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente, ressaltando, por outro lado, um tratamento quantitativo, de controle rigoroso, etc.

Visão aproblemática e ahistórica: transmite conhecimentos já elaborados, sem mostrar quais foram os problemas que geraram sua construção, sua evolução, suas dificuldades, etc, e ainda menos as limitações dos conhecimentos atuais ou as perspectivas abertas.

Visão acumulativa, linear: os conhecimentos aparecem como fruto de um crescimento linear, ignorando-se as crises, as remodelações profundas.

Visão de sentido comum: os conhecimentos se apresentam como claros, óbvios, de senso comum. Contribui-se implicitamente com esta visão ao se apresentar a passagem de concepções alternativas para concepções científicas como simples mudança de ideia, esquecendo-se as mudanças metodológicas que exige esta transformação.

Visão descontextualizada, socialmente neutra: esquece as complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Estas visões também ficam evidentes na forma como a ciência e os próprios cientistas são apresentados na mídia, em filmes, onde frequentemente nos deparamos com a imagem de um professor de ciências

aloprado ou a de um cientista maluco, ambos completamente afastados do meio social.

Porém, é importante pensarmos se estas imagens não ajudam a gerar a pouca procura por cursos de Ciências no ensino superior. Para Gil Pérez et al., 2008, estas distorções sobre a natureza da ciência são responsáveis, em grande proporção, pela rejeição de muitos estudantes e cidadãos a esta área de conhecimento, fazendo com que muitos não se sintam capazes ou interessados o suficiente para trabalharem em um modelo como este.

Além dos conhecimentos científicos que são tratados em livros e nos espaços escolares, devemos também estar atentos para que nossos estudantes construam conhecimentos adequados sobre a ciência, o que deve envolver um rompimento de concepções de senso comum como as citadas anteriormente.

Khalick e Lederman (2000) expõem que ensinar sobre a ciência faz parte de um processo de *alfabetização científica* e que tal processo é tão importante quanto o ensino de conceitos científicos. Para tanto, o professor deve levar em consideração quais são as concepções dos estudantes a respeito do conhecimento científico no início do planejamento de qualquer atividade de ensino de ciências.

Sendo assim, o início do processo de alfabetização científica estaria na formação inicial e continuada de professores, uma vez que estes são multiplicadores do conhecimento. Sabemos também que um pressuposto básico para o ensino é conhecer o conteúdo, inclusive o epistemológico, pois os professores não podem ensinar aquilo que não sabem (Carvalho e Gil Pérez, 1995 e 2001), além de não poderem transmitir suas concepções sobre a ciência em suas falas.

Os próprios artigos analisados e citados anteriormente nos mostram que concepções inadequadas são criadas pela forma como a ciência é trabalhada em sala de aula. Porém, como se dá esta relação no ensino?

A ciência e o ensino

Não é nossa intenção, e cremos que nem mesmo intenção do ensino de ciências, fazer com que estudantes estudem profundamente filosofia da ciência em cursos de formação básica. No entanto, alguns aspectos sobre o conhecimento científico podem ser enfatizados no sentido de se obter uma melhor compreensão da ciência, assim como de sua relação com a tecnologia, a sociedade e o ambiente, e também para a obtenção de imagens mais reais sobre o cientista, a fim de desmistificar algumas visões como as citadas anteriormente.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998 - Documento utilizado como referência para a educação em nosso país) para o ensino das ciências, especificamente em relação ao ensino de física, nos dizem que deve haver neste nível de ensino a contextualização histórica e social das ciências, assim como outros aspectos. Dentre as competências a serem desenvolvidas relacionadas a este aspecto, estão: compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época; compreender o desenvolvimento histórico dos modelos

físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas.

No entanto, quando nos referimos a uma construção de aspectos mais realistas sobre a natureza do conhecimento científico, englobando o caráter descrito acima, é necessário primeiramente que possamos argumentar como se dão as relações históricas e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Para observar como e se aconteciam estas relações em sala de aula, esta pesquisa se propôs a observar a sala de um dos professores do grupo citado anteriormente, as ações e as relações construídas a partir de um texto histórico. O uso deste texto já estava baseado em um objetivo inicial, e pressupunha-se que o ensino da história da ciência ajudava no sentido de se trabalhar características mais adequadas sobre o conhecimento científico.

Porém, frente a tantos debates, controvérsias e divergências entre filósofos e autores sobre a natureza da ciência, buscamos alguns aspectos que acreditamos que foram trabalhados em sala de aula pelo professor e que aparecem como consenso entre diversos autores. Pressupomos que não há um consenso geral sobre o que é ciência ou ainda "não há uma formulação 'fechada' para um conceito de ciência" (Borges, 1996; e Chalmers, 1993).

A busca por elementos de consenso nos levou às seguintes características, as quais consideramos essenciais para a atividade científica:

Não há um método científico fechado, o que vai contra um visão rígida da ciência (Gil Pérez et al. 2001 e 2008 Praia et al., 2007), onde se apresenta no ensino, o "Método Científico" como um conjunto de etapas a se seguir mecanicamente.

A construção do conhecimento científico é guiada por pressupostos que influenciam na observação e na interpretação de certo fenômeno (Borges, 1996; Gil Pérez et al., 2001; Toulmin, 1977), o que vai contra a visão puramente empírico-indutivista e atórica da ciência, onde a observação e a interpretação não são influenciadas por ideias apriorísticas (Gil Pérez, 1993).

