

ELABORAÇÃO DE UMA REPRESENTAÇÃO INTERDISCIPLINAR DA HISTÓRIA DA TERMODINÂMICA

Elaboration of an interdisciplinary representation of the history of thermodynamics

Geilson Rodrigues da Silva¹

Nádia Cristina Guimarães Errobidart²

Resumo: O trabalho apresenta uma proposta de representação interdisciplinar pautada em aspectos das visões internalista e externalista da História da Ciência no Ensino de Ciências. Nela abordamos o desenvolvimento da Termodinâmica no contexto da Revolução Industrial, relacionando aspectos conceituais do estudo do calor com fatores sociais e culturais externos ao contexto científico. Foi elaborada com base na metodologia de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar, a partir da qual construiu-se uma síntese parcial apresentando informações relacionadas aos conhecimentos técnicos utilizados na construção de máquinas a vapor, fatores econômicos e políticos que estimulavam o desenvolvimento industrial e o reflexo disso na sociedade como um todo. A etapa final do processo de construção da representação interdisciplinar edificou-se em um produto educacional, no formato de revista, contendo 29 páginas contendo linguagem visual e escrita, utilizando ferramentas de uma plataforma de publicação digital multifuncional. Ele apresenta informações disciplinares e não disciplinares relacionadas ao desenvolvimento do estudo do calor, impulsionado pela necessidade de aprimoramento de máquina a vapor empregadas no contexto da Revolução Industrial. A abordagem interdisciplinar presente no produto educacional representa uma possibilidade de superação do ensino tradicional no qual as informações são apresentadas de forma fragmentada, seguindo as diretrizes curriculares.

Palavras-Chave: Ensino de Ciências, Estudo do calor, Contextualização histórica.

Abstract: The paper presents a proposal of interdisciplinary representation based on aspects of the internalist and externalist views of the History of Science in Science Teaching. In it we discuss the development of thermodynamics in the context of the industrial revolution, relating conceptual aspects of the study of heat with social and cultural factors external to the

¹ Licenciado em Química pelo IFMS. Mestrando em Ensino de Ciências- PPEC- INFI-UFMS, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: geilsonrodrigues367@gmail.com

² Licenciada em Física Pela UFMS. Doutora em Educação pela UFMS. Docente do PPEC- INFI-UFMS, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: nadia.guimaraes@ufms.br

scientific context. It was elaborated based on the methodology of Islands of Interdisciplinary Rationality from which a partial synthesis was constructed presenting information related to the technical knowledge used in the construction of steam engines, economic and political factors that stimulated the industrial development and the reflection in society as a whole. The final stage of the interdisciplinary representation process was constructed an educational product, in the magazine format, containing 29 pages containing visual and written language, using tools from a multifunctional digital publishing platform. It presents disciplinary and non-disciplinary information related to the development of the study of heat, driven by the need for steam engine enhancement employed in the context of the industrial revolution. The interdisciplinary approach present in the educational product represents a possibility of overcoming traditional teaching in which information is presented in a fragmented way, following the curricular guidelines.

Keywords: Science Teaching, Heat Study, Historical Contextualization.

Introdução

As pesquisas em Ensino de Ciências já discutiam no limiar do século XX que os métodos tradicionais de ensino, pautados na transmissão de conteúdos, não contribuem ao processo de aprendizagem dos estudantes (DRIVER, 1989; PEDUZZI, ZYLBERSTAJN e MOREIRA, 1992). Nesse mesmo período, destacamos o crescente interesse de pesquisadores da área de Ensino de Ciências em busca de alternativas que podem colaborar para a realização de uma técnica de ensino que possibilite a problematização e a contextualização dos conceitos explorados no contexto de sala de aula, favorecendo à articulação entre os conteúdos escolares e o cotidiano do aluno (FERREIRA, CORREA e DULTRA, 2016; WATANABE e KAWAMURA, 2017; PRADO e FERRACIOLI, 2017).

Considerando importante ultrapassar as fronteiras do ensino fragmentado, disciplinar e descontextualizado do cotidiano dos alunos, que favoreça uma educação científica e uma formação cidadã, nos apoiamos nas reflexões de autores como Fazenda (2013) e Fourez (1997, 1998), que sinalizam a abordagem interdisciplinar como caminho para superar essa barreira da disciplinarização do conteúdo escolar. Ela possibilita um ensino de ciências que leva em consideração as múltiplas dimensões que influenciam na proposição de situações problemas e busca por respostas e soluções, como a econômica, social, política, científica e cultural.

Nesse trabalho apresentamos o resultado de um estudo que teve como objetivos: estruturar uma proposta de ensino que possibilite aos alunos evidenciar e compreender as relações entre ciência e sociedade e entre ciência e cotidiano, alinhando a visão internalista e externalista da História da Ciência no Ensino de Ciências, a partir de uma abordagem pautada na interdisciplinaridade.

Nesse sentido, o ensino estruturado em aspectos históricos pode evidenciar aos alunos uma visão humana do processo de construção da ciência. Ao aproximar o contexto histórico-cultural que os cientistas estão imersos, com a contribuição do processo coletivo da produção de conhecimentos, desmitificamos a premissa que a ciência é feita por gênios isolados da sociedade e que produzem teorias já consolidadas (MARTINS, 2006).

