

Termodinâmica e Revolução Industrial: Uma abordagem por meio da História e da Epistemologia da Ciência

EDVATIO PHYSICORVM



QVO NON ASCENDAM?

ISSN 1870-9095

Debora Samir Conceição de Souza¹, Boniek Venceslau da Cruz Silva²

¹Mestrado Profissional em Ensino de Física. Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, Teresina – PI, Brasil, CEP 64049-790.

²Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, Bairro Ininga, Teresina – PI, Brasil, CEP 64049-790.

E-mail: debora_samir@hotmail.com, boniek@ufpi.edu.br,

(Recibido el 12 de diciembre de 2020, aceptado el 23 de febrero de 2021)

Resumo

De forma geral, alguns trabalhos sobre o Ensino de Ciências relatam as contribuições de episódios históricos na compreensão da Natureza da Ciência. Neste trabalho, apresentamos um episódio histórico do desenvolvimento da Termodinâmica, em meados do século XVIII, e a sua relação com a Revolução Industrial, destacando os acontecimentos políticos, tecnológicos e socioeconômicos da época como influenciadores para tal desenvolvimento. Propomos, ainda, oferecer subsídios à discussão de diversos temas e questões da Natureza da Ciência, tanto do ponto de vista histórico e sociológico como também epistemológicos, a serem problematizados e explorados. Por fim, esperamos que o estudo deste episódio venha contribuir na formação de concepções mais adequadas sobre a Ciência, em um melhor aprendizado dos próprios conceitos científicos, bem como a construção de materiais e estratégias didáticas para o ensino de Física, de forma geral, e de Termodinâmica, de forma específica.

Palavras chave: Natureza da Ciência, História e Filosofia da Ciência, Termodinâmica.

Abstract

In general, some works about the Science Education reports relating to the contributions of historical episodes in the understanding of the Nature of Science. In this work, we present a historical episode of the development of Thermodynamics, in the middle of the 18th century, and its relationship with the Industrial Revolution, highlighting the political, technological and socioeconomic events of the time as influencers for such development. We also propose to offer subsidies to the discussion of several themes and questions about the Nature of Science, both from a historical and sociological point of view as well as epistemological, to be problematized and explored. Finally, we hope that the study of this episode will contribute to the formation of more adequate conceptions about Science, in a better learning of the scientific concepts themselves, as well as the construction of materials and didactic strategies for teaching Physics, in general, and Thermodynamics, specifically.

Keywords: Nature of Science, History and Philosophy of Science, Thermodynamics.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, no campo do Ensino de Ciências discute-se formas de promover um ensino científico de qualidade, contextualizado histórica e socialmente, que problematize visões ingênuas e equivocadas da ciência [1]. Propostas baseadas nessa perspectiva partem da premissa que o aluno além de aprender leis, modelos e teorias, devem ter

conhecimento sobre saberes da natureza do conhecimento científico atualizados.

Estudos têm apontado elementos da História e Filosofia da Ciência (HFC) como uma alternativa à inserção da Natureza da Ciência (NDC) no ensino de ciências (como, por exemplo, [2, 3, 4]).

Assim, a HFC¹ pode colaborar a problematização de diversos saberes relativos à natureza da ciência, como a noção de gênio na Ciência, o qual já nasce dotado para o trabalho, a

¹ Usamos a sigla HFC por questões históricas da área de pesquisa. Queremos deixar claro que compreendemos que outros elementos também podem ser incorporados na construção de propostas de ensino, além dos já destacados *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 15, No. 1, March, 2021*

no corpo do texto. Citando apenas alguns, destacamos os elementos sociológicos e psicológicos da Ciência.

relação entre a ciência e a sociedade, a percepção da ciência como atividade humana, na qual sofre influências de aspectos políticos, religiosos e econômicos, o papel do erro na Ciência e da falibilidade dos cientistas, entre outros. Além disso, a utilização da HFC pode propiciar um melhor aprendizado dos próprios conceitos científicos.

Dessa forma, relatos de episódios da história da ciência podem conferir significados ao processo construtivo social e gradativo do conhecimento científico, permitindo formar uma concepção mais atualizada de elementos da NDC, como, por exemplo, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui na desmitificação do conhecimento científico, sem, no entanto, negligenciar o ensino das Ciências [5].

