

## UMA UEPS PARA DISCUSSÃO DE CONTEÚDOS METACIENTÍFICOS DA TERMODINÂMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

*A Potentially Meaningful Teaching Units to discuss meta-scientific contents of Thermodynamics content in High School*

**Debora Samir Conceição de Souza**<sup>1</sup>[debora\_samir@hotmail.com]

*Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica  
Universidade Federal de Santa Catarina*

**Boniek Venceslau da Cruz Silva** [boniek@ufpi.edu.br]

*Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Campus Universitário Ministro Petrônio Portella  
CEP: 64049-550 – Teresina – Piauí*

*Recebido em: 22/04/2022*

*Aceito em: 07/11/2022*

### Resumo

No contexto das pesquisas da área de ensino de ciências, a História e Filosofia da Ciência (HFC) tem ganhado espaço como abordagem didática para problematizar aspectos da Natureza da Ciência (NdC). Partindo da premissa que os estudantes apresentam um maior grau de dificuldades para entender alguns princípios científicos, quando expostos de maneira descontextualizada de sua História, este trabalho relata um recorte de uma investigação maior que se propôs a investigar a potencialidade de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) no ensino de conteúdos sobre a Termodinâmica na Educação Básica. Nesta primeira parte, buscamos apresentar as implicações sócio, históricos e filosóficos da proposta no ensino de conteúdos metacientíficos referentes ao campo da Termodinâmica. Como principais resultados podemos notar que o interesse, discussão e reflexão gerados nos textos históricos didáticos influenciaram na assimilação de conteúdos da Termodinâmica, motivando os alunos a saberem mais sobre aspectos Natureza da Ciência inerentes aos episódios estudados. Por fim, o ensino contextualizado do episódio da Revolução Industrial atrelado com conteúdo da Termodinâmica propiciaram uma melhor compreensão, por exemplo, dos motivos que a levaram.

**Palavras-chave:** História e Filosofia da Ciências; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Termodinâmica; Educação Básica.

### Abstract

In the context of research in the area of Science Education, the History and Philosophy of Science (HFC) has gained space as a didactic approach to problematize aspects of the Nature of Science (NOS). Using the premise that students have a greater degree of difficulty in understanding some scientific principles, when exposed in a decontextualized way of their History, this paper shows a work that proposed to investigate the potential of a Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU) in teaching about Thermodynamics content in High School. In this first part, we show the socio-historical and philosophical implications of the proposal in the teaching of meta-scientific contents referring to the field of Thermodynamics. As main results, we can notice that the interest, discussion and reflection generated in the historical didactic texts influenced the assimilation of contents of Thermodynamics, motivating students to know more about the Nature of Science aspects inherent to the episodes studied. Finally, the contextualized teaching of episodes of the Industrial Revolution

---

<sup>1</sup> No momento da pesquisa, a primeira autora era discente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo da UFPI. A investigação foi desenvolvida na escola que a professora era lotada na época.

linked with contents of Thermodynamics provided a better understanding, for example, of the reasons that led to it.

**Keywords:** History and Philosophy of Science; Potentially Meaningful Teaching Units; Thermodynamics; High School.

## 1. Introdução

O conceito de Ciência neutra, isolada de um contexto social e histórico, quase sempre associada a imagem masculina, que trabalham isoladamente, e estão acima do bem e do mal, são algumas visões não adequadas sobre o trabalho científico carregadas por nossos alunos, o público em geral e até professores de Ciências (CARVALHO, 2014; GIL PEREZ et al., 2001; TEIXEIRA; FREIRE JR.; EL-HANI, 2009; SOUZA, 2021).

As propostas atuais de ensino vêm mostrando uma preocupação em possibilitar um ensino de ciências de forma contextualizada, possibilitando que os alunos aprendam não somente Ciência, mas também *sobre* a Ciência (evolução, história e suas relações com a sociedade) na busca da promoção de um ensino científico de qualidade. Entretanto, apesar das mudanças no sistema educacional, nas últimas décadas, ainda prevalecem não só no Brasil como também em outros países, em vários níveis de desenvolvimento, a tendência de currículos tradicionalistas que apresentam, no seu cerne, a finalidade de "passar" nas avaliações e na realização de um bom exame de ingresso no ensino superior (KRASILCHIK, 2000).

O que observamos é que as Ciências em geral, especialmente o ensino de Física, são ministrados num formato que ateam a memorização de fórmulas matemáticas e como aplicá-las para a resolução de problemas sem nenhuma significação, que já tem se mostrado ineficazes, tanto do ponto de vista dos estudantes e professores, quanto das necessidades da sociedade. Dentro dessa perspectiva, acreditamos ser preciso repensar não apenas uma reestruturação no currículo do ensino de Ciências em termos de conteúdo, mas, sobretudo, a renovação na prática profissional docente através do uso de novas metodologias de ensino, favorecendo um ambiente de sala de aula mais investigativo, significativo e favorável aos discentes.

Um das saídas para reestruturação não somente dos currículos, mas também das práticas docentes é a inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino de Física. No que concerne aos currículos, ela já vem sendo notada. Por exemplo, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio ressaltam, em suas diretrizes, as perspectivas quanto ao uso da História Ciência no ensino de Física. Ele diz:

O uso da História da Ciência para enriquecer o ensino de Física e tornar mais interessante seu aprendizado, aproximando os aspectos científicos dos acontecimentos históricos, possibilita a visão da ciência como uma construção humana. Esse enfoque está em consonância com o desenvolvimento da competência geral de contextualização sociocultural, pois permite, por exemplo, compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época (BRASIL, 2006, p. 64).

Recentemente, a Base Nacional Comum Curricular, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, também destacou esse ponto. Ela diz:

A contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. [...] Ainda com relação à contextualização histórica, propõe-se, por

exemplo, a comparação de distintas explicações científicas propostas em diferentes épocas e culturas e o reconhecimento dos limites explicativos das ciências, criando oportunidades para que os estudantes compreendam a dinâmica da construção do conhecimento científico (BRASIL, 2018, p.550).

Além dos documentos oficiais das áreas (que deveriam nortear os currículos da educação básica e da formação de professores de Física), a relevância do uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino e aprendizagem das ciências vem sendo destacada em muitos trabalhos (como, por exemplo, MATTHEWS, 1995; MARTINS, 2007; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2012; SILVA, 2020; SOUZA; SILVA, 2021). Sua abordagem didática pode trazer benefícios em vários níveis de ensino, seja para a contextualização do ensino de ciências, aprendizagem de conceitos científicos, a compreensão da Natureza da Ciência (NDC) ou mesmo como possibilidade de formação de cidadãos críticos e atuantes.

Uma alternativa à inserção da HFC, tem sido através de episódios históricos. Acreditamos, dessa forma, possibilitar um melhor entendimento dos fenômenos físicos, da sua abstração e, principalmente, da sua natureza, muitas vezes renegados nas aulas de Física conteudistas e de natureza propedêutica. Nesse sentido, HFC aparece como uma abordagem de potencial à inserção NDC no ensino de ciências (FORATO, 2009; MOURA, 2014; MARTINS, 2015).

Por exemplo, para Carvalho (2014) relacionar os conceitos físicos a um episódio histórico pode apresentar uma imagem menos tópica ou estereotipada da Ciência e dos cientistas; gerando mais interesse pelo seu estudo e proporcionando uma participação mais ativa dos discentes no processo de ensino e aprendizagem.

Já para Martins (2007), o uso da HFC no ensino de ciências a partir do estudo de episódios históricos pode contribuir na formação de uma concepção mais adequada e atualizada sobre a NDC, destacando, por exemplo, as limitações da Ciência e suas relações com outros domínios, podendo ainda auxiliar no próprio aprendizado dos conteúdos científicos.

Neste trabalho, no intuito de procurar compreender a interface entre episódios históricos, HFC e discussão de aspectos da NDC no ensino de física, tomamos como base o episódio da Revolução Industrial e o desenvolvimento das máquinas a vapor, restrito aos séculos XVII, XVIII e meados do século XIX, ocorrido na Inglaterra.

Na análise do episódio histórico procuramos investigar como o contexto da Revolução Industrial, os acontecimentos políticos, socioeconômicos, tecnológicos e o trabalho dos estudiosos, que estavam envolvidos na construção de máquinas a vapor, entrelaçam-se entre si e como eles influenciaram (ou não) no desenvolvimento da Termodinâmica.

Assim, neste estudo, em especial, pretendemos oferecer subsídios que possam vir a responder à seguinte questão-foco: *De que forma a História e Filosofia da Ciência, mediada por uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, pode contribuir na aprendizagem de conteúdos metacientíficos da Termodinâmica, no ensino médio?*

Nos próximos tópicos, iremos aprofundar no referencial teórico deste trabalho.

## **2. O que são Unidades de ensino potencialmente significativas?**

De acordo com Moreira (2011), as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas são sequências de ensino com uma fundamentação teórica, voltadas diretamente ao contexto de sala de aula e preparadas para potencializar a aprendizagem significativa, particularmente, nesta investigação, a da aprendizagem significativa de Ausubel.

As unidades de ensino proposta por Moreira, também se apoiam nas Teorias de Educação de Joseph D. Novak (1977) e de D. B. Gowin (1981), a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987), a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud (1990), e a Teoria dos Modelos Mentais de Philip Johnson-Laird (1983).

Segundo Faccin e Garcia as UEPS de modo geral,

[...]podem contribuir na ocorrência de aprendizagem significativa, porque neste enfoque os conceitos são abordados de maneira progressiva em nível de complexidade, a avaliação é feita durante toda a implementação e não somente ao final do processo de ensino/aprendizagem, com estratégias que estimulam a criatividade do aluno, relacionando os conceitos com assuntos presentes no cotidiano do aluno (FACCIN; GARCIA, 2017, p.27).

Para elaboração e organização das UEPS, segundo Moreira (2011), há alguns princípios norteadores a serem seguidos, dentre os quais destacamos os seguintes como importantes nesse estudo:

(a) O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa; (b) Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa; (c) É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento; (d) Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios; (e) São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa e devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; (f) A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva; (g) O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno; (h) Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino; (j) Essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo, ou seja, na medida em que for também mediador da aprendizagem; (l) A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica e (m) A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas mecânica (MOREIRA, 2011, p.2-3).

