

O Ensino de Termodinâmica e as suas relações com questões ambientais: uma revisão sistemática de literatura

The Teaching of Thermodynamics and its relations with environmental issues: a systematic literature review

La enseñanza de la termodinámica y sus relaciones con las cuestiones ambientales: una revisión sistemática de la literatura

João Michels Cardoso⁰¹ Daniele Trajano Raupp⁰²

Resumo

A natureza abstrata e complexa da Termodinâmica demanda abordagens variadas e contextualização com exemplos práticos para superar dificuldades de aprendizagem. Nesse sentido, apresentamos uma revisão de literatura, realizada no Portal de Periódicos CAPES, objetivando compreender metodologias utilizadas, materiais didáticos e contextos de pesquisa no ensino de Termodinâmica. Ademais, investigamos a relação com questões ambientais, em virtude do papel significativo dessa temática, com tópicos como eficiência energética, mudanças climáticas e impacto das ações antrópicas no ambiente. Aplicando os critérios de seleção, dez manuscritos foram examinados, utilizando Análise de Conteúdo de Bardin e alocados nas categorias: História da Ciência, Papel da Experimentação, Investigações de Conceitos Espontâneos e Científicos, Implicações para o Ensino de Ciências e Materiais Didáticos. Somente um estudo apresentou relação com questões ambientais, o que reflete uma visão simplista e reducionista, utilizando apenas exemplos das máquinas térmicas, sem considerar a relevância da abordagem dos conceitos de termodinâmica com as questões ambientais atuais.

Palavras-chave: Termodinâmica; Ensino de Ciências; Química Ambiental.

Abstract

The abstract and complex nature of Thermodynamics demands varied approaches and contextualization with practical examples to overcome learning difficulties. In this regard, we present a literature review conducted on the CAPES Periodicals Portal, aiming to understand the methodologies used, didactic materials, and research contexts in Thermodynamics education. Additionally, the study investigated the relationship with environmental issues, given the significant role of this theme in topics such as energy efficiency, climate change, and the impact of human actions on the environment. Applying selection criteria, ten manuscripts were examined using Bardin's Content Analysis and allocated into categories: History of Science, Role of Experimentation, Investigations of Spontaneous and Scientific Concepts, Implications for Science Education, and Didactic Materials. Only one study addressed the relationship with environmental issues, reflecting a simplistic and reductionist view, utilizing only examples from thermal machines without considering the relevance of approaching thermodynamic concepts within current environmental issues.

Keywords: Thermodynamics; Science Education; Environmental Chemistry.

Resumen

La naturaleza abstracta y compleja de la Termodinámica demanda enfoques variados y contextualización con ejemplos prácticos para superar las dificultades de aprendizaje. En este sentido, presentamos una revisión de literatura realizada en el Portal de Periódicos CAPES, con el objetivo de comprender las metodologías utilizadas, los materiales didáticos y los contextos de investigación en la enseñanza de la Termodinámica. Además, se investigó la relación con cuestiones ambientales, dada la importancia de este tema en aspectos como la eficiencia energética, el cambio climático y el impacto de las acciones humanas en el medio ambiente. Aplicando criterios de selección, se examinaron diez manuscritos utilizando Análisis de Contenido de Bardin y se asignaron a categorías: Historia de la Ciencia, Rol de la Experimentación, Investigaciones de Conceptos Espontáneos y Científicos, Implicaciones para la Enseñanza de las Ciencias y Materiales Didáticos. Solo un estudio abordó la relación con cuestiones ambientales, reflejando una visión simplista y reduccionista, utilizando solo ejemplos de máquinas térmicas sin considerar la relevancia de abordar los conceptos termodinámicos

1 Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF/UFSC). Professor na Universidade do Sul de Santa Catarina. Discente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: jmichelsc@hotmail.com

2 Doutorado em Educação em Ciências (PPGECI/UFGRS). Professora na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências. E-mail: dtraupp@gmail.com

dentro de las problemáticas ambientales actuales.

