

Temperatura e Teorias sobre a Natureza do Calor: Um Projeto de Aplicação da História e Filosofia da Ciência ao Ensino de Física

Temperature and Theories about the Nature of Heat: A Proposal to Relate History and Philosophy of Science and Physics Teaching

José Leandro de Albuquerque Macedo Costa Gomes¹

Thaís Cyrino de Mello Forato²

Ana Paula Bispo da Silva³

¹IFAL – Instituto Federal de Alagoas

²UNIFESP – Universidade Federal de São Paulo

³UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

¹*prof.leandro.fisica@hotmail.com*

²*thaiscmf@gmail.com*

³*anabispouepb@gmail.com*

Resumo

Considerando a ideia de que História e Filosofia da Ciência (HFC) podem ser usadas como alternativa metodológica para discutir conceitos de Física e Natureza da Ciência (NDC) no ensino de ciências, este trabalho apresenta os principais pressupostos adotados na elaboração de um minicurso sobre calor e temperatura em perspectiva histórica. Descreve-se o referencial teórico adotado na adaptação de fontes históricas e alguns aspectos do episódio histórico escolhido, que é a controvérsia sobre a natureza do calor e os muitos significados de calor e temperatura durante os séculos XVII e XIX. O episódio histórico, a ser utilizado em salas de aula na escola básica, é fundamentado por configurar-se uma proposta metodológica que inclui textos, experimentos históricos e atividades didáticas. Como uma pesquisa ainda em desenvolvimento, pretende contribuir nas análises sobre o papel do uso de materiais didáticos históricos (textos e experimentos) na melhoria da visão dos discentes acerca da NDC.

Palavras-chave: ensino de física, natureza da ciência, transposição didática, temperatura e calor, história e filosofia da ciência, experimentos históricos.

Abstract

Following the idea that History and Philosophy of Science (HPS) can be used as an alternative methodology to discuss Physics concepts and Nature of Science (NOS), this paper presents the main hypotheses adopted to elaborate a short course about heat and temperature concepts. We describe the theoretical framework adopted in the adaptation of historical sources and some aspects of the historical episode chosen, which is the controversy over the

nature of heat and the many meanings of heat and temperature during the seventeenth and nineteenth centuries. The historical episode will be applied in high school classes considering methodological orientations to use texts, historical experiments and didactic activities. As a research still in development, intends to contribute to studies on the role of the historical use of instructional materials (texts and experiments) in improving the vision of students about the NOS.

Key words: teaching of physics, nature of science, didactic transposition, temperature and heat, history and philosophy of science, historical experiments.

Introdução

Toda e qualquer ferramenta para o ensino de ciências torna-se estéril quando o contexto do fazer científico encontra-se descaracterizado. Sendo assim, a introdução da História e Filosofia da Ciência (HFC) enquanto forma metodológica para o ensino de ciências, e particularmente ao ensino de Física, pode contribuir para uma efetiva educação científica (MATTHEWS, 1995; MARTINS, 2006).

A introdução da História e Filosofia da Ciência (HFC) nos programas de ensino, não como um conteúdo a ser acrescido ao mesmo, mas como uma metodologia de ensino tem-se mostrado útil no que concerne à apresentação de uma visão mais humana da ciência e de seu desenvolvimento, ciência enquanto constructo do homem (GIL PEREZ *et al.*, 2001; McCOMAS *et al.*, 1998), homem esse que é ser social. Dessa forma,

O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade. (MARTINS, 2006, p. xvii-xviii)

O campo de pesquisa História e Filosofia da Ciência (HFC) tem crescido ao longo das últimas décadas. Aplicada à sala de aula, a HFC tem se mostrado como uma interessante alternativa didática para o ensino da Física (ALFONSO-GOLDFARB, 1994; MATTHEWS, 1995; GIL PEREZ *et al.*, 2001). Segundo Martins (2007, p. 114-115), "... do ponto de vista mais prático e aplicado, a HFC pode ser pensada... como estratégia didática facilitadora na compreensão de conceitos, métodos e teorias."

O ensino de física nas escolas brasileiras tem fracassado ao longo das décadas. Todavia, este não é fenômeno restrito a uma localidade, a uma nação: ocorre sistematicamente em diversos países (GIL PEREZ *et al.* 2005). A introdução da HFC como orientador didático tem-se mostrado uma eficaz ferramenta de ensino na busca por alternativas didáticas.

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do "mar de falta significação" que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam. (MATTHEWS, 1995, p.165)

Tomando por base o exposto anteriormente, um projeto¹ que inclui o desenvolvimento e análise de uma intervenção de ensino encontra-se em fase de desenvolvimento. Tal intervenção considera o uso da HFC como ferramenta metodológica para o ensino de Física, tendo como segundo plano a discussão acerca da Natureza da Ciência. Descreve-se, a seguir, este projeto e seus pressupostos.