Sendo assim, para alcançar a aprendizagem significativa (ou elementos que a possam caracterizar) de um determinado domínio de conhecimentos, Moreira (2011) propõe o uso de uma UEPS. Sua elaboração contempla oito aspectos sequenciais (passos) que auxiliarão o professor na sua elaboração, cabendo-lhe buscar a melhor forma de segui-los e adaptá-los a sua realidade escolar, conforme destacamos, a seguir:

*1º passo:* Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico; *2º passo:* Criar/propor situação(ões) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema; *3º passo:* Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento que se pretende ensinar; *4º passo:* Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino; *5º passo:* Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação, porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; *6º passo:* Dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; *7º passo:* A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve

ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo e 8º passo (MOREIRA, 2011, p.3-5).

Por fim, o autor esclarece que a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa. No próximo tópico, fazemos algumas relações entre as UEPS e a HFC.

## **2.1. Possibilidades de construção de uma UEPS baseada na História e Filosofia da Ciência. O que inserir? Como trabalhar temas e questões de NDC na UEPS?**

Como já abordado anteriormente, as UEPS são sequências de ensino com uma fundamentação teórica voltada diretamente ao contexto de sala de aula, preparadas para potencializar a aprendizagem significativa. Bem construídas, elas possuem um potencial pedagógico extremamente favorável à construção de uma proposta de ensino que valoriza os conhecimentos prévios dos alunos. Neste trabalho, advogamos que é possível por meio dessas UEPS inserir a HFC no ensino, seja por meio de experimentos históricos, mapas conceituais, textos históricos, debates, Histórias em Quadrinhos (HQs), dentre outras; como mostraremos na nossa própria proposta, aqui, detalhada nos aspectos metodológicos de ensino.

Dessa forma, partimos, neste estudo, da compreensão que uma aprendizagem ocorre também em virtude do uso de materiais potencialmente significativos a serem propostos como uma estratégia potencialmente facilitadora de uma aprendizagem significativa. No entanto, é preciso encontrar algumas estratégias didáticas adequadas que ajudem na melhoria da inserção destes referenciais, bem como as suas discussões na sala de aula. Assim, encontramos nas UEPS uma possibilidade de se trabalhar com a HFC. Tomando esse ponto de partida, esperamos dar um maior significado ao ensino de Ciências, melhorando, assim, as suas visões, particularmente, a de (e sobre) Física.

Nesse sentido, uma das possibilidades utilizada com frequência são os textos históricos com fins pedagógicos. Segundo Nascimento (2004), textos dessa natureza apresentam-se contra algumas barreiras relacionadas aos conhecimentos científicos, pois, bem construídos e articulados, podem demonstrar o processo de construção da Ciência de forma geral, e da Física, em particular, de maneira mais clara, acentuando e potencializando temas e questões da NDC [conforme esclareceu Martins (2015)] ausentes, geralmente, nas propostas mais propedêuticas de ensino de Física.

Assim, os textos históricos como ferramentas didáticas pretendem, também, mostrar diversos aspectos da NDC, os quais, atualmente, vêm se mostrando como de suma importância para problematizar visões ingênuas e equivocadas da Ciência, principalmente em tempos de negacionismos dela própria. Além disso, os textos históricos podem:

(a) propiciar a leitura de textos científicos, possibilitando a discussão de trechos de textos originais de estudiosos, filósofos naturais e cientistas; (b) servir de ferramenta para a apresentação de situações-problemas de forma aberta; possibilitando a elaboração de estratégias didáticas que se aproximem dos verdadeiros problemas que serviram de fundamentos para o surgimento de determinado conceito científico e (c) servir de momento reflexivo para os estudantes, a partir do momento que muito dos modelos criados por ele (SILVA, et al. 2014, p. 41).

A elaboração desse tipo de texto tem sido por feito, geralmente, por meio de episódios históricos da Ciência. Porém, ressaltamos os cuidados que devem ser tomados no momento da elaboração, como, por exemplo: falta de compreensão de aspectos historiográficos, epistemológicos e didáticos da Ciência. Nos dias atuais, essa forma de utilizar a HFC vem sendo utilizada constantemente e com diferentes públicos.

Além do seu uso em sala de aula com alunos, tanto na discussão de aspectos científicos como aspectos sobre a Ciência, esse tipo de propostas também tem sido utilizado em ocasiões de formação continuada com professores em exercício, com a finalidade de recriar uma ocasião para o docente refletir suas práticas, gerando melhorias em suas salas de aula (MARTINS, 2007).

Nesse trabalho, em especial, para discutir aspectos da NDC em sala de aula, tomamos como pano de fundo o trabalho de Martins (2015). Assim, mostraremos como ele se articula como o episódio histórico<sup>2</sup> que escolhemos.

Assim, com base na proposta do autor citado, iremos trabalhar saberes da NDC, dentro da UEPS, fazendo relações entre aspectos da História da Termodinâmica e os temas e questões de NDC contido na proposta do pesquisador. Tomemos como exemplo os quadros 1 e 2 nos quais são apresentadas as relações possíveis feitas e trabalhadas dentro da UEPS, principalmente nos textos históricos didáticos elaborados.

**Quadro 1. Eixo epistemológico:** exemplos de temas e questões para discussão de conteúdos de NDC nos textos 1 e 2

Conteúdos físicos abordados	Exemplos de temas e questões de NDC	Temas e questões de NDC no episódio da termodinâmica
TEXTO 1		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalho;</li> <li>• Equilíbrio termodinâmico;</li> <li>• Transformação de energia;</li> <li>• Leis da Termodinâmica.</li> </ul>	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?
TEXTO 2		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Calor</li> <li>• Discussão sobre a natureza do calor.</li> </ul>	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 na construção e desenvolvimento dos conceitos da temperatura e do calor?
	II. Poder e limitações do conhecimento científico - O conhecimento científico é verdadeiro? Ele pode ser provado? Ele é definitivo ou pode sofrer alterações ao longo do tempo?	II. Poder e limitações do conhecimento científico - A partir do episódio histórico da Evolução histórica dos conceitos de Temperatura e da natureza do Calor, podemos responder se o conhecimento científico é verdadeiro? Ele pode ser provado? Ele é definitivo ou pode sofrer alterações ao longo do tempo?

Fonte: Construído com base no texto de Martins (2015)

<sup>2</sup> Para maiores detalhes sobre o episódio histórico trabalhado, consultem Souza e Silva (2021) e Souza (2021).

**Quadro 2. Eixo sociológico e histórico:** exemplos de temas e questões para discussão de conteúdos de NDC abordados nos textos 1 e 2

Conteúdos físicos abordados	Exemplos de temas e questões de NDC	Temas e questões de NDC no episódio da termodinâmica
TEXTO 1		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalho;</li> <li>• Equilíbrio termodinâmico;</li> <li>• Transformação de energia;</li> </ul> Leis 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?
TEXTO 2		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Calor</li> <li>• Discussão sobre a natureza do calor.</li> </ul>	I. Ciência e tecnologia - A ciência gera a tecnologia ou vice-versa?	I. Ciência e tecnologia - Como o avanço dos estudos relativos evolução da técnica do termômetro influenciou no desenvolvimento da natureza do calor e do conceito de temperatura?
	II. Controvérsias históricas e contemporâneas na ciência - Os cientistas podem discordar entre si? Quais as possíveis razões para a ocorrência de uma discordância?	II. Controvérsias históricas e contemporâneas na ciência - Como as divergências existentes entre as teorias do calor (fluido x substância) contribuíram para os estudos a respeito desse fenômeno?

Fonte: Construído com base no texto de Martins (2015)

No próximo tópico, iremos abordar os aspectos metodológicos da pesquisa, como também iremos detalhar a UEPS.

### 3. Aspectos metodológicos da pesquisa e da proposta da UEPS<sup>3</sup>

#### 3.1. Detalhando a metodologia de pesquisa

Esse estudo apresenta uma abordagem qualitativa e explicativa, com características de uma pesquisa-ação (MASSONI; MOREIRA, 2016, p. 52). O foco desse tipo de estudo é diagnosticar e compreender os fenômenos sociais dos protagonistas envolvidos, com a intenção de explicar as razões

<sup>3</sup> Como destacado no título e pergunta problema do trabalho, iremos centralizar a nossa discussão nas atividades que abordam de forma direta aspectos da NdC. Esclarecemos, conforme pode ser observado no quadro 3, que a UEPS é mais ampla e contém outras atividades não necessariamente com preocupações relacionadas aos estudos da NdC, como, por exemplo, as aulas expositivas de resolução de exercícios. Para uma compreensão total da UEPS, consulte Souza (2021).

e causas de determinados fenômenos, por meio do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados

Para Fiorentini e Lorenzato (2012, p.112), o papel desempenhado pelo pesquisador, neste tipo de estudo, é *“se introduzir no ambiente a ser estudado não só para observá-lo e compreendê-lo, mas sobretudo para mudá-lo em direções que permitam a melhoria das práticas e maior liberdade de ação e de aprendizagem dos participantes”*, caracterizando este estudo, também, como pesquisa-ação, a qual possibilita o professor/pesquisador conhecer/compreender a realidade em que os alunos, buscando a construção de uma intervenção didática orientada e mais direcionada para os problemas descritos no decorrer da pesquisa.

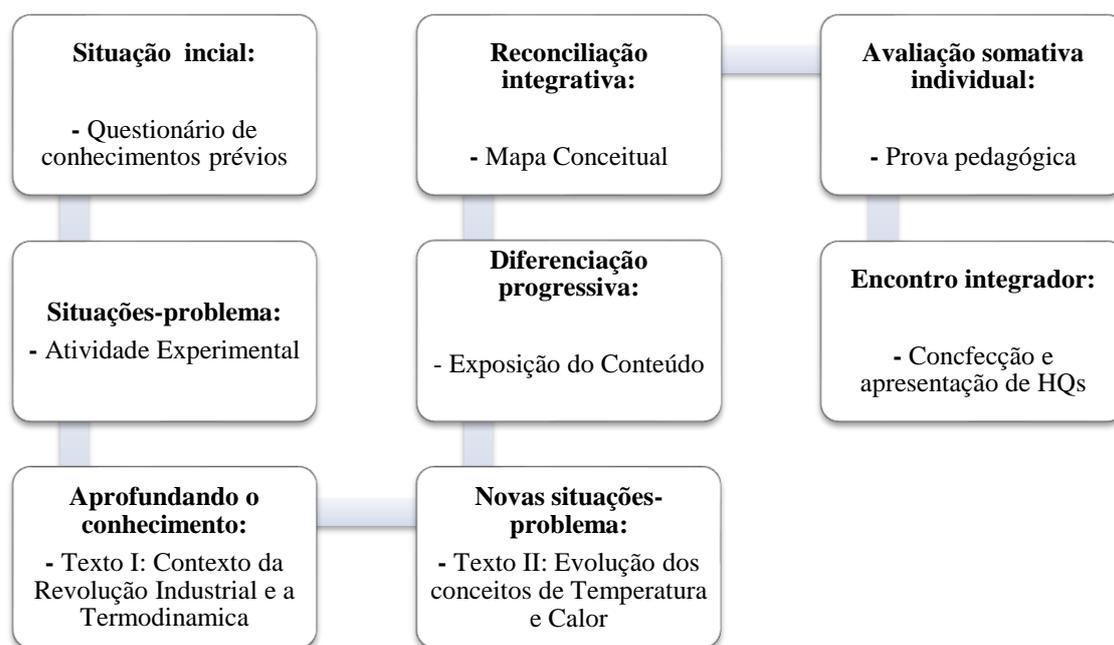
Sendo assim, a pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública do estado do Piauí. Atualmente, atende primeira, segunda e terceira séries do ensino médio, nos três turnos. No turno noturno, ela atende alunos do Programa Nacional de Integração da Educação Profissional (PROEJA). Os colaboradores/participantes da pesquisa foram alunos da 2ª série do ensino médio. Participaram da pesquisa, as turmas A e B, sendo 21 e 19 alunos, respectivamente.