O conhecimento científico é aberto, sujeito a mudanças e reformulações, pois assim foi constatado na história da ciência; portanto, a ciência é um produto histórico. Deste modo, a maneira de se transmitir conhecimentos já formulados sem que haja a preocupação de mostrar quais foram os problemas que geraram sua construção, sua evolução e as dificuldades enfrentadas para se formular estes conhecimentos (Gil Pérez et al., 1993 e 2008; Kuhn, 2000) é uma forma de se criar uma concepção contrária à proposta de se obter uma visão aberta da ciência.

Um dos objetivos da ciência é criar interações e relações entre teorias, uma vez que o conhecimento não é construído pontualmente, o que descaracteriza a visão analítica da ciência, que fora muito difundida entre professores e estudantes e que ressalta a necessária parcialização dos estudos, mas se esquece dos esforços posteriores de unificação ou de

construção de um corpo de conhecimentos que seja coerente (Gil Pérez et al., 1993 e 2008).

O desenvolvimento da ciência está relacionado aos aspectos sociais e políticos; por isso, muitas vezes, as opções feitas pelos cientistas refletem seus interesses pessoais. Portanto, a ciência é humana, viva, uma construção realizada pelo homem, o qual interpreta o mundo a partir de seu olhar. Desta forma, é necessário que ela seja caracterizada como tal, interpretada a partir de pontos de vista distintos, de acordo com os interesses de quem a enfoca.

Uma alternativa: A história e o ensino

O uso da história da ciência pelo grupo de professores citado inicialmente apareceu como uma alternativa na formação de uma visão mais adequada deste conhecimento, uma vez que trabalha elementos de epistemologia da ciência em sala de aula, de maneira direta ou indireta, fugindo de um reducionismo conceitual. Para Khalick e Lederman (2000):

Os programas devem continuar com tentativas (de melhorar as concepções dos estudantes). Elementos de História e Filosofia da Ciência e/ou instrução direta sobre a natureza da ciência são mais efetivos em alcançar este fim do que os que utilizam processos fechados ou não reflexivos de atividade.

A história da ciência pode representar uma forma de apresentarmos aos estudantes uma ciência dinâmica e viva, discutindo-se a construção de um determinado conhecimento desde sua gênese até sua concepção atual, sem esquecer que este mesmo conhecimento pode estar sujeito a alterações futuras, concordando assim com a ideia de construção (Moreira e Ostermann, 1993).

Para Castro e Carvalho (1992), a história da ciência:

Talvez seja um dos caminhos mais eficazes para a desmistificação da Ciência quanto "assunto vedado aos não iniciados" para a ruptura com uma metodologia própria ao senso comum e às concepções espontâneas e, para, finalmente, estabelecer uma ponte para as primeiras modificações conceituais.

Segundo Solbes e Traver (2001), a história da ciência pode: apresentar uma imagem menos tópica da ciência e dos cientistas; gerar mais interesse pelo estudo da ciência; melhorar o clima e a participação no processo de ensino-aprendizagem.

A proposta de ensino

O grupo de professores possuía, portanto, uma intencionalidade ao usar a história da ciência como alternativa para o seu projeto de ensino e também para a proposta de ensino por investigação adotada.

Conforme explicitado pelo grupo em publicação realizada pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo:

Tínhamos a intenção de demonstrar que a física, assim como todas as Ciências, desenvolveu-se relacionada às diferentes épocas e situações

socioculturais e de que forma se deram as construções do conhecimento (Carvalho et al., 1999).

Para que tais atividades fossem inseridas não apenas no sentido de leitura, mas de reflexões e diálogos, no planejamento das aulas procurou-se aproximá-las de atividades de investigação. Então, a partir de um trabalho de diálogo entre o texto e os estudantes, estabeleciam-se discussões, argumentações sobre o texto, no qual está presente também o professor, no papel de mediador.

Para tanto, as aulas se davam inicialmente com a colocação de situações problemáticas abertas e do favorecimento da reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas (características de um trabalho por investigação).

Os professores sabiam claramente, ao planejar seu ensino, os objetivos que pretendiam alcançar, fossem eles relacionados ao conteúdo inserido pela história ou mesmo à contribuição da história e filosofia da ciência para tal ensino.

Métodos de análise

Para avaliarmos quais foram os resultados trazidos pelo uso dos textos históricos em sala de aula, escolhemos um dos professores do grupo e acompanhamos uma série de aulas do mesmo, através de filmagens em áudio e vídeo, em uma escola pública na periferia da cidade de São Paulo. A escolha do professor se deu por adequação ao planejamento do mesmo, ou seja, pelo momento em que o professor estava tratando do assunto de nosso interesse, pois o mesmo trabalhava termodinâmica em sequência diferente dos demais. Após análise e reflexão de todas as aulas que foram filmadas, e também por sugestão de pesquisadores da área, optamos por analisar com maior ênfase as visões de ciências de estudantes em apenas uma das aulas. Nesta aula o professor utilizou um texto original de história da ciência do livro "Source book on physics" (Maggie, 1935 - p. 151-152 e 160-161).

Ele descreve a experiência de Rumford (ver o texto, em anexo) com a perfuração de canhões ao trabalhar em uma oficina de arsenal militar em Munique. Ao perfurar canhões, Rumford passou a perceber que tal ato gerava calor. No entanto, o modelo existente para a explicação do calor na época (calórico, calor como substância) não era suficiente para explicar tal acontecimento. Isto fez com que Rumford passasse a ter dúvidas a respeito da natureza do calor, mudando diversas vezes a forma de conduzir o experimento, a fim de testar suas hipóteses sobre tal conhecimento. O próprio cientista apresenta questões como: "De onde vem o calor produzido na operação mencionada?"; "O que é calor, há alguma coisa sobre um fluído ígneo?".