Assim como Martins (2006) e outros autores da área de ensino consideramos que processo de construção da ciência não é socialmente neutro e descontextualizado. Ele ocorre em um ambiente colaborativo, no qual os cientistas apresentam uma formação diversificada, produzindo assim, interpretações diferentes, porém complementares, acerca do fenômeno estudado. Isso sinaliza um trabalho interdisciplinar, no qual variedades de interpretações são oriundas de uma articulação dos seres humanos, com os diferentes meios nos quais estão inseridos. As relações econômicas, sociais e culturais vivenciadas pelos cientistas são indissociáveis no processo de construção e desenvolvimento do conhecimento científico (TRINDADE, 2011).

Compartilhando o entendimento da importância de uma abordagem histórica que evidencie essas articulações e da necessidade de um processo de ensino que ultrapasse a fragmentação do conhecimento científico no ensino de ciências, elaborou-se uma representação interdisciplinar, pautada na metodologia de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar, que consiste na apresentação um novo retrato de uma situação problema, o desenvolvimento da Termodinâmica, buscando assim, apresentar caminhos para a articulação entre os saberes. Essa metodologia possibilita materializar a integração da visão histórica internalista e externalista do processo de construção da Termodinâmica, ampliando discussões presentes em disciplinas como a de Física e Química de forma a evidenciar a relação entre elas e outras disciplinas como a de História, assim como outras áreas do conhecimento.

A escolha desse conteúdo levou em consideração resultados de pesquisas na área de Ensino de Ciências, tais como as realizadas por Silva, Laburú e Nardi (2008) e Niaz (2006), as quais indicaram que o estudo do calor é um dos conteúdos mais abstratos e rebuscados de ensinar e aprender, devido à abordagem predominantemente matematizada e distante do contexto histórico de produção científica.

Referencial Teórico

A Ilha de Racionalidade Interdisciplinar

O conhecimento presente no ensino de ciências encontra-se compartimentado na escola, sendo visto de forma independente nas disciplinas curriculares e nos materiais didáticos a elas associados.

Segundo Fourez (1997; 1998), esse conhecimento disciplinar produz uma representação estática e dogmática de uma situação sobre a qual se deseja agir em um ambiente de ensino. O mais indicado seria possibilitar que o conhecimento se moldasse às situações exploradas nas aulas de ciências, de forma que os estudantes possam reinterpretá-las e, quando necessário, utilizar esses conhecimentos no seu cotidiano. Esse tipo de conhecimento contrapõe-se, segundo o autor, ao conhecimento disciplinar.

Fourez (1997; 1998) considerou que o processo de ensino não ocorre em apenas uma disciplina isolada, na qual os conteúdos programados nos currículos são expressos nos materiais didáticos, separadamente e, muitas vezes, apresentados de forma fragmentada no contexto de sala de aula, levando ao obscurantismo. O autor sugere que esses conteúdos devem ser apresentados pelos professores aos alunos na forma de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar, que emergem em um oceano disforme de conhecimentos e que são expandidas conforme novos conhecimentos que são agregados ao estudo de uma situação específica.

Essas ilhas, também denominadas representações interdisciplinares, emergem como resultado do processo intelectual, pautado numa construção teórica edificada em conhecimentos de várias disciplinas, bem como, em saberes de especialistas e do cotidiano dos sujeitos envolvidos no processo de construção ou para a qual ela é construída. Essa consonância entre os conhecimentos visando à construção de um contexto, interligado com várias vertentes, pode promover à educação científica.

Para orientar a construção da Ilha de Racionalidade Interdisciplinar, Fourez (1998) sugere a realização de oito etapas apresentadas no quadro 1.

Quadro 1: Descrição das etapas da ilha de interdisciplinaridade.

Etapa preliminar: enquadrar o problema/situação-problema.	Especifica-se no contexto da implementação da representação interdisciplinar, bem como, o intuito de utilizar determinada proposta e o tipo de produto que será desenvolvido ao final do processo.
Etapa 1: Produzir um clichê da situação-problema.	Pode ser realizada por uma equipe de construtores, ou apenas um especialista. Nessa etapa, deve-se conduzir uma “tempestade de ideias” com todos os sujeitos envolvidos na construção da representação interdisciplinar. Nela, realiza-se o levantamento de ideias entendidas como pertinentes acerca de uma situação-problema, baseados nas concepções desses sujeitos, sejam elas corretas ou erradas. O especialista que conduz essa construção inicial deve registrar essas ideias, partindo dos aspectos