Para mantermos o sigilo sobre a participação dos alunos, esses foram identificados por um código composto pela letra A e B (referente a “turma”) e por um número, começando pelo número 1 até o 21, ou até 19, dependendo da turma na qual estava matriculado. Assim, temos os participantes A1, A2, A3... A21 e os participantes B1, B2, B3...B19.

A tomada dos dados, foram realizadas de diversas maneiras. Elaboramos e aplicamos as técnicas/instrumentos de produção de dados atendendo a abordagem e os objetivos desta pesquisa e, ainda, considerando que este estudo envolveu a construção de uma UEPS direcionada ao conteúdo de Termodinâmica para 2ª série do Ensino Médio, conforme destacado no quadro 3 (abaixo).

O estudo foi desenvolvido partindo-se da elaboração e avaliação da UEPS, criada de acordo com os passos propostos por Moreira (2011). Para a avaliação dos dados obtidos através desta unidade, utilizou-se a Análise de Conteúdo (AC) de Bardin (2011, p. 35), definida pelo autor como sendo *“um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens”*

Assim, após a organização dos dados produzidos através de toda UEPS, da observação, participação e dos registros feitos, como processo de sistematização e análise dos dados, foram analisados à luz do referencial teórico que orientou este estudo - a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, as relações da História e Filosofia da Ciência no ensino de Física e do dispositivo analítico AC em Bardin.

**Quadro 3.** Síntese da pesquisa (instrumentos de coleta de dados) e sua relação com a UEPS

Fonte: Os autores

Dessa forma, durante o processo de aplicação UEPS, coletamos mensagens, manifestadas tanto de modo escrito e oral, como também outras manifestações visíveis ou silenciosas que foram percebidas ao longo dos encontros, orientando a criação das categorias de análise da pesquisa a serem trabalhadas.

Sendo assim, seguindo as orientações de Bardin (2011), acerca da sequência metodológica para a organização da AC, estabelecemos 3 (três) categorias, como mostrado na figura 1 abaixo, que nos possibilitaram encontrar resposta para a questão problema desta pesquisa: *De que forma a História e Filosofia da Ciência, mediada por uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, pode contribuir na aprendizagem de conteúdos metacientíficos da Termodinâmica, no ensino médio?*

**Figura 1.** Categorias prévias de análise empíricas deste estudo<sup>4</sup>

<b>Categorias empíricas</b>		
Conhecimentos prévios dos alunos investigados acerca de conceitos relacionados sobre a Termodinâmica e da NDC.	Possibilidades da UEPS como mediadora da aprendizagem	Significações produzidas pelos alunos a partir do desenvolvimento da UEPS sobre a Termodinâmica, com enfoque na Teoria da Aprendizagem Significativa e na HFC.

Fonte: Os autores

<sup>4</sup> No recorte deste trabalho, estamos investigando (detalhando) a potencialidade da UEPS para a discussão de questões sobre a Termodinâmica (questões metacientíficas), ou seja, as categorias 1 e 3. Em outro trabalho, foi discutido os elementos que sustentam a UEPS para o ensino de conceitos da Termodinâmica e as suas relações com a teoria do Ausubel, que a deu suporte (Autores, 2022).

### 3.2. Detalhando a UEPS e as atividades de cunho histórico-filosófica

Como já descrito, a UEPS construída e aplicada teve como objetivo trabalhar conteúdos metacientíficos da Termodinâmica. Embora, a partir de agora, ela seja apresentada na sua completude, vale ressaltar, que neste trabalho iremos discutir a sua potencialidade para abordar tais conteúdos, principalmente as atividades nas quais os conteúdos físicos, históricos e epistemológicos estejam entrelaçados entre si (sem desconsiderar, contudo, a importância das demais atividades para a sequência lógica da UEPS). Assim, ela é descrita no quadro 4.

**Quadro 4 – Síntese da UEPS<sup>5</sup>**

Disciplina: física		Série/turma: 2ª série do ensino médio		Duração: 18 aulas	
<p><b>Competências e Habilidades da Base Nacional Comum Curricular na UEPS:</b></p> <p><b>Competência 1</b> - Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.</p> <p><b>Habilidade:</b> EM13CNT102 - Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.</p> <p><b>Habilidade:</b> EM13CNT301 - Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p> <p><b>Habilidade:</b> EM13CNT305 - Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.</p>					
Etapa	Conteúdos /texto	Procedimento/ metodologia de ensino	Objetivos	Duração da aula	
Situação inicial	Temperatura/ calor/ sensação térmica/ energia interna/transferência de energia/trabalho.	Aplicação de um questionário objetivo e discursivo sobre conceitos de (e sobre) Termodinâmica	Averiguar os conhecimentos prévios dos discentes a respeito de conceitos da Termodinâmica e de aspectos da Natureza da Ciência (NdC)	1 aula	
Situações-problema inicial	Pressão/calor/ volume/transformação de energia	Será desenvolvida uma atividade experimental que consiste na construção de um modelo rudimentar de máquina térmica.	Demonstrar o princípio de funcionamento das máquinas térmicas e introduzir os conceitos de pressão, calor e volume, através de um experimento.	1 aula	
Aprofundamento do	Contexto histórico da Termodinâmica (Revolução industrial/máquinas térmicas)	Aplicação e Análise de um texto histórico sobre a Revolução Industrial e a História da Termodinâmica.	Apresentar o contexto histórico da Termodinâmica e as conexões existentes entre a Revolução	3 aulas	

<sup>5</sup> No quadro 4, destacamos as etapas da UEPS que envolvem, diretamente, elementos da HFC. Eles serão analisados. Entendemos que dentro da UEPS, todas as etapas dela são interligadas e os outros momentos podem (ou devem) ter relação com os que serão minuciosamente investigados, mas devido a delimitação “física” do artigo deixamos claro o porquê da não avaliação completa dos dados da UEPS.

conhecimento			Industrial, o contexto cultural, social, político e econômico da época, as Máquinas térmicas e a Ciência termodinâmica e como uma exerceu influência sobre outra	
Novas situações-problema	Calor/ Temperatura/ NdC	Aplicação e análise de um texto histórico sobre calor e temperatura.	Apresentar e discutir os aspectos, físicos, históricos e de NdC encontrados no texto II.	3 aulas
Diferenciação progressiva:	Leis da Termodinâmica	Exposição dialogada das Leis da Termodinâmica, fazendo uso de uma sequência de apresentação de slides.	Diferenciando energia interna, trabalho e calor, e o princípio de conservação de energia (1ª lei da Termodinâmica).	3 aulas
Reconciliação integrativa	Retomada dos conteúdos	Retomada dos conteúdos em aspectos mais gerais e construção de mapas conceituais pelos alunos.	Fazer a retomada dos conteúdos em aspectos mais gerais, apresentar suas relações, semelhanças e diferenças.	2 aulas
Avaliação individual	Calor/ Temperatura/ NdC/ Leis da Termodinâmica/ Máquinas térmicas	Aplicação da Prova pedagógica	Avaliar a capacidade dos alunos na resolução de problemas numéricos e conceituais.	2 aulas
Encontro final integrador	Calor/ Temperatura/	Construção e apresentação de uma história em quadrinhos sobre calor e temperatura.	Conhecer as assertivas dos alunos acerca de situações cotidianas que envolvem conceitos de calor e temperatura.	2 aulas
Avaliação de aceitação da UEPS		Questionário final	Verificar a relevância da proposta e ensino como facilitadora da aprendizagem da Termodinâmica.	1 aula

Fonte: Os autores

### 3.3. Os instrumentos de coleta de dados

Como já destacado, a UEPS é ampla e buscava discutir conceitos de (e sobre) a Termodinâmica. Neste trabalho buscamos aprofundar as atividades que deram (maior) suporte para a discussão de temas e questões de NDC, que refletem conteúdos metacientíficos, a saber: o questionário de concepções prévias, os textos históricos didáticos e questões da avaliação final<sup>6</sup>, que envolveram aspectos da HFC.

O questionário de concepções prévias buscava investigar alguns conteúdos metacientíficos contidos nos estudantes/participantes da pesquisa<sup>7</sup>, são eles: conhecimentos sobre o que é a Ciência

<sup>6</sup> Os textos históricos, o questionário de conhecimento prévio, a avaliação final, bem como todas as outras atividades didáticas que compõe a UEPS podem ser encontradas em Souza (2021).

<sup>7</sup> Vale destacar que foi a primeira vez que os estudantes foram expostos ao debate envolvendo conteúdos metacientíficos.

e seus objetivos, a imutabilidade de teorias científicas, o mito do gênio da Ciência e o conhecimento anterior de estudiosos/personagens da Termodinâmica<sup>8</sup>.

Outro instrumento de coleta de dados utilizado, foram os textos históricos didáticos. Vale ressaltar que eles também serviram como instrumentos para discussão dos temas e questões de NDC já destacados nos quadros I e II. Assim, iremos destacar a metodologia de uso, finalidade e objetivos das questões dos textos históricos didáticos usados na UEPS. Inicialmente, apresentamos a metodologia de uso. Para o trabalho com os textos didáticos históricos deve-se:

1. Leitura prévia e individual dos textos, com sintetize por meio de resumos ou diagramas. Lembrando que os textos devem ser entregues em aulas anteriores ao seu uso, pois esta etapa é uma atividade extraclasse.
2. Na aula posterior deve ser feita a leitura do texto de forma coletiva e coordenada pelo professor.
3. Após a leitura coletiva, em pequenos grupos, os alunos respondem as questões ao final do texto (sem intervenção docente e, se possível, o debate deve ser motivado na resolução das questões).
4. Depois da resolução das questões, o professor deve problematizar as questões de cada atividade e os temas e questões de NDC contidos nos textos, conforme segue nos quadros abaixo.