Com o uso deste texto, é possível destacar alguns aspectos essenciais sobre a natureza da ciência, tais como a relação do trabalho do cientista com o momento histórico e social que estava sendo vivenciado naquela época; o papel das dúvidas, do levantamento de hipóteses e também do inesperado na construção do conhecimento; o caráter humano da ciência, pois mostra os interesses pessoais do cientista ao lidar com o conceito de

calor; o caráter provisório e histórico existente na construção do conhecimento científico, uma vez que o conhecimento anteriormente aceito já não se apresenta como suficiente para a explicação de novas teorias.

Antes de trabalhar com o texto, porém, o professor realizou um experimento investigativo com a condução de metais, questionando os alunos a respeito de como a parafina colocada sobre um fio metálico grosso iria derreter e por quê. A partir de então, os estudantes levantaram hipóteses, o professor realizou o experimento e todos viram que o derretimento se dava por partes, e não todo de uma vez.

O texto foi apresentado após tal demonstração e introduzido com a seguinte questão: Como podemos explicar a propagação de calor que observamos na experiência de demonstração?

A partir deste questionamento, se deu a leitura do texto em grupos de 4 ou 5 estudantes. Para os professores, o fato de se iniciar as aulas com uma situação-problema tinha como pressuposto o pensamento de Bachelard: "Todo conhecimento é resposta a uma questão" (1996).

A partir da filmagem desta aula, usamos três tipos de dados para a análise: (1) o texto original de Rumford e os aspectos explicitados no mesmo; (2) a filmagem de um grupo de estudantes e, em alguns momentos, a filmagem da interação de toda a sala com o professor, do qual selecionamos momentos da aula ou episódios de ensino (Carvalho, 2996) para análise; e (3) os relatos escritos pelos estudantes sobre questões apresentadas após a leitura do texto.

O que nos diz a sala de aula

Selecionamos para nossa análise alguns episódios de ensino a partir da gravação em áudio e vídeo da aula citada anteriormente. Esta aula e todas da sequência observada foram realizadas em uma classe do segundo ano do ensino médio. Esta sala de aula possuía um total de 41 alunos; porém, destes estudantes, 09 dos que constavam na lista de alunos eram evadidos, e no que tange aos 32 que frequentavam as aulas, havia uma flutuação muito grande em relação à frequência: muitos alunos que participavam de uma das aulas não compareciam às demais. Como era um curso diurno, os estudantes estavam próximos da idade regular para esta série do ensino médio (entre 15 e 17 anos).

Para tanto, analisamos três categorias que consideramos essenciais para a atividade científica e que aparecem nos episódios, no texto e nos relatos escritos dos estudantes:

A ciência vista como atividade humana, ressaltando quais seus interesses, aspectos sociais e relações com ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (Flores, 2000; Brasil-PCN, 1998; Moreira e Ostermann, 1993; Borges, 1996; Carvalho et al., 1999; Cachapuz et al., 2005; Gil Pérez et al., 2005, 2008).

O caráter provisório do conhecimento científico, reconhecendo a existência de crises importantes e remodelações profundas na evolução histórica dos conhecimentos, as limitações dos conhecimentos atuais e as

perspectivas abertas. (Chalmers, 1993; Borges, 1996; Flores, 2000; Gil Pérez et al., 2005, 2008; Brasil-PCN, 1998; Kuhn, 2000).

Visão histórica e problemática da ciência e da construção do conhecimento, colocando quais os problemas que geraram tais construções, as dificuldades, contextualizando-os historicamente (Gil Pérez, 1993, 2001, 2008) apresentando melhor os aspectos da história da ciência, antes completamente ignorados, mostrando assim uma imagem mais completa e adequada da ciência (Solbes e Traver, 2001).

A ciência como atividade humana

No texto histórico que foi utilizado em sala, Rumford, o cientista em questão, apresenta alguns de seus interesses ao trabalhar com a perfuração de canhões e o que o levou a investigar o conceito de calor. Rumford expõe no texto que sua curiosidade e suas dúvidas sobre tal conceito se deram a partir de observações realizadas quando encarregado da perfuração de canhões (ver texto em anexo).

Após a leitura completa do texto por todos os estudantes, alguns aspectos foram ressaltados em sala de aula, inicialmente na fala do professor, em relação ao trabalho de Rumford. O professor então questiona os estudantes, através das seguintes falas:

Turnos	Falas transcritas
8 a 10	Professor: "Pessoal, o que é que o Rumford fazia? Trabalhava onde?" (seguido por falas incompreensíveis)
11	Aluno 3 (A3): Perfuração de Canhões

Tabela 1.- Transcrição da interação em sala, entre os turnos 8 e 11.

A partir desse momento, o professor (P) estabelece questões em que relaciona o trabalho de Rumford a suas observações.

Turnos	Falas transcritas
12	Prof.: E aí, o que foi que ele viu? O que ele achou curioso nesse trabalho?
13	Aluno 2: Que o trabalho da produção de calor...
14	Prof.: Como é que é?
15	Aluno 2: Que com altas temperaturas era possível tirar lascas do canhão...
16	Prof.: Fala aí, o que foi que ele viu? O que foi que ele viu?
17	Aluno3: Ele ficou impressionado que uma peça assim de metal adquire mais calor do que...
18	Prof.: O que foi que ele viu? A6, você é o próximo...
19	Aluno 6: O que professor?
20	Prof.: Qual foi a observação do Rumford em seu trabalho?
21	Aluno 4: Que o metal se aquecia... É... É que a temperatura aumentava [gesticulando]...

Tabela 2.- Transcrição da interação em sala, entre os turnos 12 e 21.

Nos diálogos apresentados anteriormente, os estudantes explicitam alguns dos interesses que se encontram por trás do conhecimento científico, relacionando-o ao trabalho do próprio cientista: a perfuração de canhões; a partir deste, dúvidas e questionamentos se surgiram.