Palabras Clave: Termodinâmica; Enseñanza de Ciencias; Química Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de ciências desempenha um papel fundamental nos desenvolvimentos educacional, intelectual e social dos indivíduos e na evolução da sociedade como um todo. De forma geral, a relevância do ensino das ciências da natureza é amplamente reconhecida por professores, pesquisadores e estudantes. No entanto, são comuns relatos de dificuldade no entendimento de conceitos científicos por parte dos estudantes. E não poderia ser diferente: descrever o funcionamento do universo por meio de modelos, leis e fórmulas é um verdadeiro quebra-cabeça. Margarete Hülsendeger (2007, p. 223) diz que “negar a complexidade dos conceitos físicos e a dificuldade da maioria dos alunos de compreender esses conceitos é, além de ingenuidade, desconhecer a realidade atual do ensino da Física”. De fato, não só na Física, mas nas Ciências da Natureza (Física, Química e Biologia), existem diversos conceitos complexos, e as dificuldades encontradas pelos docentes na construção de tais conhecimentos são amplamente discutidas na literatura. A autora aponta, ainda, a relação dos conceitos físicos ao contexto histórico, no qual eles estão inseridos como um possível caminho para favorecer a aprendizagem. Frente a isso, percebe-se que há um esforço da comunidade científica e escolar para que exista essa interdisciplinaridade ciências-história: não é incomum vermos trechos de história em meio aos conceitos científicos nos livros didáticos e diversos artigos recentes tratam do tema, como Oliveira (2020), Soares (2020), Souza (2021), entre outros.

A palavra “termodinâmica” possui origem do grego *therme*, que significa calor, e *dy-namis*, que significa movimento. A teoria Termodinâmica se desenvolveu durante a primeira Revolução Industrial (1760-1850) e foi – literalmente – o seu motor. Diferente de outras áreas das ciências, em que os avanços científicos levaram um tempo para serem incorporados pela indústria e sociedade com aplicações tecnológicas, a teoria Termodinâmica foi, em grande parte, desenvolvida por engenheiros, com foco imediato em suas aplicações em motores térmicos. Logo, da forma como os fatos aconteceram na história, é importante relacionar a Termodinâmica ao contexto da Revolução Industrial.

Todavia, levanta-se a seguinte questão: por que a teoria Termodinâmica costuma ser exemplificada apenas por meio das máquinas térmicas? As leis de conservação e degradação da energia estão presentes em todos os processos naturais e nos permitem saber quais os limites e os caminhos espontâneos de qualquer fenômeno físico-químico. Isso é discutido no ensino de Termodinâmica? Um aluno de Ensino Médio ou das primeiras fases dos cursos tecnológicos é instruído para conhecer a abrangência da teoria Termodinâmica na descrição de todos os processos naturais ou apenas para o processo de combustão no interior de um motor? Na verdade, a importância da discussão de questões ambientais e de eficiência energética no ambiente escolar já é discutida no meio científico. Raupp (2019), Santos (2020), Dimas (2021), entre outros, destacam que a termodinâmica é a ciência capaz de propor soluções para tais questões. São os conceitos de temperatura, energia, entropia e

calor que possibilitam o entendimento científico de acontecimentos da atualidade, como o aquecimento global, o uso de matrizes limpas de energia, a importância de pequenos hábitos sustentáveis das pessoas, entre outros. Além disso, para aqueles que optarem por seguir para as áreas das ciências da natureza e engenharia, a consciência ambiental, unida ao conhecimento técnico da termodinâmica, pode ser chave para descobertas de novas tecnologias ambientalmente sustentáveis.

Frente a esse cenário, o presente estudo tem por objetivo identificar, nos artigos publicados sobre ensino de Termodinâmica, as suas características, metodologias utilizadas, análises dos materiais didáticos e os seus contextos de pesquisa, bem como a relação da teoria Termodinâmica com questões ambientais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A relevância de trabalhos de revisão sistemática no âmbito da pesquisa em ensino

A literatura científica produzida atualmente aumenta a uma taxa exponencial. Com isso, as revisões sistemáticas que coliguem as evidências disponíveis em torno de um tema têm se tornado, cada vez mais, importantes. Boas revisões sistemáticas são recursos importantes ante o crescimento acelerado da informação científica e permitem ir além da atividade usual de realizar uma revisão de literatura, por sua característica fundamental de dar alguma logicidade a um grande corpus documental (JESUS, 2022).