Nos quadros que seguem, iremos apresentar os objetivos das questões contidas nos textos.

**Quadro 5 - Objetivos das questões do Texto Histórico 1 e 2**

<b>Questões</b>	<b>Objetivos</b>
<b>TEXTO 1</b>	
Questão 1	Discutir a influência dos fatores sócio/econômicos como determinantes para ocorrência da Revolução Industrial.
Questão 2	Discutir como a tecnologia, a economia e a ciência geraram impactos uma na outra.
Questão 3	Estimular a reflexão de ciência como construção humana e fruto de um trabalho coletivo, apresentando os nomes mais importantes no estudo e no melhoramento da técnica das máquinas.
Questão 4	Verificar como o aluno enxerga o desenvolvimento do conhecimento científico.
Questão 5	Compreender a influência da Revolução Industrial e dos fatores sócio/econômicos no desenvolvimento da Física, de forma geral, e da termodinâmica, de forma específica.
<b>TEXTO 2</b>	
Questão 6	Verificar as ideias e as percepções dos alunos relacionadas à natureza do calor e da temperatura.
Questão 7	Verificar como o aluno enxerga o desenvolvimento do conhecimento científico
Questão 8	Apresentar a Ciência aos alunos, como dinâmica e sujeita a mudanças a partir das contribuições de Rumford na derrubada de uma teoria e formação de novas.

Fonte: Os autores

<sup>8</sup> Os estudantes/participantes já tiveram uma discussão sobre a Termodinâmica no ensino fundamental.

Por fim, na avaliação final foram incluídas algumas questões que envolviam conteúdos sobre a Termodinâmica no sentido de uma última averiguação da aprendizagem de conteúdos metacientíficos dos alunos pela UEPS. No próximo tópico, iremos apresentar nossa discussão dos dados.

#### 4. Um olhar para a aprendizagem dos conteúdos metacientíficos a partir de elementos da UEPS

##### 4.1 O questionário de conhecimentos prévios

O questionário de concepções prévias buscava investigar alguns conteúdos metacientíficos contidos nos estudantes/participantes da pesquisa<sup>9</sup>, são eles: conhecimentos sobre o que é a Ciência e seus objetivos, a imutabilidade de teorias científicas, o mito do gênio da Ciência e o conhecimento anterior de estudiosos/personagens da Termodinâmica. Neste tópico, serão analisados os dados coletados pelas atividades e práticas elaboradas na aplicação da UEPS. Para melhor compreensão dos resultados, a análise seguirá a sequência dos passos/atividades propostas na UEPS com elementos explícitos sobre a HFC e destacados, como pode ser visto no quadro 4. Fizeram-se presentes e participaram 40 (quarenta) estudantes das turmas de 2ª série do ensino médio. Por não haver diferenças significativas nas repostas dadas nas diferentes turmas, não se percebeu a necessidade de analisá-las separadamente.

##### 1. Para você, o que é ciência? Quais os seus objetivos?

Observemos que apenas 32 participantes responderam esta questão. Nela, classificamos as respostas dadas em 4 categorias, destacando as que apresentaram maior índice de aparição, dessa forma se aproximando das concepções dos participantes sobre a natureza da ciência. Abaixo, podemos observar o quadro 6:

**Quadro 6.** Categorização sobre concepções de ciência

Unidade de análise	Categorias	Exemplo de respostas dos alunos	Participantes/ %
Concepções sobre ciência	Estudo das causas dos seres vivos e da natureza	A13: Ciência é o estudo das causas, dos seres vivos e da natureza	12 (30%)
	Estudo do corpo humano	B12: A Ciência estuda o corpo humano. É também por onde se obtém conhecimento detalhado de uma determinada doença.	3 (7,5%)
	Descoberta e pesquisa científica	B03: A Ciência tem uma relação direta com a pesquisa científica sobre alguma área de estudo.	8 (20%)
	Está relacionada ao conhecimento	A08: A ciência é um caminho para chegar ao conhecimento de uma área específica ou mesmo no geral.	9 (22,5%)

<sup>9</sup> Vale destacar que foi a primeira vez que os estudantes foram expostos ao debate envolvendo conteúdos metacientíficos.

Nenhuma resposta	-	8 (20%)
Total		40 (100%)

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Como podemos observar, os participantes da pesquisa têm algumas concepções a respeito do que é ciência, embora 12 (doze) deles tenha colocado como resposta a questão, está a ciência relacionada ao estudo das causas dos seres vivos e da natureza. Para elucidar as respostas na coluna de respostas dos alunos, note o que diz o participante A13: “*Ciência é o estudo das causas, dos seres vivos e da natureza*”. 03 (três) deles responderam que é o estudo do corpo humano, 08 (oito) responderam que ciência é uma descoberta científica e 09 (nove) disseram se tratar de conhecimento, sem explicitar nenhum tipo. Os outros 08 (oito) participantes não deram qualquer tipo de resposta a questão.

Nas duas primeiras categorias as respostas mostradas pelos participantes são relacionadas ao campo da biologia (seres vivos, natureza, corpo humano, entre outras). Mesmo que não tenhamos realizado um estudo aprofundado quanto a isto, este fato pode também foi constatado por Silva (2010). Segundo o autor, dentre outros fatores, “*isso possa ser explicado pelo fato que, geralmente, no ensino fundamental, o estudo de ciências seja focado nas ciências biológicas e em professores com formação específica nesse campo e pouco conhecimentos nas outras ciências da natureza*”.

Nas outras duas categorias, eles relacionam com o trabalho científico (conhecimento científico, descoberta, pesquisa, dentre outras). Assim, constatou a necessidade de haver discussões sobre NdC, que serviriam como organizadores prévios no auxílio de construção de subsunções que se referem a temática mais adequados.

**2. Você acha que uma teoria científica (como, por exemplo, a Mecânica Clássica, que vocês estudaram no primeiro ano), pode sofrer transformações (mudanças) com o passar dos anos? Explique.**

A segunda questão procurou verificar as concepções dos participantes a respeito de uma teoria científica. Assim responderam à questão concordando ou discordando se ela pode sofrer alguma transformação com o passar do tempo. Vejamos o quadro abaixo:

**Quadro 7.** Respostas à questão 2

Unidade de análise	Participantes	Nº/ %
Uma teoria científica pode sofrer transformações	Concordam	14 (35%)
	Discordam	26 (65%)
Total		100 %

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

O quadro 7 mostra, de forma sucinta, a quantidade de respostas dadas à segunda questão. Como se observa, a maioria dos alunos (65%), responderam não quando indagados se uma teoria científica pode sofrer transformações com o passar dos anos. Em segundo lugar, para os alunos, uma teoria científica não pode sofrer transformações, ela será sempre a mesma coisa hoje e daqui a cem anos, por exemplo, totalizando 35% das respostas. Abaixo, são transcritas algumas explicações utilizadas pelos alunos. As respostas fazem referência às apontadas como não, “uma teoria científica não pode sofrer transformações com o passar do tempo”.

*A14: Na minha concepção uma teoria que já foi comprovada cientificamente não pode sofrer qualquer alteração, a ciência não é feita de dúvidas.*

*B03: Se já passou pela fase da experimentação e da comprovação científica, não sofre mudanças.*

*B13: Penso que não, uma teoria não pode mudar com o tempo, seria muito contraditório.*

Como podemos verificar nas explicações acima, notamos uma falta de conhecimento de aspectos relacionados a NDC pela maioria dos estudantes. Essa é uma situação bastante preocupante na aprendizagem da Física no ensino médio e devem ser combatidas em sala de aula. Segundo Gil et al (2001), Silva (2020) e Teixeira; Freire Jr (2009), esse pensamento, provavelmente, está ligado a uma das concepções mais comum que permeiam o imaginário dos alunos, “*a crença de método científico único, como uma receita ou uma cartilha na qual o cientista orienta-se para fazer ciência, assegurando a verdade absoluta de uma teoria científica sobre o mundo*”.

Outra resposta dada por alguns estudantes, foi que “uma teoria científica pode sim sofrer transformações com o passar do tempo. Vejamos algumas das respostas abaixo:

*A03: Muitas vezes uma teoria científica não consegue dá suporte a todos os problemas, precisando ela ser alterada.*

*A17: Tudo a nossa volta está em constante evolução, novas descobertas são feitas e assim também as teorias precisam ser alteradas.*

*B07: Com o passar dos anos (tempo) muitas coisas mudam, fazendo com que uma teoria provada antes possa ser aprimorada.*

Observa-se nas colocações acima, que embora os estudantes não tenham um embasamento científico para explicar suas respostas, mostraram a compreensão de uma ciência passível de erros, problemas e dificuldades e como vão sendo corrigidos, ou seja, ela se transforma.

### **3. Você acha que para ser cientista precisamos possuir um dom (ser um grande gênio)? Explique.**

Nesta questão procurou-se conhecer a opinião dos participantes da existência de um possível “dom/genialidade”, que permeia a profissão de cientista e do fazer ciência no meio social. Os resultados são mostrados no quadro a seguir:

**Quadro 8.** Respostas à questão 3

Unidade de análise	Participantes	Nº/%
Para ser cientista precisamos possuir um dom	Concordam	19 (47,5%)
	Discordam	17 (42,5%)
	Em branco	4 (10%)
Total		100 %

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

É muito comum e já vindo sendo debatido na literatura especializada a concepção dos estudantes e da população de modo geral, a concepção de “dom divino”, “deus da ciência” depositada nos cientistas. Assim, tivemos um total de 19 (dezenove) participantes que concordaram com a questão. Abaixo, destacamos algumas respostas dadas pelos alunos participantes, observe:

*B06: Sim, a ciência é feita por pessoas muito inteligente.*

*A17: Sim, precisa ter muito conhecimento e estudar bastante.*

*A20: Para ser cientista tem que ter um conjunto de características, não é qualquer pessoa que tem a capacidade de descobrir algo totalmente novo.*

Muitas dessas concepções apontadas, acreditamos, está veiculada a forma como a ciência tendi sido apresentada no ensino fundamental e no médio, a pouca discussão sobre NDC, a mídia que reforça a essa imagem de cientista. Dessa maneira, é comum estudantes distanciarem-se das carreiras científicas, acreditando não serem capazes de fazer ciência. Observando ainda o quadro 8 das respostas, 17 participantes discordam da existência de um dom ou genialidade no cientista. Vejam algumas das respostas:

*A13: Não, é preciso apenas estudar muito e se esforçar, pois qualquer um pode ser cientista, mas é necessário ter vontade.”*

*B04: Não, é preciso apenas ter a vontade e o gosto por aquilo que se faz ou prática.*

Notoriamente, identificamos nestes participantes uma visão menos equivocada da imagem do cientista, quando estes expõem em suas respostas que a ciência não é feita por poucos e grandes gênios, que carregam consigo um dom divino como citado pela maioria.