No turno 11, o aluno reconhece que o trabalho de Rumford estava ligado à perfuração de canhões, ressaltando, após a pergunta do professor, tal ocupação. Já nos turnos 15, 17 e 21, os alunos reconhecem que as questões levantadas por Rumford a respeito da natureza do calor nasceram de observações surgidas em seu trabalho, o que acreditamos que evidencia a apresentação de uma ciência com características humanas, onde se destacam os interesses pessoais do próprio cientista (Matthews, 1994).

O texto também leva os estudantes a estabelecerem relações com o momento social e histórico que está sendo vivenciado, apresentando que tais dúvidas surgiram através de observações feitas durante o desenvolvimento de canhões para guerras. Ressalta-se, assim, algumas relações CTS, ou seja, o conhecimento científico surgindo das necessidades do momento histórico e social em questão, ressaltando que não se trata de um conhecimento neutro, descontextualizado, o que nos remete novamente à própria atividade de ocupação de Rumford, da qual surgiram os problemas que o levaram a pensar sobre o conhecimento científico.

Tais falas (turnos 15, 17 e 21) também ressaltam o papel do inesperado, da dúvida e da criatividade (Gil Pérez, 1993 e 2001; 2005), fugindo assim de uma ciência baseada em um método rígido ou em um conjunto de etapas baseadas em um controle quantitativo rigoroso. Apresentar este lado mais humano da ciência é uma forma de se combater uma visão elitista, inacessível ou ainda de senso comum, baseada em uma imagem individualista do cientista, em que o mesmo aparece como um gênio isolado cujo único interesse é a ciência (Gil Pérez, 2001, Matthews, 1994).

Temos ainda algumas evidências desse reconhecimento da ciência em seu aspecto humano nos textos escritos produzidos pelos estudantes. Após a leitura e a discussão sobre o texto, os estudantes responderam à seguinte questão: Como o trabalho com os canhões auxiliou Rumford a discordar do modelo do calórico? Observaram-se algumas respostas interessantes, das quais destacamos as seguintes:

“Com a perfuração dos canhões Rumford começou a observar o calor que estava contido nas lascas de metal que saía na perfuração e formulou uma tese de que aquele processo não poderia ser um calórico, porque o modelo calórico é uma substância quente que passa para mais fria ao metal utilizado ambos eram frios.” (grupo 1)

“Vendo a furadeira perfurando o canhão surgiu a dúvida: de onde vinha o calor produzido, assim ele começou a duvidar da teoria do calórico. Já que tanto o canhão como a broca estavam a temperatura ambiente” (grupo 2)

Nestes trechos escritos pelos estudantes, estão apresentadas as dúvidas levantadas por Rumford a partir de seu trabalho cotidiano, como mostram os trechos sublinhados acima.

Tais colocações evidenciam novamente o que queremos ressaltar nesta primeira categoria de análise, ou seja, o aspecto humano do conhecimento científico, ressaltando as dúvidas e também a tese (neste caso, hipótese) levantada pelo cientista.

É importante ressaltar que neste momento não estamos julgando se os estudantes utilizam palavras ou conceitos de maneira correta, pois estão apenas iniciando os estudos sobre calor e a teoria cinético-molecular.

Sobre o caráter provisório do conhecimento científico

O texto de Rumford apresenta, acima de tudo, um questionamento sobre o modelo de calor que existe em sua época. O próprio título do texto é: "Calor: Substância?", o que nos remete à procura por respostas a este questionamento, apresentando assim o caráter provisório do conhecimento científico. Rumford expõe em muitos trechos do texto suas dúvidas sobre a natureza do calor, explicitando que o modelo de calor apresentado como substância não é mais suficiente para explicar as observações por ele realizadas com a perfuração de canhões.

Rumford ainda expõe uma nova ideia sobre o calor, que posteriormente será base para a teoria cinético-molecular: para o autor, calor deve ser uma espécie de movimento. Em suas falas, estudantes também reconhecem a crise apresentada pelo cientista. As dúvidas do cientista vão contra a visões de senso comum, como uma visão linear ou acumulativa da ciência.

O episódio descrito a seguir ocorre após a leitura do texto por toda a classe, quando o professor chama a atenção dos alunos, propondo uma discussão geral, antes de sugerir que os alunos discutam em grupos. As falas registradas são do grupo que estávamos filmando; pois, pela distância do microfone, as de outros estudantes não foram claramente gravadas.

Turnos	Transcrições das falas
40	Prof.: As lascas que saiam da perfuração do metal, saiam aquecidas, e aí ele começa a questionar a ideia que ele tem de calor, se na época, o que se pensava sobre calor está correto ou não. Então: Quais dúvidas... quais as questões que ele levanta?
41	A3: De onde vem o calor.... [pausa] ... produzido na operação [gesticulando com as mãos]
42	Aluno 1: É que o calor, de onde o calor é gerado e.....
43	Aluno 3: É porque ele queria saber de onde vinha....
44	Aluno 2: Sua ideia é... se existe....
45	Aluno 1:...E se existe algo que possa ser chamado de calórico, que possa ser, que pudesse ser chamado...
46	Prof.: Muito bem, com as respostas que já deram, já é suficiente para pensar e para responder as questões.

Tabela 3.- Transcrição da interação em sala, entre os turnos 40 e 46.