	mais gerais para os mais específicos.
Etapa 2: O panorama espontâneo.	Ocorre o delineamento das questões que serão tratadas, selecionando uma lista de caixas pretas, nesse trabalho entendidos como saberes disciplinares e não disciplinares, que apresentam relação com o programa escolar. Leva-se em conta a escolha do público-alvo ou destinatários da representação interdisciplinar, o levantamento de normas impostas que, pelo contexto, é o escolar. Listar as condições, interesses, tensões e controvérsias: levantamento do rol dos aspectos sociais, ambientais e culturais da situação-problema analisada e a delimitação do cenário possível de implementação da proposta.
Etapa 3: Consulta aos especialistas e especialidades	Nessa etapa, busca-se o aprofundamento de questões efetivamente levadas em conta na construção da representação e a coleta de informações ou pontos de vista, diferentes do anteriormente pensados. Sendo possível consultar não apenas os especialistas que dominam o saber acadêmico, mas também pessoas que dominem competências e técnicas próprias da sua vivência, valorizando outros aspectos na construção da representação interdisciplinar. Também utiliza-se fontes de consulta como livros e artigos que versem sobre a problemática.
Etapa 4: Ida a campo.	Etapa em que se realiza a avaliação dos conhecimentos que se pretende mobilizar com a abertura das caixas pretas. Reconhecimento da necessidade de aprofundamento e pertinência das informações coletadas. Avaliação da capacidade de utilizar os instrumentos necessários para abrir as caixas pretas selecionadas anteriormente. A ida a campo implica no desenvolvimento de um espírito crítico por parte dos construtores e de competências necessárias para avaliar esses aspectos e a confiabilidade das fontes que serão consultadas.
Etapa 5: Abertura das caixas pretas com/sem ajuda de especialistas.	Busca-se estudar de forma aprofundada os conhecimentos disciplinares e não disciplinares que serão mobilizados no estudo da situação-problema, na perspectiva de áreas

	específicas do conhecimento.
Etapa 6: Esquematizando a situação-problema.	Elabora-se uma síntese parcial que consiste em uma representação teórica acerca da situação-problema, a partir das informações coletadas com a abertura das caixas pretas. Ela é passível de aperfeiçoamento, com caráter dinâmico e evolutivo, possibilitando uma reorganização ou nova hierarquização das informações a partir dos critérios observados ou priorizados. Nessa etapa é importante incentivar os construtores a avaliarem a pertinência de se utilizar todas as informações coletadas com a abertura das caixas pretas. Reavaliarem todos os aspectos considerados no panorama espontâneo, pois iniciarão a fase de comunicação da resolução da situação-problema.
h) Etapa 7: Síntese final da ilha interdisciplinar produzida.	Sintetiza-se do trabalho desenvolvido de forma a englobar as respostas consideradas pertinentes para responder a situação-problema, para determinados destinatários em inseridos em certo contexto. Ela materializa o processo de seleção, síntese e negociação de cada etapa. Pode ser expressa em vídeos, página da internet, folder, jornal, revistas didáticas, dentre outros.

Fonte: Adaptado de Fourez (1998, p. 12-17).

É importante ressaltar que as etapas propostas por Fourez (1998) para construção de uma representação interdisciplinar são flexíveis: os construtores podem alterar a ordem ou modificá-las conforme aspectos condicionantes do contexto.

A seguir, apresenta-se o segundo eixo estruturante da representação interdisciplinar que norteia a importância de modificar a visão linear e estática da História da Ciência.

Abordagens da História da Ciência no Ensino de Ciências

Segundo Martins (2006), a História da Ciência ganhou um espaço importante no ensino de ciências desenvolvido na Educação Básica até esse período, enfrentando principalmente três grandes barreiras: a formação de pesquisadores e professores em História da Ciência, a qualidade dos materiais didáticos que exploram aspectos históricos da construção do

conhecimento científico e a concepção de alguns pesquisadores e professores sobre a natureza da ciência.

Verificamos em um estudo que antecedeu o estudo apresentado nesse trabalho que, a inserção de História da Ciência no Ensino de Ciências, depois de mais de uma década das constatações de Martins (2006), ainda enfrenta as mesmas barreiras por ele indicadas.

Muitos trabalhos que identificamos versam sobre a carência de professores com formação adequada para utilizar a História das Ciências no ensino de ciências, como conteúdo científico ou estratégia de ensino. Outros questionam a qualidade de materiais didáticos, como textos que explorem episódios sobre história da ciência, produzidos para que possa ser utilizado no contexto de sala de aula. Consideramos isso problemático, pois continuamos carentes de professores com formação adequada e os que possuem, muitas vezes, não tiveram a oportunidade de construir os saberes necessários para avaliar a qualidade das informações históricas, apresentadas em alguns dos materiais didáticos que encontramos na web, por exemplo. Esses materiais apresentam apenas uma descrição de fatos e datas históricas, dispostas em uma linha do tempo ao invés de apresentar o processo de construção da ciência como uma atividade que decorre dos conhecimentos interiorizados dos pesquisadores que, ao interpretarem o desenvolvimento histórico, lançam novas nuances discursivas com o intuito de produzir inferências acerca de determinados períodos históricos.

Esses aspectos listados acima foram pontuados há mais de uma década no trabalho de Martins (2004). Nesse trabalho, o autor faz uma discussão interessante sobre história da ciência e historiografia. A primeira seria o desenrolar das atividades humanas ao longo dos tempos e a segunda é o produto do trabalho de historiadores que retratam os episódios históricos, a partir da sua visão sobre o momento histórico.