História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física: uma Ferramenta para Discutir a Natureza da Ciência

Várias concepções inadequadas acerca da Natureza da Ciência têm sido ensinadas aos discentes durante as aulas de ciências e disciplinas correlatas (GIL PEREZ *et al.*, 2001).

Tal como é apresentado aos estudantes no ambiente educacional, o fazer ciência parece seguir um manual de instruções bem definido e aceito por toda a classe de cientistas (MARTINS, 2006). Além disso, parece não haver limite para o que a ciência pode realizar. O aval da ciência transformou-se em uma espécie de “bula papal”, a qual não se questiona, apenas se aceita. Portanto, a ciência ganhou *status* de religião. E assim como tal, há sumos sacerdotes dotados de uma visão singular sobre a ciência e sobre o mundo. São eles que possuem o dom da inspiração, e por ele desvendam os segredos do universo (GIL PEREZ *et al.*, 2001). Acerca disso, ressalte-se que “a ciência não se desenvolve em uma torre de cristal, mas sim em um contexto social, econômico, cultural e material bem definido.” (MARTINS, 2006, p. xx).

Para Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 29),

Dentre as diversas abordagens possíveis sobre a ciência – por exemplo, questões sociais, metodológicas, econômicas, políticas, ambientais – os usos da história e da filosofia da ciência (HFC) na educação científica vem sendo recomendado como um recurso útil para uma formação de qualidade, especialmente visando o ensino/aprendizagem de aspectos epistemológicos da construção da ciência.

Muitos dos alunos e professores trazem concepções prévias sobre a natureza da ciência e como e por quem esta é desenvolvida. Mudar tais concepções requer uma estratégia de ensino cuidadosa e adequada. Resistir a esta mudança é natural. Entretanto, promover essa mudança de perspectiva na forma como a ciência é vista não é tão simples quanto parece. Há alguns obstáculos a serem superados. Um deles é o que na psicologia educacional se conhece por *perseverança na crença* (SANTROCK, 2009, p. 312): “Tendência de se apegar a uma crença quando se é confrontado com uma evidência contraditória. Dificuldade para abandonar uma ideia ou estratégia uma vez que a tenham adotado.”

Assim, o processo de ensino-aprendizagem fundamentado na HFC busca romper as barreiras que dificultam a compreensão da NDC, ao promover o confronto de ideias (SANTROCK, 2009) acerca do fazer ciência. Matthews (1991, p. 148) diz, em relação ao uso da HFC no ensino que

Compreender os obstáculos no desenvolvimento da História da Ciência pode de alguma forma jogar luz sobre problemas de aprendizagem individual. [...] O que se sugere é que a História da Ciência nos permite entender melhor quais são as ideias atuais e que o conhecimento dos “obstáculos epistemológicos” no desenvolvimento da ciência pode esclarecer problemas similares de aprendizagem individual.

¹ Tal projeto é parte integrante de uma pesquisa que resultará numa dissertação de mestrado em ensino de ciências e educação matemática.

Enquanto ferramenta de contextualização efetiva para o ensino dos conteúdos de Física, a HFC presta-se à formação dos conceitos acerca da NDC e de como esta é construída e constituída. Assim, a HFC desponta no cenário do ensino como um dos instrumentos didáticos mais promissores para uma reestruturação do quadro educacional por meio da educação científica (ou alfabetização científica). O desafio é levar ao aluno um conhecimento tal que lhe proporcione suficiente embasamento para tomar decisões fundamentadas na ciência, decisões criticamente definidas, acerca, por exemplo, do uso de tecnologias, de experimentos com seres vivos, etc. (CARVALHO e SASSERON, 2010).

O objetivo central de qualquer processo de ensino é conduzir o educando ao desenvolvimento do ato de pensar, do pensamento. Assim, a intenção é fazer uso da HFC para formar (ou reformar no sentido utilizado por SANTROCK 2009) a percepção dos discentes quanto à NDC, instrumentando-os para o desenvolvimento do pensamento. Entretanto, não qualquer pensar, mas um pensar efetivo, o qual, segundo a definição de pensamento dada por Santrock (2009, p. 306), “é manipulação e transformação de informações na memória, o que frequentemente é feito para formar conceitos, argumentar, pensar criticamente, tomar decisões, pensar criativamente e resolver problemas.”