Neste momento, após a discussão geral com o professor, os alunos se reúnem nos grupos para trabalhar sobre as questões propostas. A primeira, sobre a dúvida de Rumford sobre a natureza do calor, onde surge o diálogo:

Turnos	Transcrições das falas
53	Aluno 1: A dúvida que ele tinha era saber se o calor poderia ser gerado...
	(Algumas discussões no grupo sobre como se escreve a palavra gerado)
60	Aluno 1: É... Pode o calor ser gerado por...
61	Aluno 3 [interrompe o Aluno 1]: O calor é uma substância? Coloca aí.
62	Aluno 3: E o que é o calor? Já é o que é o calor, ele queria saber o que é o calor.
63	Aluno 1: Ele pensava que o calor era uma substância, ele queria saber o que é o calor, porque ele descobriu que o calor não é uma substância.
64 e 65	Aluno 3: Coloca aí, o calor é uma substância? É uma substância?
66	Aluno 2: O calor é uma substância?

Tabela 4.- Transcrição da interação em sala, entre os turnos 48 e 66.

O aluno 1 afirma que a opção de Rumford, até então aceita, já não é mais suficiente para explicar suas observações, deixando ainda claro em sua fala que o cientista rompe com a ideia de calor como substância. Apesar de o termo "descobrir" não ser completamente adequado, pois não se trata de uma descoberta neutra, a ideia de rompimento, de insatisfação e provisoriamente com o conhecimento é bem clara.

Aluno 1: "Ele pensava" que o calor era uma substância, ele queria saber o que é o calor, porque ele descobriu que o calor não é uma substância.

Mais adiante, no turno 79, após alguns outros acontecimentos na discussão, o mesmo aluno ainda expõe motivos para discordar do modelo do calórico. Enfatizando a ideia de ruptura:

Turno	Transcrição da fala
79	Aluno 1: As dúvidas que ele teve e a dúvida de como o trabalho dele mostra, leva ele a discordar... é que se o calor é uma substância, porque ele pode ser gerado por corpos frios, através do atrito. E não precisa de um material quente para existir...

Tabela 5.- Transcrição da fala do aluno no turno 79.

Há evidências de que os alunos reconhecem a ruptura de um modelo anteriormente aceito e a consequente passagem para um novo modelo, destacando que os conhecimentos da ciência são vivos, abertos, sujeitos a mudanças e reformulações. Tenta-se combater, portanto, a ideia de que o conhecimento científico seja fruto de um conhecimento linear, puramente acumulativo.

Os estudantes evidenciam que reconhecem este caráter provisório nos textos escritos elaborados em grupo:

Rumford tinha o conceito de que o corpo com maior temperatura transmitia sua temperatura para um corpo de menor temperatura, só que ele observando a perfuração do canhão veio a dúvida: De onde

vinha o calor, já que os dois corpos tinham a mesma temperatura. A segunda dúvida principal: o que é o calor? (grupo 2)

A sua dúvida sobre o calor era, como em pouco tempo o metal produzia tanto calor, mesmo ele sendo perfurado. E de onde vem esse calor. Foi ele fornecido por pequenas partículas do metal, arrancadas da massa sólida que foi atritada? (grupo 1)

No grupo 2, destaca-se que Rumford “tinha” o conceito, demonstrando a ideia de substituição do mesmo, o que será ressaltado pelo professor em aulas posteriores. Já o grupo 1, ao destacar suas dúvidas, apresenta também algumas evidências deste caráter provisório, pois demonstra que o conhecimento aceito naquele momento não é pronto, ou fechado, mas que está em questionamento.

Visão histórica e problemática da ciência

Nossa terceira categoria de análise sobre o aspecto histórico e problemático do conhecimento científico também é apresentada por Rumford em sua escrita. A própria contextualização do cientista (descrevendo que sua observação foi dada a partir da perfuração de canhões) também se refere a uma contextualização histórica e do momento social vivenciado por ele, estabelecendo ainda relações CTS. No texto, Rumford apresenta algumas evidências que o levaram a discordar do modelo do calórico, também enfatizando a construção histórica do conhecimento e ressaltando suas dúvidas e o papel da investigação (ver texto em anexo).

A partir novamente da leitura, os diálogos travados pelos estudantes demonstram o reconhecimento do lado histórico do conhecimento científico. O diálogo é aberto pelo professor:

Turnos	Transcrições das falas
24	Professor: Qual era a ideia de calor que o Rumford tinha?
25	Aluno 3: Ideia?
26	Prof.: Como ele imaginava que era o calor?
27	Aluno 1: Alguma coisa quente...
28	Aluno 3: Isso é lógico.
29	Aluno 1: Alguma coisa que já era quente, não podia transformar o calor, não existia o “fazer calor”, já tinha que estar ali, calor era algo que já existia, que já era quente.
30	Prof.: [concordando com a cabeça]... Só conhecia o calor que pudesse ser aí, transmitido de algo, de um corpo já aquecido para outro frio. Imaginava-se em sua época o calor como uma substância. Algo que está [ênfaticamente] num corpo de maior temperatura e que quando em contato com um corpo de menor temperatura, passava de um corpo quente para outro frio. E aí, o espanto dele ao furar canhões. Quando ele vai furar canhões, o bloco do canhão está frio, a broca está fria... Já usaram furadeira?

Tabela 6.- Transcrição da interação em sala, entre os turnos 24 e 30.

Após este momento, o professor passa a explicar o funcionamento de uma furadeira, relacionando-o com o experimento de Rumford descrito no texto.

Turnos	Transcrições das falas
39	Prof.: Os que já furaram, já perceberam que na furadeira, mesmo para furar a parede sai um pozinho, no caso da madeira pode sair lascas, no caso do aço, saem lascas...
40	Prof.:.... quais as questões que ele levanta?
41	Aluno 3: De onde vem o calor... produzido na operação?
42	Aluno 2: É o que é o calor, de onde o calor é gerado e....
43	Aluno 3: É... é porque ele queria saber de onde vinha....
44	Aluno 2: Sua ideia é... se existe....
45	Aluno 1: ... e se existe algo que possa ser chamado de calórico, que possa ser, que pudesse ser chamado...