Nesse ponto, convergimos com os estudos desenvolvidos por Martins (2015) ²[6], o qual apresenta e discute a possibilidade de se trabalhar saberes atualizados da NDC usando temas e questões apresentados no seu trabalho, no lugar de princípios da NDC³, geralmente caracterizados de formas mais generalistas sobre a natureza do conhecimento científico.

A proposta do autor, inclusive, já é utilizada em outros trabalhos [7, 8], que buscam, com base em elementos conceituais, sociológicos e epistemológicos e históricos da Óptica

Dessa maneira, baseando-se nestes trabalhos anteriores, este ensaio objetiva abordar o momento histórico do desenvolvimento da Termodinâmica em meados do século XVIII e a influência da Revolução Industrial, com destaque para os acontecimentos sociais e econômicos da época como influenciadores para tal desenvolvimento, problematizando o modo como esse episódio histórico pode contribuir para a discussão de saberes sobre a Ciência, levado em conta seus aspectos históricos e epistemológicos, principalmente.

II. A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O DESENVOLVIMENTO DA TERMODINÂMICA

A Termodinâmica desenvolveu-se em um período marcado por profundas mudanças econômicas, políticas, tecnológicas e, principalmente, sociais, na Europa, substanciadas pelas modificações das formas de produções. Até meados do século XVIII, a economia europeia, assim como de todas as outras nações, havia sido predominantemente agrária e artesanal. Em um período próximo de cem anos, a Europa, destacada por sítios e pelo trabalho manual, viria a torna-se das fábricas e das maquinarias. Vivenciávamos a Era da Revolução Industrial.

Ela iniciou-se na Inglaterra por volta do século XVIII; contudo explicar os fatores que levaram a sua origem não é simples. Primeiramente, a Revolução não foi apenas desenvolvimento de mecanismos tecnológicos aplicados à produção com objetivos da aceleração do crescimento econômico, mas a transformação decorrente desses fatores, a aceleração de crescimento na estrutura econômica e social

europeia e, por conseguinte, de todo o território [9].

De todas as nações onde poderia ter iniciado a Revolução Industrial, a inglesa é quem dispunha de melhores condições. O período contrastou com o fim do regime absolutista na França e eclosão da revolução francesa; na ocasião, os principados, localizados na atual Alemanha e na Itália, travavam disputas por territórios e influência política [10].

A burguesia ali se apresentava mais solidificada em comparação com a dos outros países, tinha a mais importante zona de livre comércio da Europa e uma localização privilegiada junto ao mar que facilitava a exploração dos mercados ultramarinos, na época era o mais viável e econômico meio de transporte. A economia estava essencialmente voltada à exploração das numerosas colônias, espalhadas pelo mundo.

Outro fator, que merece ser mencionado, é que a burguesia inglesa controlava o Parlamento e, assim, puderam desenvolver uma economia mais independente. As Leis de cercamentos, editadas por sucessivos monarcas ingleses, destituíram terras que eram de uso comum dos camponeses, através da privatização desses locais, realizadas por parlamentares da aristocracia rural. Com os campos destinados à criação de ovelhas e obtenção de lã para alimentar a principal vertente industrial inglesa daquela época – a têxtil –, notou-se, conseqüentemente, a diminuição de áreas destinadas à agricultura, acelerando o processo do êxodo rural da população para as cidades, como ressalta Hobsbawm [9]:

É muito duvidoso que em 1750 ainda existisse um campesinato dono de terras em grandes partes na Inglaterra, e é seguro que não podemos mais falar de uma agricultura de subsistência. Daí não ter havido maiores dificuldades para a transferência de homens de atividades não-industriais para as industriais [9, p. 37].

Com tudo, as vantagens e o avanço britânico no início e durante a Revolução Industrial não se deram em razão de uma superioridade no desenvolvimento científico e tecnológico, pois estavam em uma posição inferior comparados a outras nações. A França, por exemplo, estava mais direcionada às atividades científicas. Dessa forma, a primeira revolução industrial se deu mais com conhecimento técnico do que científico. Os problemas tecnológicos, na maioria, eram “simples” e não se precisava de qualificações científicas especializadas, assim a maioria dos trabalhadores com um mínimo de conhecimento sobre os dispositivos mecânicos conseguiria manuseá-los [9]. Mas, não se pode afirmar que os industriais não estivessem na época, também, em busca da ciência, da tecnologia e de seus benefícios, principalmente os ligados aos campos industriais.