A contextualização sócio-histórica aliada a uma perspectiva humanista da ciência e integrada à uma visão não dogmática acerca da experimentação traz ao ensino de Física um caráter mais efetivo ao processo de ensino-aprendizagem. Aulas concebidas a partir dessa premissa fazem com que a ciência deixe de ser percebida como algo acessível a poucos indivíduos para ser vista como um constructo da humanidade, e, portanto, uma ciência influenciada por todas as dimensões humanas. Dessa forma, segundo Pozo e Crespo (2009, p. 21), falando sobre como a Ciência deve ser percebida pelos alunos, alegam que se deve fazer com que os educandos

...percebam sua transitoriedade e sua natureza histórica e cultural, que compreendam as relações entre o desenvolvimento da ciência, a produção tecnológica e a organização social, entendendo, portanto, o compromisso da ciência com a sociedade, em vez da neutralidade e objetividade do suposto saber positivo da ciência. Ensinar ciências não deve ter como meta apresentar aos alunos os produtos da ciência como saberes acabados, definitivos [...]. Pelo contrário, a ciência deve ser ensinada como um saber histórico e provisório, tentando fazer com que os alunos participem, de algum modo, no processo de elaboração do conhecimento científico, com suas dúvidas e incertezas.

Além disso, a utilização da HFC incluindo a replicação de experimentos históricos oferece ao processo de ensino aprendizagem mais um recurso interessante para se abordar mais facilmente a dimensão da NDC que se almeja que os discentes aprendam. Reproduzir os experimentos como foram realizados em épocas anteriores permite que os estudantes compreendam, por exemplo, os desafios que os homens da ciência enfrentaram.

O uso de experimentos históricos tem a finalidade de facilitar a aprendizagem dos conteúdos de Física, visto que segundo Höttecke (2000), os experimentos históricos possibilitam a abordagem da Física em vários aspectos:

O método de replicação de experimentos históricos torna possível entender a ciência como um trabalho prático que acontece [também] no laboratório. Ele permite aos aprendizes terem uma ideia do significado da experimentação na história da ciência. (p.344)

A construção dos conhecimentos científicos ocorre dentro de certos limites e condições que devem ser considerados quando do ensino de ciências. A Ciência tem várias dimensões, dentre elas a dimensão humana, as influências sofridas pelo contexto sócio-cultural, econômico e tecnológico da época na qual os pensadores atuaram. A replicação de

experimentos históricos atua no processo de ensino-aprendizagem da Física como um elemento contextualizador temporal, ou seja, como um auxílio didático que busca remeter os discentes à situação experimentada pelos pensadores à época na qual desenvolveram suas pesquisas, evidenciando que a Ciência é uma prática humana e que possui fatores de progresso que depende tanto do fator intelectual como do fator técnico-manipulativo (HÖTTECKE, 2000).

A HFC destacando a dimensão da replicação de experimentos históricos entra, então, no processo educacional como uma ferramenta, como um instrumento interessante e versátil a ser utilizado no processo de ensino-aprendizagem de Física.

Transposição Didática da História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Física

A literatura disponível ao ensino de Física na escola básica quase não aborda aspectos históricos do desenvolvimento da ciência em perspectiva diacrônica ou o faz de forma equivocada. A maioria dos materiais didáticos ainda apresenta distorções históricas que acarretam em visões ultrapassadas da NDC (PAGLIARINI, 2007).

Dessa forma, discorrendo sobre essa modificação do conteúdo especificamente no ensino de Física, Medviediev (1996) diz que

A estrutura e o conteúdo do pensamento científico são geralmente julgados segundo as obras escritas por físicos reputados. [...] A lógica que guia o cientista na construção do seu pensamento nem sempre é a mesma que prevalece no momento da apresentação, oral ou escrita, desse pensamento.

O cuidado primeiro ao se fazer o uso da HFC para o ensino é escolher qual recorte da história da física será utilizado para o ensino, o professor deve tomar alguns cuidados, a fim de que não se recaia numa maquiagem histórica (HEERING, 2000). Tal consideração faz-se pertinente devido aos fatores que estão além da esfera do conhecimento em si. São contingências do ambiente escolar, as quais irão interferir diretamente na relação didática entre o conteúdo e o discente, relação esta mediada pelo professor.

Entretanto, a adequação de conhecimentos aos condicionantes e possibilidades do sistema de ensino pressupõe a necessidade de se considerar a pertinência dos saberes escolares, a legitimidade cultural conferida pelo seu contexto sociocultural e as necessidades didáticas de cada disciplina, respeitando a autonomia epistemológica atribuída ao saber escolar. Transformar os saberes em conteúdos adequados à escola básica requer admitir uma mudança de nicho epistemológico, reconhecer as diferentes funções sociais desses conhecimentos e sua necessária reconstrução. (FORATO, PIETROCOLA E MARTINS, 2011, p. 40)

Para além disso, do fazer ciência (Saber Sábio) ao ensinar ciência (Saber a Ensinar), o conteúdo tem um longo caminho a percorrer. Nesse percurso, o mesmo sofre severas modificações com a finalidade de que seja adequado à conjuntura na qual será exposto. As premissas da viabilidade da introdução de um determinado conhecimento (Saber Sábio) no programa escolar devem contemplar a reestruturação desse conhecimento para que o mesmo seja adaptado (Saber a Ensinar) às peculiaridades da sala de aula. Este processo complexo é denominado por Ives Chevallard de *Transposição Didática* (1991, p.39)

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os *objetos de ensino*. O 'trabalho' que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de *transposição didática*.