Tabela 7.- Transcrição da interação em sala, entre os turnos 39 e 45.

Quando os alunos apresentam dúvidas e problemas sobre o conhecimento existente, demonstram reconhecer a ciência como uma construção sistemática de conhecimentos elaborada ao longo da história por meio dos problemas que geraram a construção destes conhecimentos, o que rompe com uma visão aproblemática e ahistórica do conhecimento científico, para a qual os conhecimentos seriam já construídos e o homem apenas os descobre. Este aspecto pode ser destacado no turno 45, quando o aluno expõe claramente o problema de Rumford em relação à existência ou não do que era chamado de calórico na época.

Após algum tempo, os alunos continuam discutindo sobre esta questão; assim, aparece um novo episódio de discussão interna no grupo que ressalta os aspectos de nosso interesse:

Turnos	Transcrições das falas
81	Aluno 1: O professor falou do que ele fez, qual foi a experiência dele...que ele fez no trabalho...
82	Aluno 3: O quê que ele usou pra fazer?
83	Aluno 1: É, aquilo que eu falei agora, que ele... como ele trabalhava com canhão, tal... a fricção... ele tava fora, ele pensava que... ele viu que os dois material tava frio, o canhão tava frio, a broca tava fria, então ele falou, vou por embaixo d'água, porque pode ser o ar que está esquentando, e ele colocou em baixo d'água, daí ele fez embaixo d'água, entendeu?
84	Aluno 1: Como é que ele chegou a essa conclusão de que é o atrito...
85	Aluno 1: É, ele fez a experiência dos dois corpos com o atrito embaixo d'água, ele atritou o metal e viu que nem o metal e nem a água estavam quentes.... então... o calor não vinha do ar, nem do metal....
86	Aluno 3: Se vinha do ar ou do metal?
87	Aluno 1: É, ele queria saber se vinha do ar ou do metal, daí ele colocou em baixo da água.

Tabela 8.- Transcrição da interação em sala, entre os turnos 81 e 87.

No turno 83, é destacado pelo aluno o problema que levou Rumford a questionar o modelo do calórico; no turno seguinte, são mencionadas variações que o cientista utilizou para tentar resolver seu problema, com a intenção de testar o conhecimento em voga na época.

A teoria cinético-molecular, apresentada em sala pelo professor, conforme a proposta do grupo, não é, por conseguinte, transmitida de maneira fechada, já elaborada, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi sua evolução, as dificuldades encontradas, o que caracterizaria uma visão não histórica e aproblemática do conhecimento (Gil Pérez et al., 2001), e vemos nas falas descritas que os estudantes ressaltam tais aspectos.

Também nos trabalhos escritos aparecem evidências do caráter problemático e de construção histórica do conhecimento científico:

A sua dúvida sobre o calor era, como em pouco tempo o metal produzia tanto calor, mesmo ele sendo perfurado. E de onde vem esse calor. Foi ele fornecido por pequenas partículas do metal, arrancadas da massa sólida que foi atritada.(grupo 1)

Rumford tinha o conceito de que o corpo com maior temperatura transmitia sua temperatura para um corpo de menor temperatura, só que ele observando a perfuração do canhão veio a dúvida: De onde vinha o calor, já que os dois corpos tinham a mesma temperatura. A Segunda dúvida principal: o que é o calor? (grupo 2)

O que fazia com que uma peça metálica adquirisse calor em pequeno tempo sendo perfurada. De onde vinha este calor? O que é calor? Há alguma coisa como um fluído ígneo? Foi ele fornecido pelo ar? Foi ele fornecido pela água que envolve o maquinário? A dúvida dele era como existia o calor por que o metal ficava quente ao ser perfurado. (grupo 5)

Os trechos transcritos destacam o problema vivenciado por Rumford ao trabalhar com a perfuração de canhão e que o levou a repensar o conhecimento científico aceito até o momento e também a visualizar a necessidade de reformulá-lo.

Reflexões sobre a pesquisa

A análise da aula filmada e o uso da história da ciência, assim como os aspectos apresentados inicialmente neste texto, nos dão evidências de que o uso desta ferramenta valoriza o ensino e a aprendizagem de aspectos que caracterizamos como componentes básicos da alfabetização científica, tais como uma melhor aprendizagem sobre a natureza da ciência e algumas relações CTS (neste caso não são destacadas as relações com o ambiente).

O texto de Rumford utilizado apresenta o lado histórico da ciência, pois a coloca como algo vivo, dinâmico, sujeito a questionamentos e que, assim, é construída historicamente. É ainda ressaltado o papel das hipóteses e da apresentação de problemas, que ajudam a gerar a construção do conhecimento.

Castro e Carvalho (1992) expõem que:

Quando o aluno discute de onde veio tal ideia, como ela evoluiu até chegar onde está, ou mesmo questiona os caminhos que geraram esta evolução, de certa forma, ele nos dá indícios de que reconhece tais conceitos como objeto de construção e não como conhecimentos revelados ou meramente passíveis de transmissão. Buscar razões, pois, parece indiciar um comprometimento maior com o que se estuda e se, além disso, o aluno argumenta, baseando-se em informações históricas (busca o respaldo para o que diz na fala das "autoridades") além de estar usando a analogia, ferramenta extremamente útil no estudo das ciências, ele está se reconhecendo também como sujeito construtor de saber.