Os processos de produção de bens e mercadorias tornaram-se imensamente grandes, ao ponto de produzirem lucros consideravelmente altos, à baixos custos de produção e da exploração de mercados consumidores externos. Pouco a pouco o trabalho foi se tornando mais organizado e especializado diante das inovações tecnológicas.

O crescimento das atividades industriais ocasionou o

² Para um maior detalhamento sobre a proposta de temas e questões da NDC, sugerimos a leitura do trabalho de Martins (2015) [5].

³ Para uma compreensão mais detalhada da proposta do autor e das críticas contidas aos trabalhos que se valem do uso de princípios da NDC, sugerimos a leitura do artigo de Martins (2015), já citado aqui.

aumento da procura por matéria prima para a produção de carvão vegetal, a principal matriz energética da Inglaterra, tornando-se escassa e de alto custo. Para solucionar o problema que surgirá, a alternativa foi a busca por novas fontes de energia: o carvão mineral.

Com a intensificação do consumo de carvão mineral e a crescente industrialização, teve-se a necessidade de explorar cada vez mais as minas. Dessa forma, algumas delas chegaram a ultrapassar o nível do mar, passando a ter infiltrações nos estágios finais, devido às profundas escavações cortarem os lençóis freáticos.

Nesse contexto, na tentativa de resolver um problema de engenharia nas reservas de carvão, surge-se a necessidade de um método que possibilitasse a retirada da água que inundava as minas. A princípio, as máquinas a vapor desenvolveram-se para satisfazer essa necessidade. Assim, foram criadas as primeiras bombas a vapor, que deram origem ao uso do calor como propulsor de máquinas.

A. Máquinas a vapor

A ideia de que algo pode ser movido a partir do vapor (energia térmica), vem da antiguidade. Têm-se registros do século I a.C. do que poderia ser um motor a vapor, a máquina de Heron de Alexandria, que ele chamou de *eolipila*. O seu funcionamento dava-se segundo o princípio da terceira lei de Newton. Sua máquina não realizava nenhum trabalho útil e não foi formalizado nenhum estudo científico a respeito deste instrumento. Séculos depois, por volta de 1690, Denis Papin (1647-1712) apresentou sua famosa Panela de Pressão, que foi o princípio para o entendimento da existência de uma força elástica no vapor, e que ele poderia produzir movimento.

No entanto, supostamente a primeira bomba construída com esta finalidade, bombear água das minas, foi a do capitão Thomas Savery (1650 - 1715), por volta de 1698, composta por um grande cilindro de metal preenchido com vapor vindo de um ebulidor e uma válvula, a qual cortava o fornecimento, enquanto o cilindro era resfriado por um banho de água fria. O resfriamento provocava a condensação do vapor no interior do cilindro, formando vácuo. Quando atingia a baixa pressão, esta era capaz de “sugar” água de aproximadamente 10 metros abaixo da bomba, após isso um novo ciclo se iniciava [11].

Apesar de inovadora, não se sabe quão eficiente era a máquina de Savery. Uma quantidade muito grande de vapor descarregado no cilindro frio condensava-se para aquecê-lo, o que representava uma perda considerável de potência, isso sem mencionar que as minas continuavam a inundar, possivelmente por decorrência de explosões devido ao uso de vapor em alta pressão e, conseqüentemente, a alta temperatura, duvida-se até que a máquina tenha chegado a funcionar adequadamente.