A Transposição Didática acontece em dois momentos: a seleção dos conteúdos a serem ensinados, o que ocorre fora do ambiente escolar (realizada pelos órgãos oficiais competentes), e o segundo momento o qual se refere ao processo de ensino-aprendizagem, dentro do ambiente escolar. Nesse percurso, o conteúdo (o saber) selecionado passa por alguns processos (CHEVALLARD, 1991, p. 69): a dessincretização, a despersonalização, a programabilidade.

Nestes processos, o saber a ensinar sofre uma severa descaracterização epistemológica, social e histórica, tornando-o, por vezes, infrutífero: despido das nuances de sua gênese, os saberes correm o risco de parecerem sem propósito aos alunos. Tal processo é realizado, é claro, no intuito de favorecer a aprendizagem e de produzir melhores e mais adequados materiais para o ensino. Há reorganização dos saberes numa sequência “didática mais adequada”. Nesse ponto surge o risco de se incorrer em abordagens anacrônicas da História da Ciência (FORATO, 2011).

Dessa forma, há de se ter extremo cuidado no trato do conteúdo histórico escolhido. Se a finalidade do mesmo é conduzir o discente a uma compreensão mais adequada de como se dá o fazer científico (objetivo primeiro da proposta descrita nesse artigo), então o próprio processo de ensino-aprendizagem deve sê-lo também. Isto é, o momento de construção do saber científico é um momento de construção da Ciência, da formação do conceito da NDC em suas dimensões histórico-filosófica, sócio-econômica e humana.

Nesse sentido, o minicurso envolvendo a HFC, a seguir apresentado, partindo de textos históricos primários e secundários, toma por base as considerações apontadas pelos parâmetros propostos por Forato (2009) os quais serão utilizados para a construção do minicurso, na tentativa de contemplar as exigências do ambiente educacional e evitar as abordagens distorcidas da História da Ciência que comprometem a própria compreensão dos processos da Ciência e para que tais textos e experimentos históricos selecionados transformem-se e material didático. Busca-se oferecer, assim, uma metodologia de trabalho que integre textos sobre HFC a uma sequência de atividades didáticas, com ênfase em experimentos históricos.

Afinal, como esclarece Castro e Carvalho (1992, p. 232)

Quando um aluno chega ao ponto de interrogar o objeto de estudo em sua gênese, buscando as razões ou os motivos que o engendraram, tentando acompanhar as modificações que lhe foram feitas ao longo das diversas incursões através do tempo, ele parece confessar uma certa disposição para reconstruí-lo. Ou seja, quando ele discute de onde vieram certas idéias, como evoluíram para chegar onde estão ou mesmo quando questiona os caminhos que geraram tal 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.

Metodologia de Pesquisa

A pesquisa, ainda em andamento, culminará numa dissertação de mestrado, a qual versará sobre o uso da HFC como ferramenta metodológica para o ensino de Física, tendo como princípios a utilização de experimentos históricos (HEERING, 1992; LAUGINIE, 2005; DE BERG, 2005) e a discussão sobre documentos históricos. Como resultados e desdobramento, teremos duas contribuições a oferecer: (i) o minicurso incluindo uma sequência de atividades didáticas, planejamento pedagógico do curso, material didático para o aluno e de suporte ao professor; (ii), o minicurso será aplicado em situação real de sala de aula para obtenção dos

dados e análise de resultados, o que permitirá avaliar tanto a proposta em si, como também a metodologia adotada para a sua construção, cuja fundamentação baseia-se em Forato (2009).

Tal pesquisa inicialmente está dividida em três etapas. A primeira delas é a pesquisa bibliográfica sobre a utilização didática da História e Filosofia da Ciência enquanto metodologia de ensino, a qual vem sendo realizada, e que comporá o quadro teórico que dá sustentação à pesquisa.

A segunda etapa, que está em curso de desenvolvimento, é o levantamento e estudo de fontes históricas primárias e secundárias sobre os conceitos físicos de Temperatura e Calor. Serão, então, selecionados os conteúdos a serem objeto de transposição didática para a sala de aula, enfocando, inicialmente o curso que está sendo desenvolvido para ser aplicado em duas turmas do segundo ano do ensino médio do Instituto Federal de Alagoas – IFAL .