Todavia, Costa *et al.* (2021, p. 149) destaca que “é digno de nota que, ao fazer buscas em bases de dados internacionais, são encontradas uma grande quantidade de revisões sobre artigos que discutem pensamento crítico em contextos de áreas distintas, muitas das quais são específicas ao Ensino de Enfermagem ou da área Médica. Apesar disso, revisões que analisam estudos voltados para área de Ensino de Ciências e Educação Matemática são escassas”.

Segundo Sampaio e Mancini (2007, p. 83), “as revisões sistemáticas são desenhadas para ser metódicas, explícitas e passíveis de reprodução. Esse tipo de estudo serve para nortear o desenvolvimento de projetos, indicando novos rumos para futuras investigações e identificando quais métodos de pesquisa foram utilizados em uma área”. O autor, ainda, destaca que “uma revisão sistemática requer uma pergunta clara, a definição de uma estratégia de busca, o estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão dos artigos e, acima de tudo, uma análise criteriosa da qualidade da literatura selecionada”. Portanto, as descobertas realizadas por meio de tais revisões oferecem recomendações teóricas e práticas, dado que proporcionam um panorama acerca do tema e sintetizam as ideias já debatidas e reconhecidas pela comunidade científica.

Os conceitos de Termodinâmica (calor, temperatura, energia interna, etc.) são extremamente difíceis de serem trabalhados, dadas as errôneas concepções do senso comum sobre essas grandezas. No “mundo real”, a energia não parece se conservar, calor e frio pa-

recem coisas diferentes, o ar parece não peso e entropia não existe. Como desenvolver de forma significativa o entendimento de conceitos tão abstratos? (Silva, 2013). Diante disso, diversos professores e pesquisadores empenham-se na pesquisa e no desenvolvimento de metodologias, recursos didáticos, entre outros meios para abordar esse tema, produzindo uma grande quantidade de artigos a esse respeito.

2.2. Educação Ambiental e o Ensino de Termodinâmica

Segundo Sauv  (2004), a Educa o Ambiental (EA) pode ser classificada em sete grandes correntes tradicionais: Ambientalista, Antropocentrista, Crítica, Comportamentalista, Culturalista, Sustentabilista e Tecnicista. O autor destaca, ainda, que a promo o de conhecimento crítico   base para o estudo das questões ambientais. Percebe-se, portanto, como a EA   muito abrangente e, com isso, existem muitos enfoques que podem ser dados para o seu estudo. Diante disso, faz-se necessário aliar os conhecimentos técnico e crítico na forma o de cidad es conscientes ambientalmente.

Além disso,   preciso entender a EA como uma ciência que não se volta somente para conceitos já definidos do que são questões ambientais, mas também para o papel transformador dos seres humanos, os quais devem ter consciência, problematizar e serem críticos, colocando em prática a es concretas. Ademais, Ferreira (2018) dispõe que o campo de atua o da Educa o Ambiental pode ser estreito no meio escolar, pois os professores precisam estruturar tal complexidade e variedade de muitos assuntos para os alunos. Nesse sentido, Carvalho (2001) destaca que   necessária uma boa prepara o das aulas para o desenvolvimento de metodologias que promovam o estudo da EA, pois não existem fórmulas mágicas para o debate desses temas. Assim, de acordo com Ubinski (2016, p. 58), “a Educa o Ambiental precisa envolver os conteúdos científicos que possibilitem essa compreensão das problemáticas socioambientais”. Dessa forma, no estudo da EA os conceitos científicos ganham um porquê e devem ser estudados de maneiras crítica e imersiva, visando a aprendizagem significativa.