Versando sobre o enfoque que os historiadores materializam em seus trabalhos e como isso se reflete no contexto de sala de aula destacamos o trabalho de Oliveira e Silva (2011). Nele, as autoras apresentam uma discussão sobre os enfoques presentes nos trabalhos que fazem uso de história da ciência, de forma teórica ou prática, no ensino de ciências. Segundo elas, a historiografia da ciência parte da análise dos documentos e fatos históricos relacionados à construção da ciência. Ela geralmente reflete as crenças, valores e filosofias inerentes do pesquisador. Essa leitura e produção do historiador é orientada por valores inseparáveis dos sujeitos, balizados pela sua formação em uma comunidade de pesquisadores, sendo estes, indícios que consideramos para caracterizar as abordagens historiográficas internalista e externalista do desenvolvimento científico. As autoras pontuam que a definição dessas abordagens é um tema que apresenta diferentes e conflitantes pontos de vista.

A abordagem internalista busca analisar a ciência de um ponto de vista predominantemente pragmático, agrupando as teorias que apresentam características comuns. Esse processo historiográfico dedica-se também a

elucidar os caminhos lógicos da construção do conhecimento científico, tais como o formalismo matemático e o processo de experimentação que são produzidos pelos cientistas em períodos de intensa revolução científica (OLIVEIRA e SILVA, 2011).

Após a reflexão sobre a forma como alguns teóricos concebem essas abordagens, as autoras pontuam que “[...] abordagem histórica Internalista aquela que analisa o conteúdo conceitual da ciência, e como abordagem Externalista aquela que tem como base a análise dos fatores extracientíficos presentes no desenvolvimento do conhecimento científico” (OLIVEIRA e SILVA, 2011, p. 6).

Na visão de outros autores, a abordagem externalista se preocupa em analisar o desenvolvimento da ciência a partir de influências sociais e culturais que motivam o direcionamento das pesquisas para suprir determinadas necessidades que são importantes para a sociedade (BAGDONAS, 2015). A abordagem internalista de uma teoria científica busca analisar quais os problemas de pesquisa que os cientistas tentavam responder, como também, a interpretação dos cientistas acerca das suas descobertas, bem como, evidencia as etapas fundamentais que permitiu uma descoberta científica (KUHN, 2011).

A vertente externalista retrata a ciência em perspectiva cultural na qual combate as visões estereotipadas dos cientistas como indivíduos deslocados do meio social e das influências externas, a qual valoriza também os avanços e retrocessos, como inerentes ao próprio desenvolvimento científico e evidencia a disputa pela aceitação dos modelos científicos entre os pares na Academia (MARTINS, 2004; MARTINELLI e MACKEDANZ, 2017).

Contudo, a distinção entre essas abordagens mostraram-se conflitantes na visão de pesquisadores como Koyré (2011), Contelli (2013), Magalhães e Salateo (2015), pois, atualmente os historiadores pontuam que qualquer análise de um episódio histórico deve considerar o contexto no qual estava inserido, contemplando assim os aspectos externos à Ciência. Esse conflito foi superado com a evolução das pesquisas no campo da historiografia da ciência que possibilitou um diálogo entre aspectos internos e externos do fazer científico, de forma a considerar essas abordagens como complementares (BAGDONAS, 2015).

Considerando a necessidade do diálogo de tais abordagens historiográficas para inserir, no contexto de sala de aula, uma discussão sobre o processo de desenvolvimento científico da Termodinâmica no contexto da Revolução Industrial, realizamos uma construção historiográfica orientada pela metodologia de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar. Salientamos que o objetivo da proposta era a produção de um material didático que propiciasse a inserção da história da ciência relacionada ao desenvolvimento da Termodinâmica descrevendo aspectos que marcaram o contexto no qual isso ocorreu. Para isso, foi necessário buscar por informações em outras áreas do conhecimento, externas a do ensino de

ciências. Além disso, algumas das etapas da metodologia foram ignoradas, pois não contemplavam nosso objetivo no momento da produção do material.

Procedimentos Metodológicos

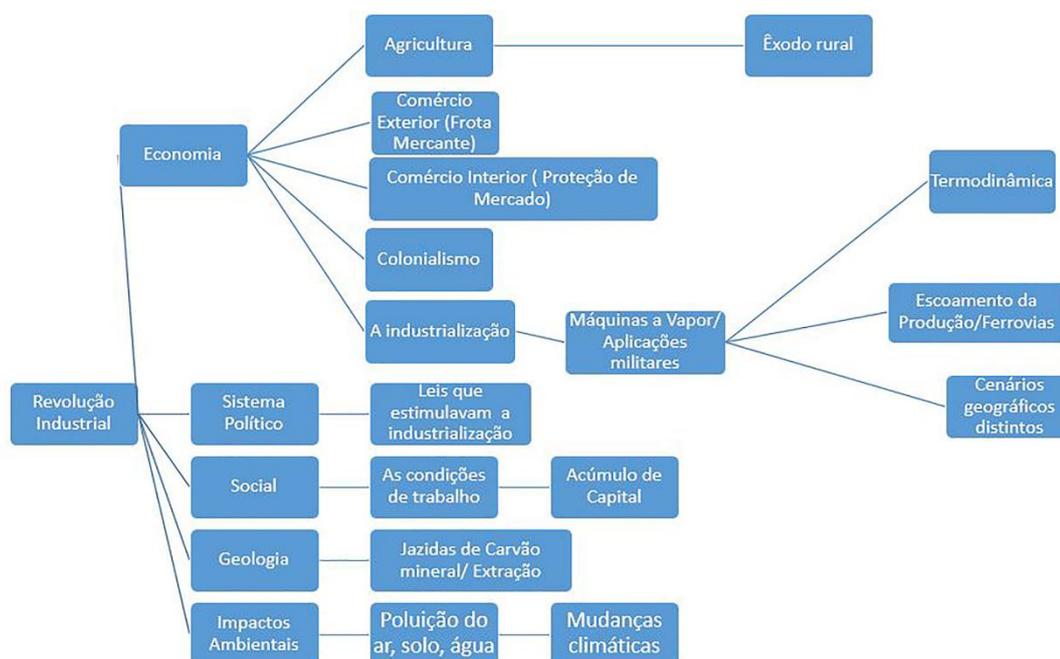
A construção da representação interdisciplinar