A terceira etapa será a construção dos textos históricos para produção do material didático, que abordará conceitos físicos, em que se buscará evidenciar os aspectos epistemológicos do conteúdo selecionado. A princípio, dos textos já estudados, os escritos de, Francis Bacon, Joseph Black, Robert Boyle, Humphry Davy, Antoine Lavoisier, Pierre Macquer, Conde Rumford, Georg Stahl² devem ser utilizados, enquanto extratos de fontes primárias. Os textos serão elaborados em conjunto com atividades didáticas, nas quais se destacam o uso e a reprodução dos experimentos históricos realizados pelos pensadores estudados. Tem-se por objetivo discutir as controvérsias, as dificuldades, os resultados experimentais que estiveram diretamente relacionados à construção dos conceitos científicos em questão.

O desenvolvimento dessa proposta utilizará os parâmetros propostos por Forato (2009) como fundamentação teórica para a transposição didática de conteúdos de HFC para o ambiente escolar. Tais parâmetros discutem a viabilidade de se fazer uso da HFC como ferramenta metodológica para o ensino. São discutidas as possíveis dificuldades (e como superá-las) que se pode enfrentar ao levar a HFC como ferramenta de ensino para a sala de aula. Desse modo, tais parâmetros serão utilizados como norteadores da elaboração do produto final: o minicurso e material didático para o aluno e de suporte ao professor.

A despeito da proposta ser desenvolvida inicialmente para um contexto educacional específico, a análise do processo de sua construção é um valioso desdobramento desse projeto. Durante essa fase, a metodologia qualitativa de pesquisa irá guiar a tomada e análise de dados (ERICKSON, 1998; CARVALHO, 2006). Os dados são predominantemente descritivos e têm os pesquisadores como seus agentes de coleta. O processo será documentado e analisado pelos envolvidos nessa pesquisa: estudante, orientador e co-orientador do projeto.

Primeiros Resultados: Algumas Controvérsias Históricas sobre Temperatura e Calor

A sede pelo conhecimento e o anseio pelas explicações dos fenômenos naturais sempre foram marcas patentes do ser humano. Assim, desde tempos remotos o homem busca compreender os processos relacionados à Temperatura e ao Calor. Como praticamente todos os outros conceitos físicos, as ideias acerca de temperatura e da natureza do calor foram construídas ao longo da história da ciência, obedecendo a critérios próprios de cada época e adotando seus singulares pressupostos teóricos e metodológicos.

² Ver referências das obras primárias na bibliografia final.

No período compreendido entre os séculos XVII e XIX, muitas das tentativas realizadas para se explicar os fenômenos envolvendo a natureza do calor, bem como muitas das definições elaboradas não se fundamentavam nas mesmas visões de mundo e concepções filosóficas, isto é, não havia uma única teoria acerca dos conceitos que fosse defendida pela integralidade da comunidade de pensadores (MEDEIROS, 1999). Dentre os pensadores que contribuíram para esse constructo, podemos destacar aqui Francis Bacon (1620 d.C.³), Robert Boyle (1662 d.C.³), Georg E. Stahl (1697 d.C.³), Joseph Black (1760 d.C.³), Pierre Macquer (1778 d.C.³), Antoine L. Lavoisier (1783 d.C.³), Benjamin T. de Rumford (1798 d.C.³), Humphry Davy (1799 d.C.³), Julius R. Von Mayer (1842 d.C.³), entre outros (DE PÁDUA, 2009). Embora não tenham sido todos contemporâneos, alguns deles, Stahl, Macquer, Lavoisier e Black, pertenciam a uma escola de pensamento que defendia a teoria do calor como um fluido. Os outros, Bacon, Rumford, Davy e Mayer, aderiam às idéias da escola que defendia a teoria mecânica do calor. Nesse período de cerca de três séculos, naturalmente encontramos pequenas diferenças entre os pensadores de uma mesma escola, cujas idéias incorporam os pressupostos teóricos de suas próprias épocas e regiões em que viviam.

Essas controvérsias históricas, que envolvem discordâncias entre explicações para os conceitos científicos em uma mesma época, representam valorosos debates para se abordar a NDC na formação dos estudantes. Entender que as conceituações de temperatura e calor foram mais amplamente debatidas ao longo da história da ciência permite apresentar aspectos sócio-históricos da construção da ciência (BARNETT, 1956; MÜLLER, 2007).

Temperatura, oriunda do latim *temperare*, a qual significa *para misturar*, era utilizada por Hipócrates (460-370 a.C.) quando tratava da mistura entre substâncias líquidas imiscíveis. Galeno (133-200 a.C) associava temperatura ao temperamento do indivíduo, à raiva, ao ódio, à calma, à sonolência. Em muitos períodos, temperatura era, e ainda o é no senso comum, associada às sensações de quente e frio. A conceituação de temperatura foi mais amplamente debatida entre os filósofos naturais e, posteriormente entre os cientistas, no período compreendido entre os séculos XVII e XIX, época na qual ocorreram acirrados debates entre membros da comunidade de pensadores que discordavam quanto à explicação acerca da tal conceito (BARNETT, 1956; MÜLLER, 2007).