Logo, somos rodeados cotidianamente por questões ambientais, que se relacionam, associam-se, sobrepõem-se e se desdobram em novos problemas. Essas questões se tornaram alvo de diversas discussões e têm gerado a realiza o de conferências, encontros, seminários, e muitas publica es científicas, como Dimas *et al.* (2018), Ferreira (2021) e Raupp *et al.* (2019).   razoável, portanto, que as questões ambientais, tão presentes no dia a dia das pessoas, sejam subsídios para estratégias didáticas no ensino de ciências da natureza de forma contextualizada, buscando os fatos históricos, mas olhando para o futuro e as demandas atuais.

3. CAMINHO METODOLÓGICO

Uma revisão sistemática, metodologia utilizada neste estudo, deve possuir um protocolo bem definido e devidamente registrado, tornando-o reproduzível por outros pesquisadores e conferindo-lhe transparência. O presente estudo seguiu as etapas descritas por Donato (2019), conforme o Quadro 1:

Quadro 1 - Etapas da revisão sistemática.

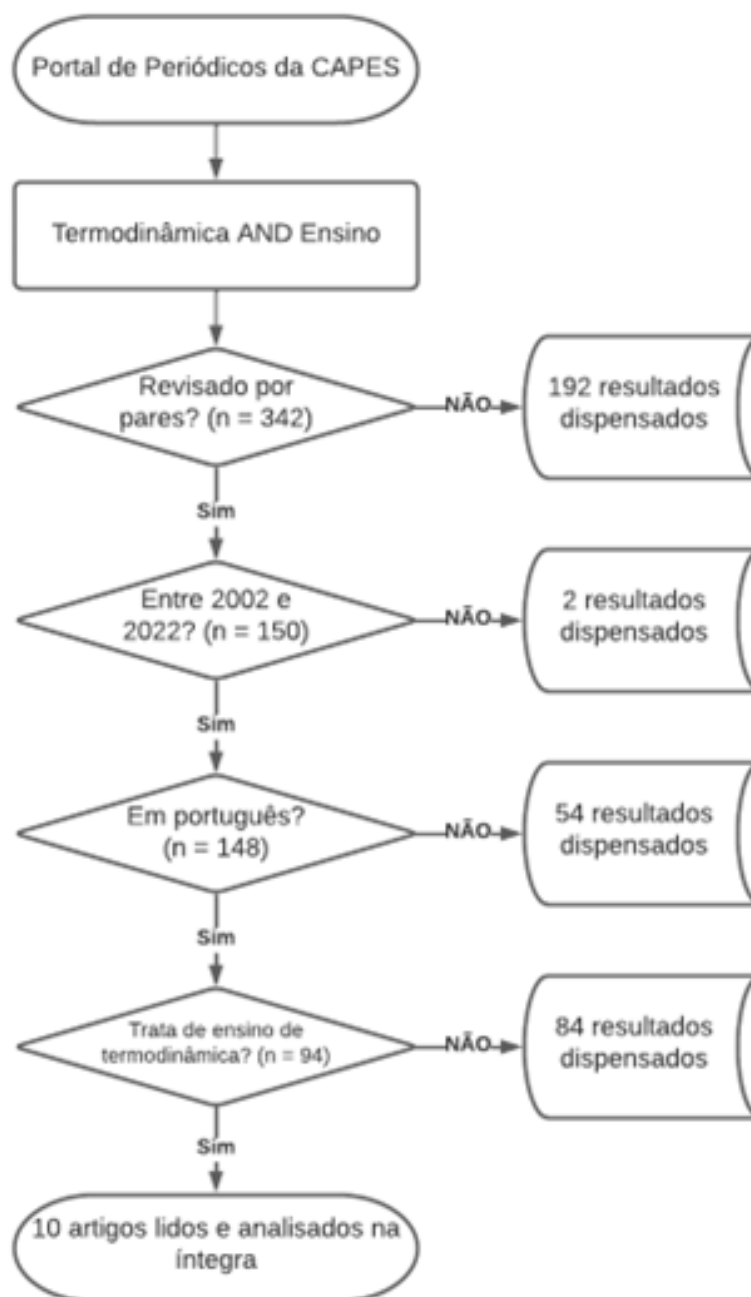
Etapa	Procedimento
1. Questões de investigação	1) Quais são as características dos artigos publicados, metodologias utilizadas, análises dos materiais didáticos e os contextos de pesquisa em torno do ensino de Termodinâmica? 2) Existem artigos que relacionam o ensino da teoria Termodinâmica às questões ambientais?
2. Registro do protocolo	1) Escolha da base de dados para consulta. 2) Definição dos termos a serem utilizados. 3) Definição dos filtros de pesquisa. 4) Leitura flutuante de títulos e resumos para identificação de artigos que tinham como foco o ensino de termodinâmica. 5) Leitura completa dos trabalhos selecionados para discussão de sua relação com educação ambiental.