Por volta de 1712, algumas das necessidades não atendidas pela máquina de Savery puderam ser concretizadas na máquina do ferreiro inglês Thomas Newcomen (1664-1729). Ele, com o invento de uma bomba hidráulica, capaz de realizar a tarefa de bombeamento de água, aperfeiçoou a máquina usando um cilindro com um êmbolo móvel, ligado a

uma grande alavanca. Ela cedia ao contrapeso, puxando o embolo e forçando a entrada do vapor por sucção. Uma vez cheio, o suprimento de vapor era interrompido e um banho de água resfriava o cilindro, condensando o vapor e produzindo vácuo. O peso da atmosfera forçava, então, o embolo para baixo, expulsando a água do cilindro e bombeando a água da mina; devido ao contrapeso, o balanço realizava uma força ascensional, iniciando um novo ciclo [11]. A máquina de Newcomen funcionava muito bem e era um sucesso nas minas de carvão. Sua construção era simples, de baixo custo e sem muita técnica. Dessa forma, qualquer trabalhador conseguiria manuseá-la. Seu único problema estava no alto consumo de combustível no aquecimento da água.

Apesar das melhorias significativas, impostas pela máquina, ficou complexo atender à crescente necessidade do bombeamento de água nas minas, à medida que se tornavam cada vez mais profundas. O conhecimento técnico, que era a base de construção das máquinas na época, não conseguia dá respostas as suas necessidades. Até aquele momento, nenhum construtor, inventor ou idealizador vinham se baseando de conhecimentos dos fenômenos físicos e de conceitos que explicassem o funcionamento destes motores a vapor. Neste período, parece-nos que boa parte estavam mais preocupados em fazer com que as máquinas funcionassem e gerassem lucros; embora, alguns deles, já apontassem para o calor ou fogo como os responsáveis pelo o seu funcionamento.

A academia também já mostrava interesse pelo estudo e melhoramento do funcionamento de máquinas a vapor. Algumas universidades recebiam equipamentos para serem utilizadas nas aulas dos cursos de engenharia e de física, no intuito de obter respostas a estas problemáticas. Começava-se a estreitar a relação entre a técnica e a ciência ou vice-versa. O ambiente acadêmico começou, então, a atrair pesquisadores, cientistas, inventores e detentores de saberes técnicos [10], como, por exemplo, o James Watt (1736-1819).

James Watt era um engenheiro escocês. Ao tomar conhecimento do motor de Newcomen, ele buscou estudá-lo, iniciando com a tarefa de consertar um modelo em escala da máquina dele, o qual era usado em aulas da universidade, mas que, por alguma razão, não era capaz de manter um funcionamento contínuo [12]. Watt também ficou bastante impressionado com a quantidade de calor necessária para colocar a máquina em funcionamento, percebendo que quando o vapor era resfriado no cilindro, perdia-se parte da energia e, conseqüentemente, o seu rendimento.

O vapor passou a ser resfriado no condensador, feito por Watt, em um local reservado da máquina, onde ele procedeu uma série de experiências para entender como o vapor se comportava e, então, identificou que o problema da máquina de Newcomen estava no desperdício de calor no momento do aquecimento das paredes do cilindro, que, posteriormente, eram resfriadas pela injeção de água fria para condensar o vapor. Ele notou que sempre que isso se repetia, em seqüência, ocasionava o resfriamento do cilindro, levando o vapor quente a perder potência para reaquecê-lo no ciclo seguinte.

Interessando-se cada vez mais pela pesquisa no melhoramento das máquinas a vapor, Watt empenhou-se em descobrir como evitar este desperdício e apesar de não ter

nenhuma formação acadêmica, realizou experiências que se enquadram com as atividades científicas.

Inicialmente, James Watt enfrentou alguns problemas em seus estudos. Mesmo já se sabendo na época que diferentes materiais de mesma quantidade necessitavam de diferentes quantidades de calor para serem igualmente aquecidas; não foi fácil encontrar materiais que utilizassem de uma quantidade menor de vapor no aquecimento do cilindro da máquina de Newcomen. Outro problema foi encontrar uma medida precisa de água necessária para a condensação do vapor, pois uma medida a mais resfriaria o cilindro [11].

Finalmente Watt, percebeu que era impossível manter o cilindro sempre quente, uma quantidade de água próxima da ebulição e um vácuo perfeito em seu interior. Não existia meios de evitar que a água vaporizasse e destruísse o vácuo. Foi aí que surgiu a ideia de usar dois cilindros: um que se mantivesse sempre quente, produzindo trabalho mecânico, e outro sempre frio, para que o vapor pudesse ser condensado.