Utilizou-se das orientações apresentadas por Fourez (1998), para nortear o desenvolvimento da representação interdisciplinar, abordando assim, o desenvolvimento da Termodinâmica, valorizando aspectos externos à ciência.

Na primeira etapa, selecionou-se o contexto no qual a representação interdisciplinar em forma de material didático/produto pedagógico seria empregada. Nesse momento levou-se em consideração o público-alvo: estudantes do Ensino Médio.

A tempestade de ideias efetivou-se a partir de uma discussão dos autores do presente trabalho, construtores da representação interdisciplinar, para a produção do clichê, apresentado na Figura 1.

Figura 1: Múltiplas vertentes utilizadas na produção da Ilha de Racionalidade Interdisciplinaridade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Enfatizamos que a vertente do desenvolvimento científico da Termodinâmica não foi apresentada na Figura 1, pois consideramos que a mesma se insere no contexto da Revolução Industrial.

As demais etapas utilizadas na elaboração da representação foram o panorama espontâneo que está dividido nas seguintes subcategorias: listagem de autores envolvidos - professores e estudantes; lista de normas e das condições - o conteúdo relacionado ao ensino de ciência, conforme apresentado no Referencial Curricular do Estado de Mato Grosso do Sul e a carga horária semanal disponibilidade para o eixo de Ciências da Natureza; lista de cenários possíveis - disciplinas que integram a representação: Física, Química e História; lista de interesses, tensões e controvérsias - apresentou-se as vantagens e desvantagens do motor a vapor de Newcomem, assim como, a necessidade de otimizar as máquinas térmicas; lista de bifurcações - delimitou-se os tipos de poluição entre, o do ar e das águas, apresentou-se os meios de produção: manual e mecanizado, bem como, a divisão entre as classes sociais da burguesia e do proletariado.

A etapa seguinte consistiu na avaliação das caixas pretas e especialistas selecionados para a consulta de informações que comporiam a síntese parcial. No caso, foram realizadas consultas bibliográficas em artigos e livros, acerca dos seguintes temas estruturantes e seus desdobramentos: a economia - industrialização, comércio, máquinas a vapor e agricultura; o sistema político - leis que estimulavam a industrialização; o meio social - exploração do trabalho, luta pelos direitos trabalhistas e revoltas sociais; a química ambiental - poluição do ar, água e mudanças climáticas.

A ida a campo materializou-se pela coleta de informações relevantes nos documentos selecionados na etapa anterior. Depois da construção da síntese parcial, convergimos à construção de uma nova representação interdisciplinar para a síntese final: como produzir um produto pedagógico utilizando ferramentas tecnológicas/computacionais? Para isso utilizou-se das seguintes ferramentas computacionais: *Microsoft PowerPoint* na sua versão registrada para a universidade, que permitiu a edição dos textos e das imagens³ que foram importadas para a plataforma de publicação digital multifuncional gratuita do *Joomag*⁴. Esta ferramenta possibilitou a diagramação da representação no formato de revista.

Resultados e Discussões

A síntese final do processo de construção da representação interdisciplinar constitui-se em um produto educacional que apresenta ao todo 29 páginas, explorando as linguagens visual e escrita. Em cada página, apresenta-se uma figura que sinaliza aspectos do contexto e processo histórico que permeia o desenvolvimento da Termodinâmica e um texto explicativo enfatizando a produção interdisciplinar da ciência.

³As imagens utilizadas na revista foram referenciadas conforme as suas fontes originais, bem como, os textos apresentam os conceitos originais apontados pelos seus autores.