3. Critérios de inclusão e exclusão	1) Base de dados consultada: portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). 2) Termos utilizados: Termodinâmica AND Ensino. 3) Filtros utilizados: artigos completos, revisados por pares, em português, entre 2002-2022 (últimos vinte anos). 4) Exclusão dos artigos que não tratavam de ensino de termodinâmica propriamente dito.
4. Estratégia de pesquisa na literatura	A estratégia foi de busca em uma única base de dados, o portal de Periódicos da CAPES, por meio dos filtros pré-definidos. Essa base indexa as principais revistas de ensino do Brasil e, portanto, é capaz de encontrar uma grande quantidade de trabalhos. Foi determinada a sensibilidade do trabalho, sendo definida como o número total de relatórios relevantes identificados dividido pelo número total de relatórios encontrados.
5. Seleção dos estudos	Seguindo os critérios descritos anteriormente, o processo foi realizado por dois pesquisadores, de forma independente, e os mesmos artigos foram selecionados por ambos.
6. Avaliação da qualidade dos estudos	Todos os trabalhos foram lidos na íntegra e a discussão sobre a relevância científica dos resultados obtidos está disposta no tópico “Resultados e Discussões”.
7. Extração dos dados	Os dados foram tabulados em quadros e gráficos elaborados eletronicamente e estão dispostos no tópico “Resultados e Discussões”; a categorização foi realizada <i>a priori</i> de acordo com Silva (2019).
8. Síntese dos dados e avaliação da qualidade da evidência	As principais conclusões e generalizações possíveis dos resultados obtidos nos trabalhos encontrados foram registradas.
9. Disseminação dos resultados	A etapa 9 consistiu na descrição das etapas e escrita do presente estudo.