Partiremos para próxima questão, onde solicitamos aos pesquisados que citassem nomes de estudiosos no campo da Física que tivessem ouvido falar, relatando suas contribuições. Assim, fizemos a seguinte pergunta:

**4. Você poderia citar nomes de estudiosos no campo da Física que já ouviu falar? Você saberia dizer quais foram suas contribuições?**

Nesta questão, os participantes poderiam citar mais de um estudioso em suas respostas. Como podemos observar no quadro abaixo:

**Quadro 9.** Respostas à questão 4

Unidade de análise	Participantes	Nº/%
Estudiosos no campo da Física que os participantes já ouviram falar	Nicolau Copérnico	3
	Albert Einstein	12
	Galileu	11
	Dalton	1
	Isaac Newton	19
	Arquimedes	1
	Rutherford	3
	Thomson	2
	Charles Darwin	1
	Em branco	6

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Como já esperávamos, os participantes citaram vários nomes de estudiosos, no entanto notamos que os mesmos tiveram dificuldade em responder as contribuições de cada um, por exemplo, 03 (três) participantes citaram Nicolau Copérnico, 01 (um) Dalton, 03 (três) Rutherford, 02 (dois) Thomson e 01 (um) que citou Charles Darwin, porém em nenhuma destas respostas encontramos as possíveis contribuições realizadas pelos estudiosos mencionados. Assim como também teve-se respostas nas quais os pesquisados fizeram menção as contribuições de cada estudos por eles citados, vejamos:

*B11: Newton que foi responsável pela criação das leis do movimento; Rutherford que descobriu os prótons e o núcleo; Thomson que descobriu os elétrons.*

*B12: Newton criou as leis do movimento; Arquimedes contribuiu na fundamentação da lei do empuxo, da lanca, sendo considerado um dos maiores matemáticos da antiguidade.*

*A16: Nicolau Copérnico desenvolveu a teoria heliocêntrica e Galileu que várias contribuições, como nas leis do movimento e na também na teoria do heliocentrismo.*

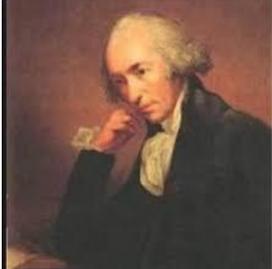
Embora observemos que os estudantes participantes da pesquisa tenham conseguido, em parte, descrever as contribuições dos estudiosos por eles conhecido, verificamos um número significativo de respostas com alguns equívocos, incompletas e além das que foram deixadas em branco. Outro ponto que observamos foi que os participantes tiveram influência de outras áreas ao citarem nomes de estudiosos (química, matemática e biologia), ao mencionarem por exemplo, Charles Darwin, Dalton e Arquimedes.

A partir da questão seguinte, o questionário foi relacionado ao campo da Termodinâmica.

##### **5. Você conhece os cientistas abaixo? Quais os seus nomes e em que contribuíram?**

Dispomos na questão a imagem de alguns cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da Termodinâmica e foi solicitado que os participantes respondessem se conheciam ou não, se sim, que apontassem de que forma contribuíram. No quadro abaixo apresentamos as respostas dada:

**Quadro 8.** Respostas à questão 5

Estudiosos da Termodinâmica		Categoria	Participantes (%)
A)		Conhece	0
		Não conhece	40
B)		Conhece	1
		Não conhece	39
C)		Conhece	0
		Não conhece	40
D)		Conhece	7
		Não conhece	33

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Na imagem A, temos Thomas Savery (1650 – 1715) que construiu um modelo rudimentar de motor em 1698. De acordo com o quadro das respostas acima, nenhum dos 40 participantes assinalaram conhecer o estudioso. Na imagem B, temos Thomas Newcomen (1664 – 1729), importante estudioso da Termodinâmica. Sua máquina foi construída em 1712. Apenas um aluno identificou pela imagem, se trata de tal cientista. Porém, não explicou de que forma ele contribuiu no desenvolvimento dessa ciência. Na imagem C, de Denis Papin (1647 – 1713), nenhum dos participantes reconheceram o estudioso. E na última imagem, Sadi Carnot (1796 – 1832), 07 alunos apontaram já terem ouvido falar sobre quem foi o jovem cientista. No entanto, apenas um aluno respondeu quais foram as contribuições desse estudioso na Termodinâmica, observe: A06: “*Não sei muita coisa, só lembro que Carnot foi quem estudou sobre como tornar uma máquina mais eficiente*”.

Já, os demais 06 alunos que responderam saber de quem se trata a imagem D, não relatam as contribuições.

#### **4.2 Aprofundamento do conhecimento: Texto I - O contexto da Revolução Industrial e a Termodinâmica**

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos por meio da aplicação dos textos históricos. Tais resultados são fruto das respostas dadas dos alunos às questões de cada texto, bem

como do registro das observações do professor-pesquisador, sejam eles escritos ou gravados via áudio e/ou vídeo.

O envio do texto aos alunos foi realizado pela plataforma *Google Classroom*. A aplicação e discussão do referido texto se deu de forma remoto, através do *google meet*.

Esta atividade procurou abordar o contexto histórico da Termodinâmica e as conexões existentes entre a Revolução Industrial, o contexto cultural, social, político e econômico da época, as Máquinas térmicas e a Ciência termodinâmica e como uma exerceu influência sobre outra.

Dessa atividade, participaram 40 alunos. Foi observado que as respostas apresentadas pelos estudantes das duas turmas não apresentaram diferenças significativas. Por causa desse fato, não se vê a necessidade de confrontar os dados das duas turmas participantes.

Será feita uma análise reflexiva de cada questão do texto, onde verificou-se segundo os autores, a aprendizagem do assunto discutido e estudado e a presença de algumas relações com a natureza da ciência apresentada pelos alunos nas suas respostas.

### ***1. Após a leitura do texto você poderia citar as principais características que marcaram a primeira Revolução Industrial?***<sup>10</sup>

Nessa questão, em especial, as respostas apresentaram um alto índice de correspondência com a resposta esperada. Muitos dos alunos localizaram a presença de aspectos no texto, alguns deles transcreveram partes que serviam de resposta à questão. No entanto, era esperado o uso de recortes do corpo do texto, pois, nessa pergunta, não é exigida uma maior reflexão dos alunos. Para explanar a resposta dessa questão, tomemos como referência as respostas dadas pelos alunos abaixo:

*B17: Início da maquinofatura, foco na produção, mão de obra barata e disponível, baixos salários e altas cargas de trabalho.*

*A19: Foi a passagem de um sistema de produção agrário e artesanal para o de cunho industrial assumido pela fábrica e pela maquinaria*

*A05: O início da maquinofatura, uso do tear mecânico para produzir artigos têxteis, como tecido em larga escala, foco na produção, mão de obra barata e disponível, baixo salário, altas cargas de trabalho.*

*B07: Suas principais características foram marcadas pela passagem de um sistema de produção agrário e artesanal para o de cunho industrial assumido pela fábrica e pela maquinaria.*

### ***2. Você acha que os investimentos destinados para a solução do problema do bombeamento da água das máquinas térmicas foram fundamentais para o desenvolvimento da Termodinâmica ou os cientistas, naturalmente, resolveriam esses problemas sem esses recursos financeiros? Explique sua resposta.***

<sup>10</sup> A expectativa para as respostas das questões dos textos históricos didáticos 1 e 2, como também as questões da prova didática podem ser encontradas nos anexos.

A questão 2 tratava da explicação dos fatores que influenciaram no estudo da Termodinâmica. Novamente, verificamos que houve um número significativo de alunos que apontaram uma resposta correta a questão, embora, alguns deles tenham respondido de forma resumida, sem maiores explicações. Abaixo, são destacadas algumas respostas dadas pelos alunos para a questão.

*A11: Sim, os investimentos destinados para a solução do problema de bombeamento de água foram fundamentais para o desenvolvimento da Termodinâmica. Havia uma necessidade de um método que possibilitasse a retirada da água das minas.*

*A19: Sim, foram estes problemas e o estudo em torno do melhoramento das máquinas que levou ao desenvolvimento da Termodinâmica, porém, só foi possível devido os investimentos realizados em cima desse problema.*

*B01: Sim, dentre vários outros fatores, o desenvolvimento da Termodinâmica, deve-se aos problemas nas minas, aos estudos do melhoramento das máquinas e principalmente aos recursos obtidos para resolvê-los. Os cientistas não conseguiram sem estes fatores, na minha opinião.*

Acreditamos que, após a intervenção do docente e a posterior discussão do texto histórico, as respostas puderam ser melhor assimiladas e melhoradas por mais estudantes. Ressaltamos ainda, até aquele momento, não houve nenhuma intervenção do professor-pesquisador com a finalidade de explicar a relação existente entre a ciência Termodinâmica e os estudos relacionados as máquinas a vapor.

### **3. Você pode citar nomes de cientistas, estudiosos e construtores de máquinas térmicas que se destacaram no período da primeira Revolução Industrial? Quais foram suas contribuições?**

A questão acima tinha a finalidade de fazer os alunos entrarem na discussão sobre como diferentes estudiosos de culturas diversas podem contribuir no desenvolvimento de uma teoria. Na primeira ocasião (questionário de conhecimentos prévios, questão 5), percebe-se que a maioria dos alunos apontaram em suas respostas não conhecer os estudiosos que contribuíram para o desenvolvimento da Termodinâmica. Entretanto, com o auxílio do texto, na questão 3, verifica-se que houve um aumento significativo de alunos que apontaram nomes, dizendo ainda quais foram suas contribuições. Vejam algumas das respostas:

*A09: Heron de Alexandria: construiu a primeira ideia de máquina. Thomas Savery: foi quem construiu a primeira máquina a vapor com interesse comercial. Thomas Newcomen: construiu a máquina a vapor a baixa pressão.*

*B12: Denis Papin idealizou o que viria a ser máquina térmica. Thomas Savery: foi quem construiu a primeira máquina a vapor com intuito comercial. Thomas Newcomen aperfeiçoou a máquina*

*B18: A09: Heron de Alexandria: construiu a primeira ideia de máquina que consistia em uma esfera oca. :Denis Papin idealizou o que viria a ser máquina térmica que usou vapor para impulsionar com o mecanismo de embolo e cilindro. Thomas Savery: foi quem construiu a primeira máquina a vapor com intuito comercial.*

Como uma conclusão antecipada, de acordo com nossos resultados, acreditamos que os textos desta natureza se apresentaram como um instrumento muito interessante quando se pretende compreender a interface entre episódios históricos e a aprendizagem de (sobre a) Física, o caso do nosso estudo discutido neste artigo.