⁴ Disponível em: https://www.joomag.com/pt_BR

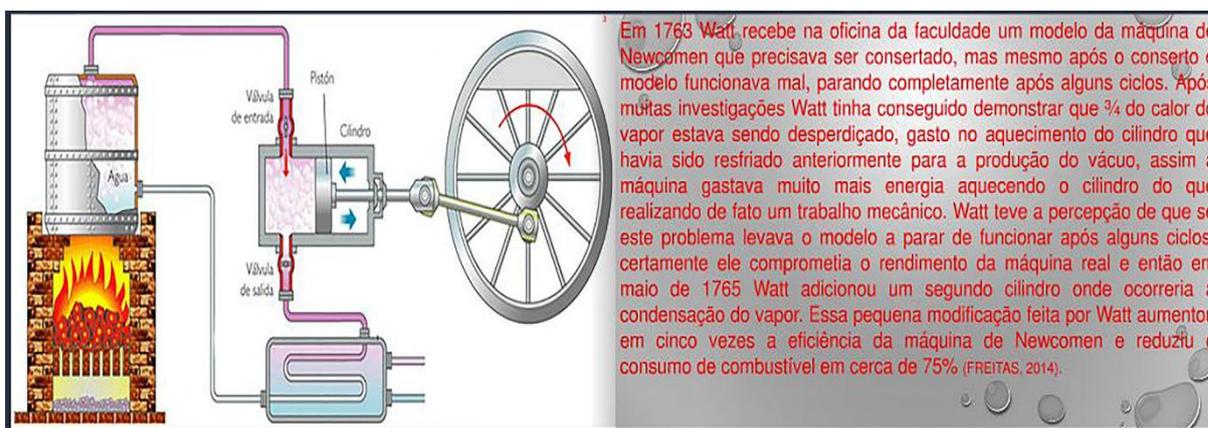
Destacamos que esse material materializa a síntese final da Ilha de Racionalidade Interdisciplinar e que, segundo nosso entendimento, contempla as abordagens internalista e externalista de História da Termodinâmica.

Esse processo conduzido para a elaboração da representação trata-se de um modelo pedagógico que constituiu um arcabouço mais amplo no estudo de situações em que apenas a abordagem de saberes disciplinares é insuficiente para representar os cenários concretos que os professores podem explorar no Ensino de Ciências. Cenários que contribuem para uma formação mais ampla dos estudantes sobre os saberes explorados na escola (NEHRING, et al, 2002).

Muitos livros didáticos discutem sobre a máquina a vapor de Watt, mas não apresentam informações sobre o contexto em que ela foi produzida, tal como explicitado na Figura 2.

Além de apresentar uma ilustração da máquina e a indicação de seu construtor, na representação interdisciplinar apresentamos detalhes sobre o contexto na qual foi construída por Watt, como pode-se observar no texto da Figura 2. Nele explicitamos aspectos da abordagem internalista da história da ciência e indicamos que a referida máquina era o resultado de um aperfeiçoamento da máquina de *Newcomen*.

Figura 2: Contextualização da máquina a vapor, aperfeiçoada por Watt a partir do equipamento de *Newcomen*.



Fonte: Elaborado pelos autores.⁵

Essa parte da representação interdisciplinar (Figura 2) apresenta a discussão da abordagem internalista marcada pela prática experimental, pautada no emprego de uma visão técnica acerca do funcionamento da máquina de *Newcomen*. Nela, descrevemos que além de um conserto, Watt

⁵ Disponível em: <https://view.joomag.com/revolu%C3%87%C3%83o-industrial-e-o-desenvolvimento-da-termodin%C3%82mica-revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-e-termodin%C3%A2mica/0148191001521304596?short>

buscou melhorar o funcionamento da máquina, tomando por base investigações realizadas em momento anterior ao contato inicial e no contexto de uma oficina de uma faculdade. Esse detalhe sinaliza que a descrição histórica almeja a integração das abordagens internalista e externalista.

A oficina inserida no contexto de uma faculdade sugere que os técnicos que ali trabalhavam possuíam conhecimentos científicos que os técnicos de outras oficinas não precisavam dominar. Esse aspecto é explorado em relatos de autores como Hobsbawm (2000) que descreve a máquina de Watt como um equipamento cientificamente aperfeiçoado, conforme destacado na citação seguinte. Por outro lado, o interesse em melhorar o rendimento da máquina e não apenas efetuar seu conserto, sugere a influência de aspectos externos ao desenvolvimento dos estudos sobre o calor. Um aspecto que provavelmente impulsionou o desenvolvimento de máquinas térmicas seria a geração de patentes dos inventos que propiciavam lucros elevados, mesmo sem uma interpretação correta do conhecimento científico que estava envolvido no processo, os aspectos internalista de construção da ciência do calor.

Com relação aos fatores que influenciaram a construção de máquinas a vapor, com base em conhecimentos técnicos e que alavancou a Revolução Industrial, Hobsbawm (2000) pontuou que:

Felizmente poucos refinamentos intelectuais foram necessários para se fazer a revolução industrial. Suas invenções técnicas foram bastantes modestas, e sob hipótese alguma estavam além dos limites de seus artesões e dos que trabalhavam em suas oficinas ou das capacidades construtivas de carpinteiros, moleiros e serralheiros: a lançadeira, o tear, a fiadeira automática. E nem mesmo máquina cientificamente mais sofisticada, a máquina a vapor de James Watt, necessitava de mais conhecimentos de física do que os disponíveis até então há quase um século, a teoria adequada das máquinas a vapor só foi desenvolvida pelo francês Carnot na década de 1820 e podia contar com várias gerações de utilização para a sociedade, essa prática de máquinas a vapor, utilizava principalmente nas minas de carvão. Dadas às condições adequadas e necessárias, as inovações técnicas da revolução industrial praticamente se fizeram por si mesmas, exceto talvez na indústria química (HOBBSAWM, 2000, p. 53-54, grifo nosso).