Fonte: Donato (2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira busca, realizada no primeiro semestre de 2023, no Portal de periódicos da CAPES, com os critérios utilizados, resultou em 342 artigos. Após a aplicação dos critérios de exclusão e inclusão, restaram 94 artigos. Realizada a leitura flutuante dos títulos, resumos e palavras-chave, foram selecionados 10 trabalhos para compor a revisão. Logo, a sensibilidade da pesquisa realizada foi de, aproximadamente, 2,92%, o que significa que, de cada 100 artigos encontrados, aproximadamente, 3 passaram pelos filtros estabelecidos e 97 foram descartados. A Figura 1 sintetiza o processo de busca e seleção realizado.

Figura 1 – Fluxograma da seleção dos artigos



Fonte: Da pesquisa.

O Quadro 2 apresenta as referências dos trabalhos selecionados, enumerados em ordem cronológica.

Quadro 2 – Artigos selecionados para análise

Número	Referência
1	HÜLSENDEGER, Margarete J. V. C. A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de física. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), [s. l.], v. 9, n. 2, p. 222-237, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172007090205 . Acesso em: 20 jul. 2023.
2	SANTOS, Zanoni Tadeu Saraiva dos. Conteúdo de entropia na física do ensino médio: Análise do material didático e abordagem histórica. Holos , [s. l.], v. 3, p. 75-84, set. 2008. Disponível em: https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/180/165 . Acesso em: 20 jul. 2023.
3	MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro; GASPAS, Alberto; GERMANO, José Silvério Edmundo. Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia no ensino médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física , [s. l.], v. 26, n. 2, p. 367-378, 24 ago. 2009. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2009v26n2p367 . Acesso em: 20 jul. 2023.
4	BALDOW, Rodrigo. Os Livros Didáticos de Física e Suas Omissões e Distorções na História do Desenvolvimento da Termodinâmica. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia , [s. l.], p. 3-19, maio 2010. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38013 . Acesso em: 20 jul. 2023.
5	OLIVEIRA, Guilherme Cordeiro da Graça de. Avaliação de conceitos de termodinâmica clássica através de mapas conceituais. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia , [s. l.], p. 169-187, set. 2015. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2009/2525 . Acesso em: 20 jul. 2023.
6	GONÇALVES, Josué Martins; JULIÃO, Murilo Sérgio da Silva. Analogias em livros didáticos destinados ao ensino superior: química orgânica versus físico-química. Investigações em Ensino de Ciências , [s. l.], v. 21, n. 3, p. 92, 18 dez. 2016. Investigações em Ensino de Ciências (IENCI). http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n3p92 . Acesso em: 20 jul. 2023.
7	SILVA, Priscila do Nascimento; SOUZA, Larissa Oliveira de; SILVA, Flávia Cristiane Vieira da; SIMÕES NETO, José Euzébio. A Transposição Didática do conteúdo Termodinâmica Química. Revista Insignare Scientia - RIS , [s. l.], v. 2, n. 4, p. 198-218, 19 dez. 2019. Universidade Federal da Fronteira Sul. http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2019v2i4.10971 Acesso em: 20 jul. 2023.
8	SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Ilha de Racionalidade Interdisciplinar aplicada à construção de uma representação histórica contextual sobre as máquinas térmicas. Revista Insignare Scientia - Ris , [s. l.], v. 3, n. 2, p. 49-63, 24 ago. 2020. Universidade Federal da Fronteira Sul. http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i2.11288 . Acesso em: 20 jul. 2023.
9	SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. A construção histórica conceitual da Termodinâmica para o Ensino Médio. Revista Insignare Scientia - Ris , [s. l.], v. 3, n. 5, p. 540-559, 18 dez. 2020. Universidade Federal da Fronteira Sul. http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i5.11526 . Acesso em: 20 jul. 2023.
10	AFONSO, Ana Sofia; FREITAS, Daniel A.. As narrativas de termodinâmica nos livros didáticos angolanos e a conceptualização dos seus leitores. Educação e Pesquisa , [s. l.], v. 47, p. 1-25, 2021. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1678-4634202147231078 . Acesso em: 20 jul. 2023.

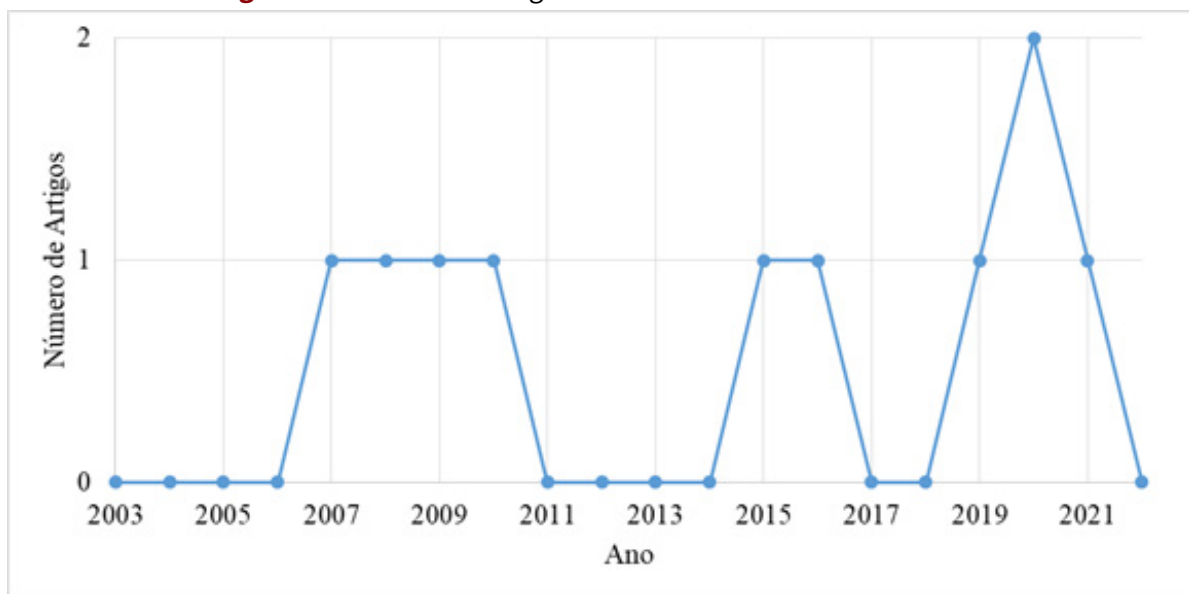
Fonte: Portal de Periódicos da CAPES (2023).