Podemos afirmar, então, que a utilização da história da ciência através de uma leitura aberta, o que ressaltou a investigação, nos fornece indícios de que os alunos reconhecem alguns dos caminhos que geraram a evolução do conceito de calor e as próprias características do conhecimento científico, conforme expusemos anteriormente. Os alunos discutem com o professor e também trocam ideias em grupo, o que nos mostra que as questões colocadas trouxeram motivação em sala de aula. Mesmo longe do professor, o grupo analisado continuou a discutir sobre o problema.

Vemos, no entanto, que nos episódios relatados os alunos não apresentam uma linguagem física totalmente adequada para explicar os fenômenos térmicos; porém, a teoria cinético-molecular é retomada em aulas posteriores, que possuem outros objetivos específicos.

Nos episódios, vemos ainda que o professor assume o papel de mediador do conhecimento, propondo questões, favorecendo a reflexão dos estudantes sobre o texto, ou seja, fazendo parte de um processo investigativo. O professor fala *com*, e não *aos* estudantes. Muda-se, portanto, o referencial: o conhecimento não é algo que vem do professor, que seria detentor absoluto desse conhecimento (geralmente o que cria a imagem de uma ciência absoluta, inquestionável), mas algo que pode ser construído pelos estudantes.

Pudemos observar nos relatos e nas transcrições das aulas que o trabalho em grupo foi gerador de discussões, as quais são importantes no processo de socialização dos estudantes; temos nesses episódios oportunidades de conversação e argumentação que, segundo diversas pesquisas, auxiliam os procedimentos de raciocínio e habilidade dos alunos para compreenderem os temas propostos. (Carvalho et al. 1999).

Há, nessa aula, uma visualização de objetivos maiores no ensino não somente relacionados a conteúdos específico da ciência, mas também a atitudes, métodos e habilidades, tão importantes quanto os mesmos.

Esse trabalho nos trouxe a oportunidade de discussões epistemológicas e de mudanças atitudinais em sala de aula. Não foi nossa intenção discutir explicitamente aspectos de história e filosofia, mas sim apresentar, nas poucas aulas às quais o professor encontrava-se exposto, uma ciência mais real, na tentativa de desmistificar alguns aspectos e visões inadequadas sobre o conhecimento científico, sem ignorar, como normalmente é feito, determinados aspectos deste conhecimento.

Concluimos, através de nossa pesquisa, que se buscamos por este caminho o ensino de aspectos mais adequados sobre a natureza do conhecimento científico, a história da ciência, envolvendo uma perspectiva investigativa, é, sem dúvida, um deles.

Referências bibliográficas

Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico - Uma contribuição para a psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto.

Borges, M.R.R. (1996). *Em debate: Cientificidade e Educação em Ciências*. Porto Alegre: SE/CECIRS.

Brasil. S.E.M.T. (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC, SEMTEC.

Cachapuz A.; Gil Pérez, D.; Carvalho, A.M.P.; Praia, J. e A. Vilches (2005). *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*. São Paulo: Editora Cortez.

Carvalho, A.M.P. (1996). O Uso do Vídeo na tomada de dados: Pesquisando o desenvolvimento do ensino em sala de aula. *Pró-posições*, 7, 1, 5-13.

Carvalho, A.M.P. e D. Gil Pérez (1995). *Formação de Professores de Ciências*. São Paulo: Editora Cortez.

Carvalho, A.M.P. e D. Gil Pérez (2001). O Saber e Saber Fazer dos Professores. Em: A.D. Castro e A.M.P. Carvalho (Eds.), *Ensinar a Ensinar: Didática para a escola fundamental e média* (pp. 127-124), São Paulo: Editora Pioneira.

Carvalho, A.M.P.; Santos, E.I.; Azevedo, M.C.P.; Date, M.P.S.; Fujii, S.R.S. e V.B. Nascimento (1999). *Termodinâmica: um Ensino por Investigação*. São Paulo: FEUSP.

Carvalho, A.M.P.; Vanucchi, A.I.; Barros, M. A.; Gonçalves, M. E. R. e R.C. Rey (1998). *Ciências no Ensino Fundamental : O conhecimento Físico*. São Paulo: Editora Scipione.

Castro, R.S. e A.M.P. Carvalho (1992). História da Ciência: Investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*. Florianópolis, 9, 3, 225-37.

Chalmers, A.F. (1993). *O Que é Ciência, Afinal?* São Paulo: Editora Brasiliense.

Doménech, J.; Gil Pérez, D.; Gras A.; Guisasola, J.; Martínez-Torregrosa, J.; Salinas, J.; Trumper, J. e P. Valdés (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20, 3, 285-311.

Flores, F. et al. (2000) Transforming Science and Learning Concepts of Physics Teachers. *International Journal of Science Education*, 22, 2, 197-208.

Gil Pérez, D. (1993). Contribución de La Historia y de La Filosofía de Las Ciencias Al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza/Aprendizaje Como Investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 2, 197-212.

Gil Pérez, D.; Macedo, B.; Martínez Torregrosa, J.; Sifredo, C.; Valdés, P. e A. Vilches (2005) *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: OREALC/ UNESCO.

Gil Pérez, D.; Montoro, I. F.; Alís, J. C.; Cachapuz, A. e J. Praia (2001). Para uma Imagem Não Deformada do Trabalho Científico. *Ciência e Educação*, 7, 2, 125-153.

Gil Pérez, D.; Vilches, A. e C. Ferreira-Gauchía (2008). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. Em: <http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/index.html>.

Harres, J.B.S. (1999). Uma revisão das pesquisas de professores sobre a Natureza da Ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4, 3, 197-211.

Khalick, Abid-el e N.G. Lederman (2000). Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 7, 665-701.

Kuhn, T.S (2000). *A estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva.