Esse desenvolvimento pautado em conhecimentos técnicos logo atingiu o limite de aprimoramento das máquinas a vapor e a comunidade dos construtores começou a ser pressionada pela sociedade industrial, com o objetivo de buscar novas possibilidades para aperfeiçoamento. Essa pressão era exercida principalmente por industriais da sociedade inglesa, que necessitavam de mais carvão mineral, retirados de minas cada vez mais

profundas, para movimentar suas máquinas e aumentar seus lucros (HOBBSAWM, 2000).

Diante disso, o desenvolvimento pautado em conhecimentos técnicos/prático, começou a perder espaço para as ideias científicas, associadas à primeira e segunda leis da Termodinâmica, ampliadas principalmente como o surgimento das acadêmicas de ciência, na Inglaterra e nas principais potências europeias. Esse novo contexto impulsionou os cientistas a planejarem com maior rigor os seus experimentos e a formularem teorias mais rebuscadas e com o poder preditivo maior. Nesse cenário é que se desenvolveu, por exemplo, o princípio de conservação da energia.

O alinhamento de conhecimentos teóricos e práticos impulsionou a mecanização dos meios de produção, provocando profundas transformações na sociedade. Um dos reflexos disso no contexto social inglês foi o emprego de mão de obra infantil nas fábricas, pois eram mais baratas e de fácil subversão, tal como indicado na página ilustrada na Figura 3.

Figura 3: Utilização de mão-de-obra infantil nas fábricas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com o avanço da Revolução Industrial e o aperfeiçoamento das máquinas térmicas ocorreu a mecanização das atividades industriais diminuindo à necessidade de mão de obra, levando ao aumento da pobreza e a expansão dos bairros de baixa renda. Os trabalhadores, moradores desses locais, não contavam, entre outras benfeitorias, com o saneamento básico, fator favorável para a disseminação de diversas doenças, associadas ao consumo impróprio das águas, por exemplo.

Os grandes industriais, pertencentes ao que historicamente conhecemos como burguesia, não estavam preocupados com esse contexto. Continuavam interessados em acumular cada vez mais capital em detrimento da classe trabalhadora e do meio ambiente, cada vez mais explorados, para manter o poder social e político de sua classe. Eles investiam parte de suas riquezas no financiamento de pesquisas que tinham

por objetivo aperfeiçoar as máquinas a vapor, aumentando ainda mais seus lucros.

Os aspectos descritos acima, assim como nas outras 27 páginas do produto educacional, almejam propiciar uma discussão da história da termodinâmica pautada em episódios presentes em abordagens internalista e externalista da história da ciência. Eles favorecem a percepção de que a ciência é resultado de uma construção interdisciplinar, na qual contribuem diferentes sujeitos. A apresentação de diferentes aspectos que influenciam na produção do conhecimento científico, evidencia as articulações dos cientistas no contexto interno e suas relações com a sociedade, contexto externo.

Esse tipo de abordagem da história da ciência favorece o Ensino de Ciências, pois valoriza a natureza histórica da produção de conhecimentos científicos e também pode contribuir com a aprendizagem dos estudantes (QUINTAL e GUERRA, 2009).

Considerando esse tipo de abordagem o produto educacional possibilita à realização de um ensino a partir de múltiplas lentes e não apenas a que foca numa única disciplina curricular, como a Física, História ou Química, por exemplo. Ele foi construído com base nas etapas de construção de uma representação interdisciplinar para possibilitar uma visão mais global do processo. Nesse caso, um produto educacional estruturado com base em saberes interdisciplinares almeja materializar uma “[...] proposta de romper com as barreiras entre as disciplinas, superando a compartimentalização do pensar, transpondo para um trabalho integrado dos saberes nos diversos campos do conhecimento” (FERREIRA, HAMMES e AMARAL, 2017, p. 68).

Considerações Finais

A elaboração da representação interdisciplinar permitiu abordar as vertentes internalista e externalista da História da Ciência, subsidiada pela metodologia de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar, proposta por Fourez (1998). A construção de uma representação interdisciplinar possibilitou apresentar uma visão mais ampla da História da Termodinâmica se comparada com o que é apresentado numa abordagem disciplinar. Nela exploramos aspectos relacionados aos conhecimentos técnicos de trabalhadores de oficinas, por exemplo, que inicialmente alavancaram o aperfeiçoamento das máquinas a vapor e posteriormente foram suplantadas pelas ideias científicas associadas ao estudo do calor, como as leis da Termodinâmica.

A representação interdisciplinar valoriza diferentes aspectos sociais, tais como a exploração da mão de obra infantil nas fábricas para aumentar os lucros que geralmente não são explorados em abordagens disciplinares como a de Física e Química. Nessas disciplinas o foco principal é a evolução das ideias científicas acerca da Termodinâmica e não as transformações

que elas ocasionaram nas sociedades europeias. Essa abordagem demonstra que não é possível que a ciência não influencie a sociedade e vice-versa.