Semelhante e contemporaneamente ao debate sobre Temperatura, o termo Calor também foi motivo de profundas discussões entre os pensadores. Já era bastante empregado no século XVI, mas não havia uma definição amplamente acatada entre os filósofos naturais. O conceito físico Calor foi explicado de modos bastante diferentes no período compreendido entre séculos XVII e XIX. Pelo menos, neste período, duas grandes concepções teóricas sobre o calor podem ser mencionadas: Calor como substância (Stahl, Macquer, Lavoisier e Black), Calor como oriundo da movimentação da matéria (Bacon, Boyle, Rumford, Davy e Mayer), (BARNETT, 1956; HEERING, 1992; MÜLLER, 2007).

Francis Bacon (1561-1626 d.C.) defendia uma concepção de Calor como movimento em seu *Novum Organum* (1620), sugerindo uma idéia de Calor associado ao movimento de matéria constituinte do corpo, do objeto considerado. Para Bacon, a calor não atuava como gerador de movimento, mas o calor si ou algo intrínseco a ele é o movimento.

Falando sobre a movimentação do ar, Bacon deixa claro sua opção em adotar a origem do Calor como sendo a movimentação das partículas que constituem a matéria. Em seu *Novum Organum*, diz

³ Data na qual foi publicado o trabalho mais relevante do pesquisador.

O ar agitado antes se resfria que aquece, como se observa nos ventos, com o fole e com o sopro forte da boca. Mas tais movimentos não são suficientemente rápidos a ponto de provocarem calor e trata-se de movimentos do todo e não partículas, daí não ser de estranhar por não haver ocorrência de calor. [...] O movimento aumenta o calor, como se pode ver pelos foles e pelo sopro. (BACON, 1620, p. 62)

Além disso, em suas conclusões na mesma publicação citada anteriormente, Bacon descreve que

Em todas e em cada uma das instâncias em que a limitação é o calor, a natureza parece ser o movimento. Isso é manifesto na chama, no seu perpétuo mover, nos líquidos aquecidos ou ferventes, também sempre em movimento. Fica igualmente claro, quando se excita o calor pelo movimento, como acontece com os foles e com o vento. O mesmo pode ser dito de outros tipos de movimento. Isso também se observa na extinção do fogo e do calor, por qualquer forte compressão que refreia e interrompe o movimento. Fica igualmente claro que todos os corpos se destroem ou, pelo menos, se alteram consideravelmente, por qualquer fogo ou calor forte e veemente, daí se seguindo que o calor produz um movimento forte, um tumulto ou perturbação nas partes internas do corpo, que gradualmente caminham para a dissolução. (BACON, 1620, p. 74)

Além disso, Bacon elencou, na mesma publicação, prováveis fontes de calor, como, por exemplo, fogo, raios, verão... (MÜLLER, 2007).

Assim como Bacon, Robert Boyle (1627-1691 d.C.) defendia a tese de o Calor era causado por uma ação mecânica, tendo chegado a tal conclusão ao descrever o trabalho de um ferreiro ao golpear pregos com um martelo, gerando o aquecimento de ambos.

Quando, por exemplo, um ferreiro martela vigorosamente um prego, [...] o metal golpeado ficará excessivamente quente, e não há nada que esteja produzindo este efeito, exceto o vigoroso movimento do martelo, que imprime uma impetuosa e variada agitação das pequenas partes do ferro; o qual sendo antes um corpo frio, pela intensa comoção de suas pequenas partes, torna-se em diversos sentidos quente. (BOYLE, 1662, *apud*. SOUZA FILHO, 1987, p. 65)

Um pouco mais tarde, final do século XVIII, Rumford (1753-1814 d.C.) e Davy (1778-1829 d.C.), separadamente, demonstraram experimentalmente ser possível a produção contínua de aquecimento por meio da fricção entre materiais, o que apontava bons argumentos, portanto, para defender o calor como proveniente de uma ação mecânica, o movimento, uma fricção (SOUZA FILHO, 1987; HEERING, 1992; MÜLLER, 2007).

Outra escola de pensamento elegia o Calor como uma substância como possível explicação para o aquecimento (ou resfriamento dos corpos). Georg Stahl (1659-1734 d.C.), um de seus representantes, realizou várias pesquisas e estudos nesse campo tendo publicado em 1697 a obra *Zymotechnia Fundamentalis*, na qual introduziu o Flogístico (ou Substância Flogística, ou Fluido Flogístico), definindo-o como “o princípio inflamável do fogo”. Para Stahl, qualquer matéria durante a combustão perdia flogístico. Poucas décadas mais tarde, Macquer (1718-1784 d.C.) escreve em sua obra de 1778 *Dictionnaire de Chimie*:

O flogístico deve ser tomado como o fogo elementar combinado e tornado num dos princípios constitutivos dos corpos combustíveis; sempre que o flogístico se combina com uma substância não inflamável, dá lugar a um novo composto capaz de se inflamar; o flogístico não tem a mesma afinidade para todas as substâncias; combina facilmente com os sólidos, mas tem dificuldade em se combinar com os materiais fluidos leves e voláteis. (MACQUER *apud*. BRITO, 2008, p.53)

O filósofo natural escocês Joseph Black (1728-1799 d.C.), também defensor da teoria do Calor como constituído por substância, realizando experimentos com gelo, publicou em 1760 um trabalho no qual chegou a diferenciar a quantidade de calor de sua magnitude, que

associou à Temperatura. Além disso, utilizou a expressão Calor Latente referindo-se ao Calor envolvido no lento derretimento do gelo, no qual a temperatura, durante tal processo, praticamente permaneceu inalterada (SOUZA FILHO, 1987; HEERING, 1992; MÜLLER, 2007). Tratando do contato térmico entre dois corpos de materiais diferentes que recebem calor, Black (*apud.* CASTRO e CARVALHO, 1993, p. 16) diz:

Talvez nem mesmo dois deles recebessem precisamente a mesma quantidade, mas cada um, de acordo com sua capacidade particular ou particular atração por essa substância, atrairia ou requeria sua própria quantidade peculiar para aumentar a temperatura.

Nessa mesma direção, Antoine Lavoisier (1743-1794), em 1783, praticamente à época de Black, ao desenvolver seus estudos, também defendeu a tese de que o Calor era constituído por uma substância, a qual denominou por Calórico: uma substância imponderável e que “combina-se com o sólido formando o líquido, que, combinando-se com o calórico, forma o gás.” (LAVOISIER *apud.* BRITO, 2008, p. 56).

Outro ponto interessante é que, frequentemente, os conceitos Calor e Temperatura foram usados como sinônimos (e ainda o é no senso comum) (DE BERG, 2008).

Ficam caracterizados alguns aspectos da controvérsia acerca da natureza do calor e da diferença deste em relação à Temperatura que perdurou por todo período já mencionado, e gerou várias discussões entre pensadores e adeptos de diferentes escolas de pensamento. Este período foi extremamente frutífero para a ciência, quando surgiram muitos conceitos acerca de escalas e substâncias termométricas, pontos fixos de referência, paredes adiabáticas, a dilatação dos materiais e o calor latente (HEERING, 1992).

Esses pontos serão explorados no minicurso, que está sendo desenvolvido, nos textos para os alunos, nas atividades didáticas e na reconstrução de experimentos históricos.

Considerações Finais

Busca-se com essa pesquisa contribuir para o ensino de Física concebendo uma alternativa didático-metodológica fazendo uso da HFC como instrumento para explorar a concepção da NDC no ambiente escolar. Tem-se como conteúdo específico para tanto, exemplos de controvérsias históricas acerca dos conceitos físicos de Temperatura e Calor.

Há outros trabalhos já publicados numa perspectiva semelhante, por exemplo, Castro e Carvalho (1992), De Berg (2008), nos quais são descritas alternativas didáticas com uso da HFC aplicada ao ensino, tendo por conteúdo explorado os conceitos de Calor e Temperatura.

Buscamos agregar contribuições destacando explicitamente aspectos epistemológicos envolvidos na construção de tais conhecimentos, envolvendo a reprodução de experimentos históricos dentro das limitações do ambiente escolar e considerando-se a diferença de materiais disponíveis.

Espera-se, com isso, que proposta metodológica torne o processo de ensino-aprendizagem da Física mais eficiente, nas dimensões que compreendem as perspectivas discente e docente. Além disso, objetiva-se contribuir para as pesquisas que avaliam os usos da HFC na educação científica por meio da análise do processo de construção de um minicurso voltado para a história da termodinâmica.

Referências

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **O Que é História da Ciência**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1994.

BARNETT, M. K. The Development of Thermometry and the Temperature Concept. **Osiris**, v.12, p. 269-341, 1956.

BACON, F. **Novum Organum [1620]**. The Online Library of Liberty. Disponível em <http://files.libertyfund.org/files/1432/Bacon_0415_EBk_v5.pdf>. Acesso em 08 de julho de 2011.

BRITO, A. S. Flogístico, Calórico e Éter. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**. v.20, n.3, p.51-63. 2008.

CARVALHO, A.M.P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: F. SANTOS; I. GRECA (Orgs.) **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Unijuí: Ed. Unijuí, 2006, p.13-48.

CASTRO, R. S. **História e Epistemologia da Ciência**. São Paulo: FEUSP, 1993.

CASTRO, R. S. e CARVALHO, A. M. P. História da Ciência: Investigando como Usá-la num Curso do Segundo Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.9, n.3, p. 225-237, 1992.