Conforme exposto no Quadro 2, percebe-se que os autores Geilson Rodrigues da Silva e Nádia Cristina Guimarães Errobidart, da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul,

publicaram dois artigos no período analisado – números 8 e 9 –, enquanto todos os demais autores possuem uma publicação. Apenas um trabalho é de uma instituição não brasileira – artigo número 10 –, sendo os autores da Universidade do Minho, em Braga, Portugal. Houveram, ainda, autores filiados às instituições: Colégio Israelita Brasileiro, Colégio João XXIII, Instituto Tecnológico Aeronáutico, Universidade Estadual Paulista, Centro Federal de Educação Tecnológica, Colégio Barra da Jangada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade de São Paulo, Universidade Estadual Vale do Acaraú e Universidade Federal Rural de Pernambuco. Cabe, ainda, ressaltar a presença de autores não vinculados a instituições de ensino superior, somente a colégios de educação básica, demonstrando a vivência prática em sala de aula dos conceitos discutidos nos artigos.

Conforme a Figura 2, as publicações aconteceram entre 2007 e 2010 e, posteriormente, a partir de 2015. Os dados deixam pistas de um crescente interesse de estudo do ensino da Termodinâmica, dada sua importância e aplicabilidade, já exaltados anteriormente.

Figura 2 – Número de artigos selecionados nos últimos 20 anos

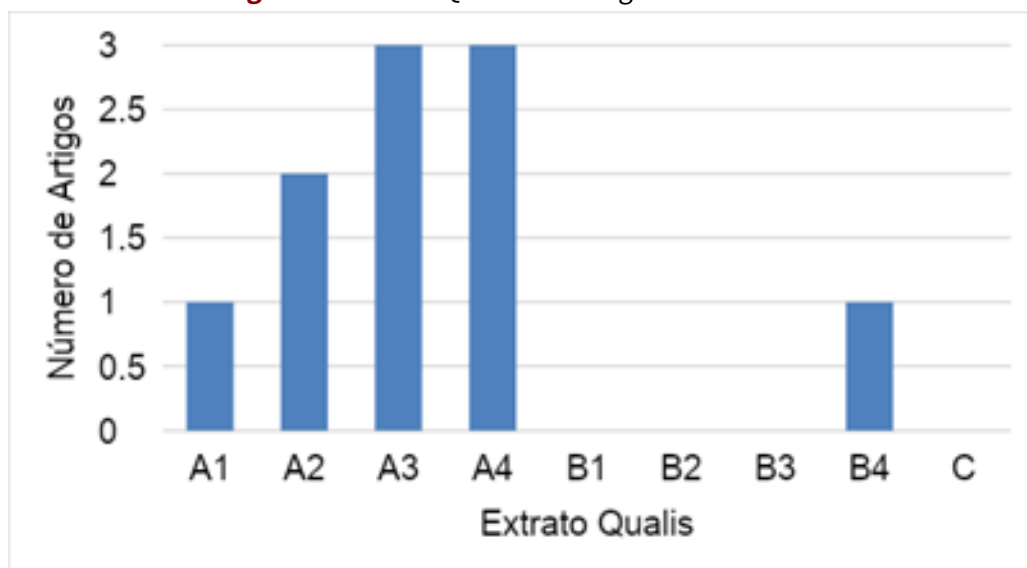


Fonte: Os autores (2023).