Dessa forma, apresentou-se uma alternativa à visão da História da Ciência de cunho linear que apresenta episódios históricos desvinculados do social e cultural que estão imbricados no desenvolvimento da ciência, possibilitando uma abordagem da História da Ciência no Ensino de Ciências, aliado a interdisciplinaridade.

Assim sendo, esse produto educacional é uma opção para abordar a Termodinâmica a partir uma abordagem histórica construída a partir informações coletadas em diferentes caixas pretas, no caso artigos de diferentes áreas de conhecimento. A forma como foi construído, a partir das etapas de uma ilha de racionalidade interdisciplinar, possibilita a superação do ensino tradicional, que apresenta um saber fragmentado em disciplinas que não evidenciam a possibilidade de relações desse conteúdo no Nível Médio.

Referências

- BAGDONAS, A. **Controvérsias envolvendo a natureza da ciência em seqüências didática sobre cosmologia**. 2015. 266 f. Tese de doutorado em Ensino de Ciências, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CONTELLI, D, P. **Discutindo a proposta contemporânea de uma teoria das virtudes intelectuais como teoria do conhecimento**. 2013. 102 f. Dissertação de Mestrado em Filosofia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- DRIVER, R. 'Students conceptions and the learning of science'. **International Journal of Science Education**. v.11, n.5, p. 481-490, 1989.
- FERREIRA, F, M, N, S.; HAMMES, C, C.; AMARAL, K, C, das C, do. Interdisciplinaridade na formação de professores: Rompendo paradigmas. **Diálogos interdisciplinares**. v.1, n.4, p. 62-76, 2017.
- FERREIRA, L, H.; CORREA, K, C, S.; DUTRA, J, L. Análise das estratégias de ensino utilizadas para o ensino da tabela periódica. **Química Nova na Escola**, v.38, n. 4, p.349-359, 2016.
- FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Colihue, 1997.
- FOUREZ, G. Se représenter et mettre em oeuvre l' interdisciplinatité à l' école. Tradução: Paulo Ricardo da Silva Rosa. **Revue des sciences de l' education**. v. 24, n.1, p.31-50, 1998.

HOBSBAWM, E, J. **Da revolução industrial inglesa ao imperialismo**. Tradução: Donaldson Magalhães Garschagen. 5 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2000.

KOYRÉ, A. **Estudos de História do pensamento científico**. Tradução de Márcio Ramalho. 2 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2011.

KUHN, T, S. **A tensão essencial**. Tradução: Marcelo Amaral Penna-Forte. Rio Claro: Editora Unesp, 2011.

MAGALHÃES, G.; SALATEO, R. História da Ciência e crescimento econômico; a produção de artigos de história da química em periódicos brasileiros (1974-2004). **Revista Brasileira de História da Ciência**, v.8, n.2, p. 16-25, 2015.

MARTINELLI, N, R.B.; MACKEDANZ, L, F. Abordagens da História da Ciência no Ensino de Ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Anais. Florianópolis: **ENPEC**, 2017. p. 1-9.

MARTINS, R. de. A. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (orgs). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo. Livraria Editora da Física/Fapesp, p. 115-145, 2004.

MARTINS, R.de. A. Introdução a história das ciências e seus usos na educação. (pp. 21-34). In: Silva, C, C. (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MOURA, B, A.; SILVA, C, C. Abordagem multicontextual da história da ciência: Uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores. **Revista Brasileira de História da Ciência**. v.7,n. 2, p.336-348, 2014.

NEHRING, C, M. et al. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: O ensino de ciências através de projetos. **Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências**. v.2, n.1, p. 88-105, 2002.

NIAZ, M. Can the study of thermochemistry facilitate students' differentiation between heat energy and temperature? **Journal of Science Education and Technology**, v.15, n.3, p. 269- 276, 2006.

OLIVEIRA, R.A.; SILVA, A.P.B. A História da Ciência no Ensino: Diferentes enfoques e suas implicações na compreensão da ciência. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais**. Campinas: ENPEC, 2011, p. 1-12.

PEDUZZI, L. O.; ZYLBERSZTAJN, A.; MOREIRA, M. A. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação

força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.14, n.4, p.239-246, 1992.

PRADO, R, T. do.; FERRACIOLI, L. Atividades experimentais e o diagrama V no ensino de magnetismo: Buscando indícios de aprendizagem significativa. **Aprendizagem significativa em revista**. v. 7, n.1, p. 11-24, 2017.

QUINTAL, J.R.; GUERRA, M. A história da Ciência no processo de ensino-aprendizagem. **Física na Escola**. v. 10, n.1, p. 21-25, 2009.

SILVA, O, H, M.; LABURÚ, C, E.; NARDI, R. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.25, n.3: p.383-396, 2008.

TRINDADE, D, F. História da Ciência: Uma Possibilidade interdisciplinar para o ensino de ciências no Ensino Médio e nos cursos de formação de professores de ciências. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v.4, n.2. p. 257-272, 2011.

WATANABE, G.; KAWAMURA, M, R, D. Abordagem temática e conhecimento escolar científico complexo: Organizações temática e conceitual para proposição de percursos abertos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n.3, p. 145-161, 2017.