4. *Com base no texto e no episódio histórico estudado, você acha que seria normal ou estranho os cientistas discordarem entre si durante o processo de construção de uma teoria científica? Explique.*

**Quadro 9.** Respostas à questão 4 (texto 1)

Normal ou estranho os cientistas discordarem entre si:	Quantidade de alunos	Resposta representativa
Seria normal	17 (42,5%)	A20: <i>Na minha opinião, seria normal, pois juntos iriam inovar e fazer muitos trabalhos ao longo do tempo.</i>
Seria estranho	13 (332,5%)	B01: <i>Seria estranho, pois assim teria-se maior dificuldade na formulação de uma teoria científica tendo-se opiniões diferentes.</i>
Não responderam	5 (12,5 %)	-
Total	40 (100%)	

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

A questão acima tinha a finalidade de fazer os alunos refletirem sobre o processo de construção de uma teoria científica. Observa-se no quadro acima, diferentes opiniões e uma predominância de respostas afirmando ser normal os cientistas discordarem entre si, que se aproxima mais da explicação dada hoje.

Algo interessante é que os alunos das respostas divergentes possuíam uma opinião muito forte sobre essa questão, relatando que seria muito difícil chegar à formulação de uma teoria científica tendo vários estudiosos discordando entre si, assim nunca se chegaria a um consenso.

5. *Você acha que a Revolução Industrial colaborou de alguma forma para o desenvolvimento da Termodinâmica? Ou a Termodinâmica contribuiu para a Revolução Industrial? Ou ambos? Explique sua resposta.*

O desenvolvimento da Termodinâmica se deve aos esforços dedicados no estudo das máquinas a vapor. Embora a resposta para essa questão não tenha aparecido explicitamente no texto, onde pudesse ser utilizado um recorte para respondê-la, os alunos puderam confirmar a relação na questão 5. Observemos os relatos:

A19: *A Termodinâmica recebeu contribuições importantes devido ao estudo dos motores a vapor e o desenvolvimento dessa Ciência levou ao aperfeiçoamento dos mesmos.*

*A11: Ambos contribuíram. Com o crescimento das atividades industriais veio o aumento dos problemas nas minas e houve a necessidade de método que resolvesse esse problema, assim começou os estudos dos motores a vapor e dessa forma contribuiu para o interesse em conhecer os fenômenos envolvidos nas máquinas.*

*B04: Ambos contribuíram. A revolução Industrial contribui no desenvolvimento da termodinâmica e posteriormente essa ciência possibilitou grandes avanços na construção de máquinas e na revolução.*

As repostas apontam, que o uso dos textos históricos de natureza pedagógica utilizados foi de suma importância para que os alunos compreendessem a relação e as contribuições da Revolução Industrial e dos acontecimentos da época para com a Termodinâmica, mostrando-se de acordo com o que diz Carvalho (2014), ao afirmar que o uso de textos ou episódios da HC quando colocados de maneira clara, favorece uma visão mais fundamentada nos estudantes a respeito do processo de construção da ciência. O texto, também serve para introduzir os alunos às discussões sobre a natureza do calor e a evolução do conceito de temperatura (os estudos em torno do melhoramento da técnica dos termômetros) que viriam em seguida.

Continuando a reflexão sobre a aplicação dos textos históricos em sala de aula, remete-se, o **contexto da Revolução Industrial e a Termodinâmica**. Desta atividade, participaram 40 alunos, no entanto, percebe-se uma evasão de alguns no decorrer da atividade.

#### **4.3 Novas situações-problema: Texto II - Evolução dos conceitos de temperatura e calor**

O envio do texto aos alunos foi realizado, também, pela plataforma *Google Classroom*. A aplicação e discussão do referido texto se deu de forma remoto, através do *google meet*. Esta atividade tem a finalidade de apresentar aos alunos a evolução dos conceitos de temperatura e calor, fazendo referência, principalmente, aos elementos históricos e aspectos da NdC inerentes ao episódio. Foi tomado como pano de fundo a controvérsia histórica relacionada à natureza do calor e a evolução técnica dos termômetros e sua influência nos estudos relacionados a temperatura. Abaixo são apresentados os questionamentos e resultados trabalhados no decorrer dessa atividade.

***6. Após a leitura do texto, o que você compreende como calor e temperatura? Você acredita que sejam a mesma coisa? Aponte exemplos do seu dia-a-dia onde você vivencia estes fenômenos.***

Busca-se, geralmente nas questões iniciais instigar nos alunos um resumo de suas compreensões sobre o episódio histórico apresentando-os e exigindo-os nesse caso, um grau menor de reflexão. Dessa forma, espera-se dos alunos uma aproximação com a resposta cientificamente aceita. Vejamos: *B04: Calor é uma forma de energia, não sei neste momento explicar o que diferencia de temperatura, sempre pensei os dois como sendo a mesma coisa. Mas não sei ao certo.*

Observa-se que o aluno, mesmo já estando cursando o Ensino Médio, sente dificuldade em diferenciar o conceito de calor do conceito de temperatura. De acordo com Souza e Silva (2021) diferenciar calor e temperatura é realmente um grande problema, principalmente quando o aluno detém um conhecimento fragmentado e consolidado em suas próprias experiências diárias com o conceito, construído ideias de senso comum sobre eles. No entanto, esses dois conceitos foram mais bem assimilados por uma parte dos alunos. Vejamos:

*A15: Calor é definido como energia cinética dos átomos e moléculas que compõem uma substância. Um exemplo de calor é o exercido pelo clima, e temperatura é uma medida de energia cinética média das moléculas e dos átomos individuais. Um exemplo de temperatura é o exercido pela chama de um fogão a lenha, portanto não são a mesma coisa.*

*B11: Calor é definido como energia cinética total dos átomos que compõem uma substância e temperatura é uma medida de energia.*

*B02: Embora sejam conceitos parecidos, não se trata da mesma coisa. Calor refere-se a energia transferida entre os corpos, por exemplo, quando pegamos um copo contendo gelo, a energia é transferida da nossa mão para o copo. Temperatura é a medida de agitação das moléculas de um corpo, é a sensação de quente e frio.*

Note-se que, mesmo dando suas explicações acima para os dois conceitos, ver-se uma dificuldade por parte dos estudantes em exemplificar a presença dos fenômenos no dia-a-dia, deixando uma lacuna em suas respostas.

***7. O termômetro sofreu um grande processo evolutivo desde as primeiras tentativas de medir o calor até os dias atuais. Vimos no texto que houve inclusive uma mudança das substâncias termométricas utilizadas. Quais foram estas substâncias e os motivos dessas mudanças? Por que houve a necessidade de elaboração de escalas de temperatura?***

A questão acima tinha a finalidade de fazer os alunos refletirem sobre como os estudos em torno do melhoramento da técnica dos termômetros influenciaram também na evolução do conceito de temperatura. Percebe-se que muitos localizaram a presença de elementos no texto que respondiam em parte à questão, transcrevendo-o. Para explanar a resposta dessa questão, tomemos como referência as respostas dadas pelos alunos abaixo:

*B02: A substância foi o álcool, a necessidade da elaboração de uma escala de temperatura foi devido precisa-se estabelecer medidas mais precisas da temperatura dos corpos.*

*A13: Construiu um termômetro a álcool usando como referência misturas de refrigerantes e o corpo humano para estabelecimentos dos pontos fixo, houve essa necessidade para saber a temperatura.*

*A15: Foi necessário trocar estas substâncias visando a construção de termômetros do fácil manuseio, resistentes, precisos e que reproduzissem por longo tempo os resultados. Teve a necessidade para medir temperaturas, mostrando por meio de seus valores se um corpo está quente ou frio.*

Embora a questão pudesse ser respondida a partir de uma leitura cuidadosa do texto, era necessário que os alunos refletissem a importância do desenvolvimento do termômetro na época e relatassem por que houve a necessidade de elaboração de escalas de temperatura. Nota-se nas respostas acima que mesmo de modo superficial os estudantes conseguiram compreender a importância desse estudo.

***8. Quando foi que o modelo do calórico começou a ser questionado? Que fatores contribuíram para essa contestação? Você acha que, realmente, existia necessidade desse novo modelo? Explique sua resposta.***

A última questão também remete a compreensão dos alunos sobre a natureza do calor. Nessa questão, o objetivo era apresentar a “queda” da teoria do calórico. Ainda, pretendia-se mostrar como a imagem e influência de alguns estudiosos serviram de obstáculo para a derrubada da teoria e surgimento de novas. Abaixo, mostra-se algumas das respostas apresentadas pelos alunos a essa questão.

*A18: O químico Humphry viu que o calor como calórico não se sustentava, quando fez a experiência de esfregar dois pedaços de gelo a uma temperatura abaixo do ponto de congelamento, o gelo derreteu. A teoria do calórico não conseguia explicar tais resultados.*

*A08: Essa teoria foi contestada por Antoine Laurent é no final do século XVIII. Existia necessidade de um novo modelo. Se houvesse contestação, talvez nós não saberíamos ou não conheceríamos tais descobertas.*

Alguns nomes de estudiosos foram citados como sendo responsáveis pelos questionamentos quanto as falhas existentes na teoria do calórico, Humphry Davy (1778-mencionado pelo aluno “A18”, segundo ele, a teoria não se sustentava, notou quando fez a experiência de esfregar dois pedaços de gelo a uma temperatura abaixo do ponto de congelamento e o gelo derreteu. Já o aluno “A08” fez menção a Lavoisier, porém seu descontentamento era quanto a teoria do flogístico.