Watt patenteou um novo modelo, uma máquina rotativa de ação dupla, que superou o modelo de máquina de Newcomen e, pela primeira vez, permitiu o aproveitamento do vapor para impulsionar toda espécie de mecanismo. O uso do condensador diminuiu consideravelmente o desperdício de energia e, por consequência, melhorou a potência, a eficiência e a relação custo-benefício. Criou-se assim o sistema das fábricas. As máquinas térmicas foram utilizadas em larga escala nos setores produtivos, modificando os modos de produção, comércio, economia e sociedade em geral, logo, acelerou-se a revolução industrial.

Até o século XVIII, o desenvolvimento das máquinas a vapor foi baseado em tentativas, como destaca Santos [12]:

Os avanços na produção de potência motriz do calor tinham sido obtidos mais a partir de tentativas intuitivas com forte componente do acaso, e sem preocupação com uma sistematização teórica [12, p. 59].

A revolução industrial constituiu-se, sem dúvida, num dos principais fatores externalistas para o desenvolvimento da Física, e, em particular, da Termodinâmica nos séculos XVIII e XIX. Bernal e Rocha [13] corroboram que as mudanças do período (política, socioeconômica e científica) não ocorreram de forma independente e concluem que:

Na realidade, quanto mais estreitas são as relações entre a ciência, a técnica, a economia e a política do período, mais claramente se mostra a formação de um processo único de transformação da cultura. Tal período é de capital importância para o progresso da humanidade [10, p. 141].

No próximo tópico apresentamos algumas perspectivas de se trabalhar este episódio da História da Termodinâmica em sala de aula.

III. ALGUMAS IMPLICAÇÕES PARA DISCUSSÕES DE NDC NO ENSINO DE CIÊNCIAS: O QUE PODEMOS APRENDER COM ESTE EPISÓDIO HISTÓRICO?

A expressão “Natureza da Ciência” é comumente usada pelos pesquisadores da área para se referir a questões do tipo: o que

a ciência é, como ela funciona, como os cientistas atuam como grupo social, como a sociedade influencia e reage aos empreendimentos [14].

Para Forato [15], conhecer sobre as ciências, como ela se desenvolve, seus limites, erros e acertos, influências e não apenas os seus resultados é de grande relevância para o ensino que tenha como objetivo a formação de alunos e professores mais críticos e reflexivos. O episódio apresentado, neste trabalho, nos traz algumas possibilidades para isso.

Dessa forma, propomos abaixo trabalhar saberes da NDC a partir de temas e questões, como sugere Martins [6], os quais ele os apresenta a partir de dois eixos principais: um eixo para discutir aspectos histórico e sociológico e outro para tratar de aspectos epistemológicos. Esses dois grandes eixos estão, obviamente, interrelacionados, como destacou pesquisador no seu texto.

Dentro do eixo sociológico e histórico, poderiam ser discutidos, a partir da História da Termodinâmica, alguns temas e questões, tais como:

TABLA I. Eixo sociológico e histórico: exemplos de temas e questões para discussão de conteúdos de NDC.

Eixo sociológico e histórico	
Exemplos de temas e questões de NDC	Temas e questões de NDC no episódio da termodinâmica
I. Influências históricas e sociais - Como o contexto histórico influencia a ciência?	I. Influências históricas e sociais - Como o contexto histórico da Inglaterra influenciou no desenvolvimento da Termodinâmica?
II. Ciência e tecnologia - A ciência gera a tecnologia ou vice-versa?	II. Ciência e tecnologia - A Ciência da Inglaterra no século XVIII gerou alguma tecnologia ou vice-versa?
III. Questões morais, éticas e políticas - De que modo a economia afeta e é afetada pela ciência?	III. Questões morais, éticas e políticas - De que modo a economia inglesa afetou ou foi afetada pelo desenvolvimento da Termodinâmica?