Lederman, N.G. (1992). Students and Teachers Conceptions of de Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*. 29, 4, 331-359.

Maggie, W.F. (1935). *A Source Book on Physics*. New York and London: McGraw-Hill Book Company.

Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching - The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.

Moreira, M.A. e F. Ostermann (1993). Sobre o ensino do método científico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 10, 2, 106-117.

Porlán, R. e A. Rivero (1998). *El conocimiento de los profesores: una propuesta en el área de ciencias*. Sevilla: Diáda.

Praia, J.; Gil Pérez, D. e A. Vilches (2007). O papel da Natureza da Ciência na Educação para a Cidadania. *Ciência & Educação*, 13, 2, 141-156.

Sasseron, L.H. e A.M.P. Carvalho (2008). Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13, 3, 333-352.

Solbes, J. e M. Traver (2001). Resultados Obtenidos Introduciendo Historia de la Ciencia en las Clases de Física y Química: Mejora de la Imagen de la Ciencia y Desarrollo de Actitudes Positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 1, 151-162.

Toulmin, S.T. (1977). *La comprensión humana*. Madrid: Alianza Editorial.

Yore, L.D., Bisanz, G.L e B.M. Hand (2003). Examining the Literacy Component of Science Literacy: 25 Years of Language Arts and Science Research. *International Journal of Science Education*, 25, 6, 689-725.

Anexo: Texto histórico utilizado em sala de aula

Estando recentemente encarregado da superintendência de perfuração de canhões, em uma oficina de arsenal militar em Munique, fiquei impressionado com o considerável grau de calor que uma peça metálica adquire, em pequeno tempo, sendo perfurada; e com o calor até mais intenso (maior que o da água fervente, como comprovei pela experiência) das lascas metálicas originadas pela perfuração.

Quanto eu mais pensava nestes fenômenos mais eles pareciam ser para mim curiosos e interessantes. Uma completa investigação deles parecia, ao mesmo tempo, oferecer uma satisfatória interpretação para a natureza oculta do calor e nos tornar capazes de tecer algumas conjecturas razoáveis em relação à existência ou não de um fluido ígneo: um assunto que há muito tem dividido a opinião dos filósofos (...).

É ele fornecido pelas lascas metálicas que são separadas do metal pelo perfurador? Se este fosse o caso, então, de acordo com as modernas doutrinas de calor latente e do calórico, a capacidade para o calor das partes do metal reduzidas em lascas deveria não somente suficientemente grande para justificar o calor produzido.

Mas tal mudança não ocorre. Tomando iguais quantidades, em peso, destas lascas e de finas camadas do mesmo bloco metálico, separadas por meio de uma serra muito boa, coloquei-as a uma mesma temperatura (igual a da água fervente), em quantidades iguais de água fria (temperatura de 59,5° F); a porção de água na qual as lascas foram colocadas não foi mais ou menos aquecida que a outra de água, na qual as placas metálicas foram colocadas.

Este experimento foi repetido várias vezes; o resultado foi sempre o mesmo e não pude determinar nada, nem mesmo que a mudança tinha sido produzida no metal, pela produção de lascas, por meio da observação de sua capacidade para o calor.

É, pois, evidente que o calor produzido não podia ter sido fornecido pelo "gasto" do calor latente das lascas metálicas (Magie, 1935, p. 151-152).

"O que é o calor? Há alguma coisa como um fluido ígneo? Há algo que possa ser propriamente chamado de calórico?"

Temos visto que uma considerável quantidade de calor pode ser produzida na fricção de duas superfícies metálicas e libera um constante fluxo, em todas as direções, sem interrupções ou intermissões e sem nenhum sinal de diminuição ou esgotamento.

De onde vem o calor que é continuamente liberado desta maneira nos experimentos precedentes? Foi ele fornecido por pequenas partículas do metal, arrancadas da massa sólida que foi atritada? Este, como já vimos, não pode ter sido o caso.

Foi ele fornecido pelo ar? Isto não pode ser, uma vez que em três dos experimentos o maquinário esteve imerso em água e o acesso do ar atmosférico foi completamente evitado.

Foi ele fornecido pela água que envolve o maquinário? Que isto não pode ser é evidente. Primeiro, porque esta água estava recebendo continuamente calor e não poderia dar calor a um corpo ao mesmo tempo que o recebe dele. Segundo, porque não houve nenhuma decomposição química (o que não seria razoável esperar). Se houvesse, um de seus componentes elásticos (mais provavelmente o ar inflamável) deveria ao mesmo tempo ter sido posto em liberdade e, escapando para a atmosfera, teria sido detectado. Embora eu tivesse examinado freqüentemente a água para ver se alguma borbulha de ar subia através dela e tivesse igualmente preparado para pegá-las e examiná-las se alguma surgisse, não pude perceber nada: não havia sinal de decomposição de qualquer tipo, nem outro processo químico ocorreu na água.

Não devemos esquecer de considerar esta mais remarcável circunstância, na qual a fonte de calor gerada por fricção parecia evidentemente inexaurível.

É forçosamente necessário admitir que o que um corpo isolado ou sistema de corpos podia produzir de modo contínuo, sem limitação, não podia ser substância material e parece-me extremamente difícil, senão impossível, imaginar algo capaz de ser produzido ou comunicado da forma como o calor o foi nestes experimentos, exceto se ele for movimento. (Magie, 1935, p.160-161).

Questões:

1. Que dúvida que pairava sobre Rumford a respeito da natureza do calor?
2. Como o trabalho com os canhões auxiliou Rumford a discordar do modelo do calórico?
3. Faça uma explicação do experimento de condução realizada em sala de aula, utilizando, inicialmente, o modelo do calórico e, posteriormente, o modelo cinético-molecular.