O fator principal da queda do calórico apontado pela literatura foram as experiências de Rumford sobre a perfuração de canhões. Para exemplificar, o aluno abaixo utilizou o Conde Rumford na sua resposta:

*B02: O conde de Rumford foi um dos primeiros a contestar a teoria do calórico ao perceber que o calor não poderia ser um fluído, mas sim uma forma de movimento. Havia necessidade de um novo modelo já que a teoria do calórico não previa e nem explicava satisfatoriamente os fenômenos.*

*A15: Começou no século XVIII. O conceito de calor o colocava como sendo uma substância e não como sendo energia. Ele era considerado uma espécie de substância ou fluído invisível.*

Ressaltamos que nesta atividade tivemos a devolutiva de apenas 30 de 40 atividades. Além das respostas selecionadas e apresentadas aqui, teve-se também atividades incompletas em que o aluno entregou com questões em branco. Termina-se aqui a análise da aplicação dos textos históricos. Na próxima seção, será feita a análise das questões da prova pedagógica que tinham por objetivo averiguar a assimilação de alguns dos conteúdos metacientíficos trabalhados na UEPS.

#### **4.4. Avaliação somativa individual: Prova pedagógica**

Ressaltamos que nesta atividade tivemos a devolutiva de apenas 30 de 40 atividades. Além das respostas selecionadas e apresentadas aqui, teve-se também atividades incompletas em que o aluno entregou com questões em branco.

- 1. O termômetro sofreu um grande processo evolutivo desde as primeiras tentativas de medir o calor até os dias atuais. Vimos no texto que houve inclusive uma mudança das substâncias termométricas utilizadas. Quais foram estas substâncias e os motivos dessas mudanças? Por que houve a necessidade de elaboração de escalas de temperatura?**

Essa questão feita em outro momento, na aplicação do II texto histórico. Nela busca-se problematizar questões relacionados aos estudos do melhoramento da técnica dos termômetros e a necessidade da obtenção de uma escala de temperatura. Na ocasião, a questão foi bem respondida por alguns dos alunos, utilizando em suas respostas parte do texto. No entanto, a questão espera uma análise reflexiva ao seu final. Nesse momento, os alunos tiveram a oportunidade de responder a mesma questão novamente, observa-se:

*A17: Fahrenheit construiu termômetros a álcool e a base de mercúrio, usando como referência misturas de refrigerantes e o corpo humano para estabelecimento dos pontos fixos, depois dividiu-o em 96 partes. Mais tarde, Fahrenheit, utilizando uma mistura de água, gelo pilado, sal e amônia, definiu o ponto máximo de ebulição da água. A elaboração de escalas se deu através da necessidade da obtenção de medidas mais precisas sobre a temperatura dos corpos.*

*A16: A substância foi o álcool e também o mercúrio. As escalas surgiram para indicar com precisão se um determinado corpo está quente ou frio, pois as sensações corporais não davam conta de mensurar uma medida precisa.*

*B11: Fahrenheit construiu termômetros a base de álcool e de mercúrio. A criação de escalas se deu pela necessidade de medir a temperatura, pois até então, não havia nenhum método preciso.*

Aqui, notemos respostas espontâneas e não somente recortes do texto histórico, principalmente quando responderam sobre a necessidade da elaboração de escalas termométricas. Porém, ressaltamos que nesta questão também tiveram alunos que não apresentaram nenhuma resposta.

Para encerrarmos as questões relacionados a NdC, foi feita uma pergunta relacionada à Revolução Industrial e suas possíveis contribuições no desenvolvimento da Termodinâmica, referente ao primeiro texto histórico trabalhado nessa UEPS.

- 2. Você acha que a Revolução Industrial colaborou de alguma forma para o desenvolvimento da Termodinâmica? Ou a Termodinâmica contribuiu para a Revolução Industrial? Ou ambos? Explique sua resposta.**

Nesse primeiro caso, nota-se a dificuldade do aluno em justificar sua resposta mesmo compreendendo o objetivo da questão, além das discussões realizadas em todos os passos, como, por exemplo: *B01: Compreendi a relação da Revolução Industrial com a Termodinâmica e acredito que ambas contribuíram para que se desenvolvessem mesmo não sabendo explicar.*

Muitos conceitos relacionados à Termodinâmica inicialmente foram de difícil compreensão para os alunos. Na nossa UEPS, entendemos que a relação com aspectos da HFC possibilitou uma

melhor assimilação quando estudados dentro de um contexto histórico, o que tomamos como pressuposto de partida na nossa investigação, como, podemos notar nas falas, abaixo:

*A05: Acredito que o estudo da Termodinâmica tenha favorecido na construção de máquinas mais eficiente para realizar o trabalho nas minas.*

*A06: Sim, ambos impactaram uma na outra. O desenvolvimento da Termodinâmica se deve muito aos esforços dedicados no estudo do melhoramento das máquinas a vapor, tendo sido elas que impulsionaram a revolução.*

*B18: Acredito que ambas contribuíram uma na outra. As máquinas a vapor marcaram a revolução industrial e o melhoramento das máquinas fez com que os estudiosos se interessassem pelos estudos em torno delas.*

No próximo tópico apresentamos algumas considerações sobre a pesquisa. Deixamos claro que chamamos de “algumas considerações”, pois a UEPS, na sua completude, trabalhava conceitos de (sobre) Termodinâmica, como visto no quadro 4. Assim, para uma imagem mais completa da teoria do Ausubel, em ação, propriamente dita, que sustentou as atividades didáticas da pesquisa e as suas relações com a UEPS é preciso conhecer o trabalho da Souza (2021) em sua totalidade.

## **5. Algumas considerações finais: um olhar sobre os conteúdos metacientíficos da Termodinâmica**

Este trabalho fez uso de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, proposta por Moreira (2011), baseando-se na Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, com a finalidade de favorecer a ocorrência de elementos da aprendizagem significativa dos conceitos de e sobre Termodinâmica em turmas da segunda série do Ensino Médio de uma escola pública no interior do nordeste brasileiro.

Considerando o cenário em que se efetivou a pesquisa, e diante de inquietações voltadas ao aluno, ao seu ambiente de aprendizagem e à realidade em que se encontra o ensino de Física na Educação Básica, principalmente em escolas no interior do Piauí. Esta pesquisa visou responder à seguinte questão-foco (problema de pesquisa): *De que forma a História e Filosofia da Ciência, mediada por uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, pode contribuir na aprendizagem de conteúdos metacientíficos da Termodinâmica, no ensino médio?*

Procuramos, assim, desenvolver e analisar as contribuições de uma UEPS, com viés histórico e epistemológico, para a aprendizagem da Termodinâmica no ensino médio. Este objetivo foi traçado visando contestar o foco de um ensino mecanizado e baseado na memorização, o qual, às vezes, mostram-se sem significado para os discentes.

Neste recorte da pesquisa, abordamos, exclusivamente as implicações da HFC na construção, aplicação e análise de uma UEPS, que tratou de conteúdos da Termodinâmica, foi feita uma revisão bibliográfica, a qual possibilitou a construção de um episódio histórico, contido em Souza (2021) e publicado, parcialmente, em Souza e Silva (2021). Este recorte histórico foi usado para a construção de dois textos históricos didáticos, os quais tiveram seus enfoques principal nas contribuições da Revolução Industrial ocorridas por volta do século XVIII na Inglaterra, abordando a influência dos acontecimentos políticos, econômicos, sociais e tecnológicos da época, e, também a evolução das ideias do conceito de Temperatura e a Natureza do calor como influenciadores para o

desenvolvimento da Termodinâmica como Ciência. Tentamos, ainda, tomar como pano de fundo a controvérsia histórica relacionada à natureza do calor e a evolução técnica dos termômetros e sua influência nos estudos relacionados à temperatura.

No questionário inicial, que buscou acessar conhecimentos prévios sobre a NdC, notou-se que alguns alunos apresentam muitas das concepções consideradas inadequadas sobre a Ciência. Os alunos, em sua maioria mostram uma visão sobre Ciência voltada ao campo da biologia (seres vivos, natureza, corpo humano, entre outras), concepção de “dom divino”, “deus da ciência” depositada nos cientistas, não aceitação da refutação de teorias científicas consolidadas, dentre outras.

Ainda em relação aos textos históricos, os alunos responderam alguns questionamentos após a leitura. As questões partiram de um nível mais “fácil”, onde as repostas poderiam ser retiradas do próprio texto, para um nível mais elevado, requerido dos alunos um momento de reflexão para a sua resolução.

Em virtude das dificuldades encontradas pelos alunos, como, por exemplo, a falta de leitura em aulas de Física, tamanho dos textos históricos, discussões, dentre outras, alguns deles, deixaram algumas questões sem respostas. Mas, em geral, consideramos esta atividade como satisfatória, pois, em sua maioria, os alunos mostraram uma reflexão, estimulando novos questionamentos que subsidiavam discussões entre os colegas sobre os aspectos conceituais e também da NdC.

O interesse pelas discussões do episódio, principalmente sobre como a Revolução Industrial, influenciou na assimilação de conteúdos da Termodinâmica, motivando os alunos a saberem mais sobre aspectos da Natureza da Ciência inerentes ao episódio. Destacamos, que embora os textos tenham sido construídos para serem utilizados no ensino médio, acreditamos que eles possam ser adaptados para outros níveis de ensino.

Ao final da aplicação dos textos históricos, foi trabalhado o passo de reconciliação integrativa. Momento muito importante da UEPS, no qual os alunos tiveram a oportunidade de externalizar suas compreensões e principalmente, suas dúvidas e incertezas, e assim fazer uma retomada dos conteúdos, no sentido de organizar as ideias, para que possam interagir com os novos conceitos/informações trabalhadas durante as aulas. Para isso, propomos que construíssem mapas conceituais<sup>11</sup>.

Por fim, na prova pedagógica, foi feita uma retomada de algumas questões da atividade inicial e também dos textos históricos, assim pudemos verificar se houve possíveis mudanças. A análise permitiu evidenciar, ter ocorrido um aumento no percentual das respostas, as quais estavam relacionadas aos aspectos sobre a Termodinâmica e da NdC, observando também uma melhor assimilação do conteúdo nas justificativas apresentadas a questões propostas.

Por fim, acreditamos a inserção de aspectos relacionados à HFC, inseridos dentro de uma UEPS, por exemplo, podem propiciar um melhor aprendizado dos conceitos científicos e servir como um meio mais adequado ao professor de Física abordar conteúdo da Física de forma contextualizado com a sua História e a Epistemologia da Ciência.

À guisa de uma conclusão, advertimos que esta pesquisa proporcionou para os alunos e para o professor-pesquisador novos olhares sobre o ensino de Física, levando-os a uma reflexão de porquê estudá-la, de como ela tem sido ensinada na escola e de novas possibilidades de ensiná-la. Percebeu-se ainda, neste trabalho, que a apresentação contextualizada da Termodinâmica, proporciona uma melhor assimilação de seus conceitos, bem como de possíveis discussões e compreensões de elementos da Natureza da Ciência.