Fonte: Os autores

A. O desenvolvimento da Ciência pode se relacionar aos aspectos históricos e sociais da época

O episódio estudado retrata alguns pontos que essa relação influenciou no desenvolvimento da Termodinâmica. O século XVIII foi um período marcado por profundas mudanças na Europa, principalmente na Inglaterra, substanciadas pelas modificações das formas de produções e, com isso, o crescimento das atividades industriais, sendo marcado pela busca do melhoramento dos meios de produção. Porém, os problemas de engenharia nas reservas de carvão, principal fonte energética inglesa, eram recorrentes e os conhecimentos técnicos da época não apresentavam respostas para essa problemática. Estes fatores contribuíram para importantes

estudos e pesquisas em busca das melhores técnicas para a elaboração de máquinas, e conseqüentemente, da Termodinâmica.

B. Podemos verificar que o episódio apresenta uma Ciência não isolada, isto é, ciência e a tecnologia geram impacto uma na outra

Tal tema também é abordada pelo episódio, apesar de na época não haver uma grande necessidade de tecnologias avançadas. Além do conhecimento e capacidade dos trabalhadores, é inegável seu papel no processo de industrialização. A tecnologia foi fundamental no melhoramento da técnica das máquinas a vapor e na resolução dos problemas de engenharia nas reservas de carvão. Foi também o ponto de partida para o êxito da indústria pesada, para a evolução dos meios de transporte, dentre outros.

C. A situação política da Inglaterra foi condição favorável para a origem da Revolução Industrial

A burguesia inglesa controlava o Parlamento e assim puderam desenvolver uma economia mais independente. E com as Leis de Cercamentos foram possíveis algumas conquistas de territórios, que visavam a produção de matéria prima essencial para a grande atividade econômica da época, a indústria têxtil.

Assim, no episódio histórico trabalhado, podemos verificar a forte influência de fatores econômicos no processo de industrialização inglês que está diretamente relacionado ao desenvolvimento da Termodinâmica.

Dentro do eixo epistemológico também podem ser discutidos temas e questões de NDC, por exemplo:

TABLA II. Eixo epistemológico: exemplos de temas e questões para discussão de conteúdos de NDC.

Eixo epistemológico	
Exemplos de temas e questões de NDC	temas e questões de NDC no episódio da termodinâmica
I. Papel da observação, experimentação, lógica, argumentos racionais e pensamento teórico - Todos esses aspectos têm peso igual na construção do conhecimento científico?	I. Papel da observação, experimentação, lógica, argumentos racionais e pensamento teórico - Aspectos como observação, experimentação, lógica, argumentos racionais e pensamento teórico, tiveram peso igual na construção e desenvolvimento da Termodinâmica?
II. Poder e limitações do conhecimento científico - O conhecimento científico é verdadeiro? Ele pode ser provado? Ele é definitivo ou pode sofrer	II. Poder e limitações do conhecimento científico - A partir do episódio histórico da Termodinâmica, podemos responder se o conhecimento científico é verdadeiro? Ele pode ser provado? Ele é definitivo ou

alterações ao longo do tempo?	pode sofrer alterações ao longo do tempo?
III. Ciência e tecnologia - De que maneiras ciência e tecnologia se interrelacionam?	III. Ciência e tecnologia De que maneiras a Ciência inglesa no período da Revolução Industrial se interrelacionou com a tecnologia?

Fonte: Os autores

D. A Ciência pode ser guiada pela observação e pela experimentação, como foi no desenvolvimento da Termodinâmica

Não podemos afirmar de fato que tais aspectos tiveram peso igual. Mas, o papel da observação e da experimentação pode ser reconhecido dentro deste episódio, a partir do conhecimento de que o surgimento e desenvolvimento das máquinas a vapor se deu na base da tentativa e erro, e, a partir da observação pura de causa e efeito é que se conhecia os resultados.

E. O conhecimento científico muitas vezes não consegue dar conta de explicar os fenômenos físicos, mesmo os conhecidos

Outra questão que pode ser discutida, é a limitação do conhecimento científico, mesmo já no século XVIII se sabia muito pouco sobre o calor, o vapor e suas propriedades e, conseqüentemente, também pouco se sabia a respeito do funcionamento das máquinas a vapor e dos fenômenos envolvidos. O conhecimento científico não é definitivo, o que se pensava em relação a Termodinâmica no século XVIII, por exemplo, foi ganhando novos significados e sofreu alterações ao longo do tempo.