CARVALHO, A. M. P. e SASSERON, L. H. Abordagens Histórico-Filosóficas em Sala de Aula: Questões e Propostas. In: CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: del Saber Sábido al Saber Enseñado**. Buenos Aires: Aique, 1991.

DE BERG, K.C. The Concepts of Heat and Temperature: The Problem of Determining the Content for the Construction of an Historical Case Study which is Sensitive to Nature of Science Issues and Teaching–Learning Issues. **Science & Education**, v.17. n.1, p. 75-114, 2008.

_____. Writing Historical Case Studies for Science Students which Give Due Consideration to Teaching-Learning Issues and Nature of Science Perspectives. **Proceedings of VIII international History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference**. Leeds, 2005.

DE PÁDUA, A. B.; DE PÁDUA, C. G.; SILVA, J. L. C. **A História da Termodinâmica Clássica: uma Ciência Fundamental**. Londrina: EDUEL, 2009.

ERICSON, F. Qualitative research methods for science education. In: FRASER, B.J. e TOBIN, K.G. (Orgs.), **International Handbook of Science Education**, Kluwer Academic Publishers, v.1, 1998.

FORATO, T. C. de M. **A Natureza da Ciência como Saber Escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. Tese de Doutorado. São Paulo: FEUSP, 2009. 2 vols.

FORATO, T. C. de M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. de A.; Historiografia e Natureza da Ciência na Sala de Aula. **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**, v. 28, nº 1: p. 27-59, 2011.

GIL-PEREZ, D.; et al. Superação das Visões Deformadas da Ciência e da Tecnologia: Um Requisito Essencial para a Renovação da Educação Científica. In: CACHAPUZ, A.; et al. (orgs.) **A Necessária Renovação do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005, cap. 2, p. 37 – 70.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALIS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p. 125-153, 2001.

GURGEL, I. e PIETROCOLA, M. Modelos e Realidade: Um Estudo sobre as Explicações acerca do Calor no Século XVIII. **Atas do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF**, Londrina, 2006.

HEERING, P. On J.P. Joule's Determination of the Mechanical Equivalent of Heat. **Proceedings of the Second International Conference on the History and Philosophy of Science and Science Teaching**. Ontario, 1992.

_____. Getting Shocks: Teaching Secondary School Physics Through History. **Science & Education**, v.9, n.4, p. 363-473, 2000.

HÖTTECKE, D. How and What Can We Learn From Replicating Historical Experiments? A Case Study. **Science & Education**. v.9, n.4, p. 343-362, 2000.

LAUGINIE, P. Measuring: Why? How? What?. **Proceedings of VIII international History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference**. Leeds, 2005.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: Há Muitas Pedras Nesse Caminho. **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**, v. 24, n.1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, R. de A. A História das Ciências e seus Usos na Educação. In: SILVA, C. C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006, introdução, p. xvii – xxx.

MEDEIROS, A. **A Termometria: de Galileu a Fahrenheit**. Recife: Editora Liber, 1999.

MEDVEDIEV, A. Aspectos Lógicos, Psicológicos e Pedagógicos do Ensino de Física. In: GARNIER, C.; BEDNARZ, N. e ULANOVSKAYA, I. **Após Vygotsky e Piaget**. Porto Alegre: Artmed, 1996.

McCOMAS, W.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: an introduction. **Science & Education**, v.7, n.2, p. 511-532, 1998.

MATOS FILHO, M. A. Saraiva de; et al. A Transposição Didática em Chevallard: As Deformações/Transformações Sofridas pelo Conceito de Função em Sala de Aula. **Anais do VIII Congresso Nacional de Educação – EDUCERE**, Curitiba, p. 1190 – 1201, 2008.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física**, v.12, n.3, p. 164-214, 1995.

_____. Un Lugar para La Historia y La Filosofía em La Enseñanza de las Ciencias. **Comunicación, Lenguaje y Educación**. p. 11-12, 141-155, 1991.

MODEL, M. e REID, R. C. **Thermodynamics and its Applications**. 1th edition, New Jersey: Prentice-Hall, 1974.

MÜLLER, I. **A History of Thermodynamics: the Doctrine of Energy and Entropy**. New York City: Springer, 2007.

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de Física para o ensino médio**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo/São Carlos, 2007.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do Conhecimento Cotidiano ao Conhecimento Científico**. Porto Alegre: Artmed, 5ª ed., 2009.

SANTROCK, John W. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: McGraw – Hill, 2009.

SIQUEIRA, M. e PIETROCOLA, M. A Transposição Didática Aplicada a Teoria Contemporânea: A Física de Partículas Elementares no Ensino Médio. **Atas do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF**, Londrina, 2006.

SOUZA FILHO, O. M. **A Evolução da Ideia de Conservação da Energia – Um Exemplo de História da Ciência no Ensino de Física**. São Paulo; IFUSP-FEUSP, 1987.