---

<sup>11</sup> Os mapas conceituais não entraram como elemento de investigação, pois revelam, somente, ligações de conceitos da Termodinâmica e não relações da NdC.

## Referências

Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. Lisboa, Portugal: Edições 70.

Brasil. (2006). *PCN+ Ensino Médio*. Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 24 Set. 2020.

Brasil. (2018). Ministério da Educação e Cultura. *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio*. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC\\_19dez2018\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf). Acesso em: 24 Set. 2020.

Carvalho, A. M. P. (2014). *Calor e Temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Livraria da Física.

Faccin, F.; & Garcia, I. K. (2017). Proposta de uma unidade de ensino potencialmente significativa sobre temperatura. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 7(2), 18-28.

Fiorentini, D.; & Lorenzato, S. (2012). *Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos*. Campinas, SP: Autores associados – (coleção formação de professores).

Forato, T. C. M. (2009). *A Natureza da Ciência como saber escolar: um estudo caso a partir da história da luz*. Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Educação da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Forato, T. C. M; Pietrocola, & Martins, R. A. (2011) Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28 (1), 27-59.

Gil-pérez, D et al. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência e Educação*, 7, (2), 125-153.

Krasilchik, M. (2000). *Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências*. São Paulo em perspectiva.

Martins, A. F. P. (2007). História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24, (1), 112-131.

\_\_\_\_\_. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32 (3), 703-737.

Matthews, M. R. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 12 (3), 164-214.

Massoni, T. N; & Moreira, M. A. (2016). *Pesquisa qualitativa em educação em ciências: projetos, entrevistas, questionários, teoria fundamentada, redação científica*. São Paulo: Livraria da Física.

Moreira, M. A. (2011). Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/UEPSport.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2020.

Moreira, M. A. (2006). A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. UNB, Brasília.

\_\_\_\_\_. (2011). *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS*. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/UEPSport.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2020.

Moura, B. A. (2014). O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro. 7 (1), 32-46.

Nascimento, V. B do. (2004) *A natureza do conhecimento científico e o ensino de Ciências*. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo. p. 35-57.

Silva, B. V. C. (2010). A Natureza da Ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório. *Latin American Journal of Physics Education*. 4 (3), p. 1-18.

\_\_\_\_\_. (2020). Natureza da ciência, conteúdos metacientíficos e a sala de aula: implicações ao ensino de física. *Revista Ciências & Ideias*. 11(1), 234-248.

Silva, B, V. C et all. (2014). As necessidades formativas do professor de ciências ao inserir a história e a filosofia da ciência na sala de aula: o uso dos textos históricos de natureza pedagógica. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*. 4 (2), p. 31-45.

Souza, D. S. C (2021). *UEPS e a Termodinâmica: uma aplicação didática baseada na História e Filosofia da Ciência*. Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Piauí, Piauí.

\_\_\_\_\_.& Silva, B. V. C. (2021). Termodinâmica e Revolução Industrial: Uma abordagem por meio da História e da Epistemologia da Ciência. *Latin American Journal of Physics Education*, 15 (2), p. 1314-1-1314-6.

Teixeira, E. S.; Freire JR., O. & El-Hani, C. N. (2009). A Influência de uma Abordagem Contextual Sobre as Concepções Acerca da Natureza da Ciência de Estudantes de Física. *Ciência & Educação*. 5 (3), p. 529-556.

## Anexo: Expectativas de respostas para as questões dos textos históricos e prova pedagógica

Questão	Resposta esperada
<b>Texto 1</b>	
<b>1. Após a leitura do texto você poderia citar as principais características que marcaram a primeira Revolução Industrial?</b>	Dentre as principais características, pode-se destacar a substituição da manufatura pela maquinofatura. Surgiram as indústrias, desenvolvendo-se especialmente a indústria têxtil cuja produtividade aumentou devido à inserção das máquinas de fiar, o tear mecânico e a máquina a vapor.
<b>2. Você acha que os investimentos destinados para a solução do problema do bombeamento da água das máquinas térmicas foram fundamentais para o desenvolvimento da Termodinâmica ou os cientistas, naturalmente, resolveriam esses problemas sem esses recursos financeiros? Explique sua resposta.</b>	Sim. Os problemas decorrentes das minas de carvão e os grandes investimentos feitos na solução deste problema foram fundamentais para o desenvolvimento da Termodinâmica enquanto Ciência, pois despertou o interesse nos cientistas em saber e compreender como se dava o funcionamento das máquinas utilizadas e como torna-las mais eficientes e só seria possível conhecimento o modo de operação destes equipamentos.
<b>3. Você pode citar nomes de cientistas, estudiosos e construtores de máquinas térmicas que se destacaram no período da primeira Revolução Industrial? Quais foram suas contribuições?</b>	Alguns cientistas foram importantes e tiveram grandes papéis na construção das máquinas a vapor, como Thomas Savery (1698), Denis Papin (1647 – 1713), Thomas Newcomen, James Watt (1736-1819), dentre outros. Newcomen por exemplo, propôs o uso de uma viga na máquina, que se assemelhava muito a uma gangorra, permitia a entrada de vapor e água fria de forma alternada, ou seja, o vapor adentrava por apenas um dos lados do êmbolo e a água era injetada pelo outro lado. James Watt chegou a patentear um novo modelo, uma máquina rotativa de ação dupla, a qual 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.
<b>4. Com base no texto e no episódio histórico estudado, você acha que seria normal ou estranho os cientistas concordarem entre si durante o processo de construção de uma teoria científica? Explique.</b>	Causaria estranheza, caso concordassem. O cientista ao estudar uma dada teoria tem seus motivos e influências, ou seja, existe todo um contexto (político, econômico, social e tecnológico), por isso acredita-se ser quase impossível haver concordância entre cientistas, o que é normal.
<b>5. Você acha que a Revolução Industrial colaborou de alguma forma para o desenvolvimento da Termodinâmica? Ou a Termodinâmica contribuiu para a Revolução Industrial? Ou ambos? Explique sua resposta</b>	Ambas contribuíram. As máquinas a vapor marcaram a revolução industrial e o melhoramento das máquinas fez com que os estudiosos se interessassem pelos estudos em torno delas e o desenvolvimento da Termodinâmica se deve muito aos esforços dedicados no estudo do melhoramento das máquinas a vapor, tendo sido elas que impulsionaram a Revolução.
<b>Texto 2</b>	
<b>6. Após a leitura do texto, o que você compreende como Calor e temperatura? Você acredita que sejam a mesma coisa? Aponte exemplos do seu dia-a-dia onde você vivencia estes fenômenos.</b>	Calor pode ser compreendido como a energia térmica em trânsito motivada pela diferença de temperatura entre dois corpos e a Temperatura como uma grandeza física escalar que pode ser definida como a medida do grau de agitação das moléculas que compõem um corpo. O calor pode ser percebido no aquecimento de uma xícara de chá ou café e

	a temperatura podemos perceber por exemplo, na ebulição da água.
<b>7. O termômetro sofreu um grande processo evolutivo desde as primeiras tentativas de medir o calor até os dias atuais. Vimos no texto que houve inclusive uma mudança das substâncias termométricas utilizadas. Quais foram estas substâncias e os motivos dessas mudanças? Por que houve a necessidade de elaboração de escalas de temperatura?</b>	Em 1714, Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) construiu termômetros a álcool e a base de mercúrio, usando como referência misturas de refrigerantes e o corpo humano para estabelecimento dos pontos fixos, depois dividiu-o em 96 partes. Mais tarde, Fahrenheit, utilizando uma mistura de água, gelo pilado, sal e amônia, definiu o ponto máximo de ebulição da água como sendo 212° F, e a temperatura de fusão do gelo, correspondente a 32° F. Sua elaboração mais precisamente da necessidade da obtenção de medidas mais precisas sobre a temperatura dos corpos.
<b>8. Quando foi que o modelo do calórico começou a ser questionado? Que fatores contribuíram para essa contestação? Você acha que, realmente, existia necessidade desse novo modelo? Explique sua resposta</b>	O conde Rumford, que contestou a teoria do calórico ao ter a ideia de que o calor era um tipo de movimento interno de um corpo material e que pode demonstrar quando estava trabalhando na Alemanha, na perfuração de canhões. Runford, percebeu que o aumento de temperatura que ocorria no material perfurado só poderia vir da energia mecânica das brocas. Davy (1778-1829) viu que o calor como calórico não se sustentava, quando fez a experiência de esfregar dois pedaços de gelo a uma temperatura abaixo do ponto de congelamento e o gelo derreteu. A teoria do calórico não conseguia explicar tais resultados. Outra causa que fez com que a teoria do calórico fosse abandonada, foram os estudos de Julius Robert Mayer (1814-1878) ao determinar a equivalência entre calor e energia mecânica em 1842 e, com mais precisão, por James Prescott Joule (1818-1889), em 1843, ao propor um aparato experimental para medir a relação entre trabalho e calor.
<b>Prova Pedagógica</b>	
<b>1. O termômetro sofreu um grande processo evolutivo desde as primeiras tentativas de medir o calor até os dias atuais. Vimos no texto que houve inclusive uma mudança das substâncias termométricas utilizadas. Quais foram estas substâncias e os motivos dessas mudanças? Por que houve a necessidade de elaboração de escalas de temperatura?</b>	Em 1714, Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) construiu termômetros a álcool e a base de mercúrio, usando como referência misturas de refrigerantes e o corpo humano para estabelecimento dos pontos fixos, depois dividiu-o em 96 partes. Mais tarde, Fahrenheit, utilizando uma mistura de água, gelo pilado, sal e amônia, definiu o ponto máximo de ebulição da água como sendo 212° F, e a temperatura de fusão do gelo, correspondente a 32° F. Sua elaboração mais precisamente da necessidade da obtenção de medidas mais precisas sobre a temperatura dos corpos.
<b>2. Você acha que a Revolução Industrial colaborou de alguma forma para o desenvolvimento da Termodinâmica? Ou a Termodinâmica contribuiu para a Revolução Industrial? Ou ambos? Explique sua resposta</b>	Ambas contribuíram. As máquinas a vapor marcaram a revolução industrial e o melhoramento das máquinas fez com que os estudiosos se interessassem pelos estudos em torno delas e o desenvolvimento da Termodinâmica se deve muito aos esforços dedicados no estudo do melhoramento das máquinas a vapor, tendo sido elas que impulsionaram a Revolução.