F. A ciência não segue um modelo rígido, assim, pode influenciar ou ser influenciada por fatores tecnológicos

Por fim, podemos destacar como a tecnologia pode influenciar no desenvolvimento da ciência e vice versa. Neste episódio pudemos observar que a tecnologia das máquinas a vapor foi de grande impacto, influenciando estudos que buscavam entender melhor o que é a Termodinâmica, posteriormente, estes estudos deram base para construção de máquinas mais eficientes.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os usos da HFC são de grande relevância para o ensino das ciências, principalmente quando ansiamos a aprendizagem de saberes da NDC, que também se configuram como componentes da alfabetização científica.

Este episódio histórico, no qual buscamos apresentar a origem e desenvolvimento da Termodinâmica e sua relação com o contexto da Revolução Industrial, marcada pela invenção das máquinas a vapor, pode servir como suporte

para trabalhar diversos saberes sobre a NDC no ensino de ciências, de modo particular, no ensino de física, tanto do ponto de vista histórico e sociológico quanto de um ponto de vista epistemológico. Pontuamos ainda, a importância de suas discussões.

O episódio histórico além de evidenciar a possibilidade de trabalharmos diversos temas e questões da NDC, permite discutir o processo de construção da ciência e quais saberes influenciam e são influenciados na sua elaboração. O desenvolvimento da Termodinâmica, como contextualizamos, tem se mostrado fundamental para o entendimento de que a Ciência não é uma atividade puramente indutiva, empirista e nem se desenvolve fora do contexto social; mas, como resultado das necessidades de determinadas sociedades, principalmente nos seus contextos temporais.

Por fim, esperamos que este episódio, por meio da HFC, venha colaborar a construção de materiais e estratégias didáticas, contribuindo para uma formação mais adequada dos professores sobre a Ciência e, por consequência, aos discentes, a possibilidade de vivenciarem uma nova perspectiva de ensino de (e sobre) Física.

REFERÊNCIAS

- [1] Martins, A.F.P., *História, filosofia, ensino de ciências e formação de professores: desafios, obstáculos e possibilidades*, Educação: Teoria e Prática **22**, 5-25 (2012).
- [2] Forato, T.C.M., Pietrocola, M. e Martins, R. A., *Historiografia e natureza da ciência na sala de aula*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **28**, 27-59 (2011).
- [3] A.F.P., Martins, *História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho...*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **24**, 112-131 (2007).
- [4] Silva, B. V. C., *A Natureza da Ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório*, Latin American Journal of Physics Education **4**, 620-627 (2010).
- [5] Martins, R. A., In: *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*, Editado por C.C. Silva (Livraria da Física, São Paulo, 2006), p. XXI.
- [6] Martins, A.F.P., *Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões"*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **32**, 703 (2015).
- [7] Oliveira, R. A., Martins, A.F.P. e Silva, A.P.B., *Thomas Young e a teoria ondulatória da luz no início do século XIX: aspectos conceituais e epistemológicos*, Revista Brasileira de Ensino de Física **41**, e20180141 (2019).
- [8] Oliveira, R.A., Martins, A.F.P. e Silva, A.P.B., *Temas de Natureza da Ciência a partir de episódios históricos: os debates sobre a natureza da luz na primeira metade do século XIX*, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **37**, 197-2018 (2020).
- [9] Hobsbawm, E. J., *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*, (Forense Universitária, Rio de Janeiro, 2ª ed., 1979).
- [10] Silva, G. R., Errobidart, N.C.G., *Termodinâmica e Revolução industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência*, História da Ciência e Ensino **19**, 71-97 (2019).
- [11] Quadros, S., *A Termodinâmica e a Invenção das Máquinas Térmicas*, (Scipione, São Paulo, 1996).
- [12] dos Santos, Z. T. S., *Ensino de Entropia: Um Enfoque Histórico e Epistemológico*, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, (2009).
- [13] Rocha, J. F., *Origem e evolução das ideias da Física*, (EDUFBA, Salvador, 2002).
- [14] Silva, C.C. e Moura, B.A., *A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana*, Revista Brasileira de Ensino de Física **30**, 1602.1-1602.10 (2008).
- [15] Forato, T.C.M., *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo (2009).