Foi verificado, também, o extrato Qualis³ dos periódicos dos trabalhos encontrados, conforme a classificação do Quadriênio 2017-2020 (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4 e C). Dos 10 trabalhos, apenas um deles não está avaliado como Qualis A, mas como B4. Dos demais, um foi publicado em Qualis A1, dois em Qualis A2, três em Qualis A3 e três em Qualis A4, conforme a Figura 3. Isso demonstra que os artigos selecionados estão em periódicos de grande qualidade, visibilidade e possuem relevância científica atestada pela CAPES.

³ QUALIS é o conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação.

Figura 3 – Extrato Qualis dos artigos selecionados

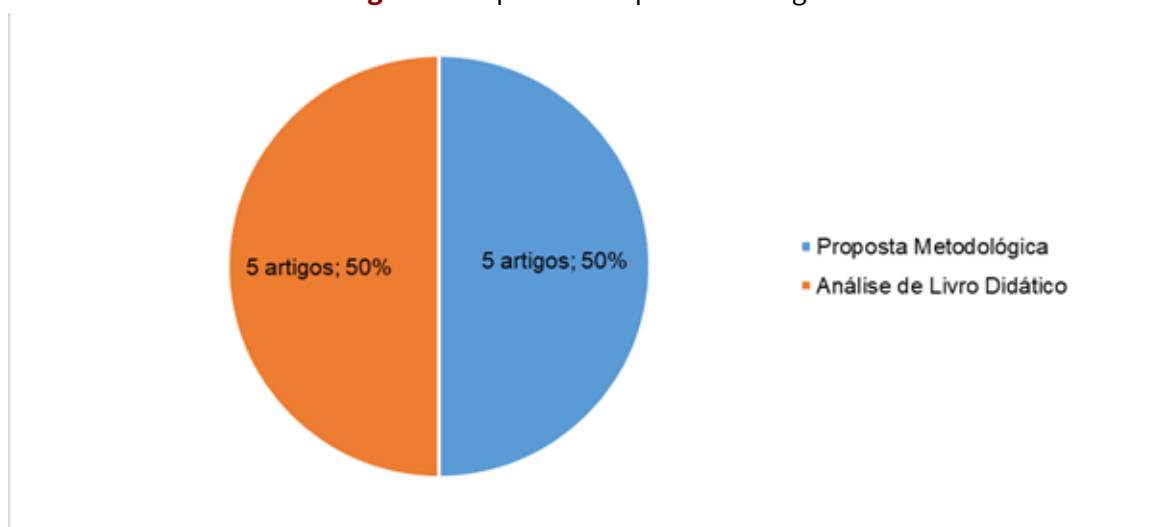


Fonte: Os autores (2023).

A leitura completa dos artigos revela que os obstáculos encontrados no ensino da Termodinâmica são, em linhas gerais, as mesmas nos últimos vinte anos: falta de interesse dos alunos, dificuldade no entendimento dos conceitos, entre outros problemas comuns relatados por professores de Ciências da Natureza. Dos 10 artigos analisados, quanto ao objetivo do artigo, percebeu-se que 4 deles são artigos de análise de materiais didáticos, 1 deles apresenta a análise de livros didáticos e entrevista com professores, e 5 são propostas metodológicas para o ensino de termodinâmica.

Os artigos 1, 3, 5, 8, 9, por apresentarem estratégias para o ensino de Termodinâmica, foram categorizados como Proposta metodológica, e os artigos 2, 4, 6, 7 e 10 tratam de análise de livros didáticos. Existe, portanto, uma divisão igual entre essas duas propostas de pesquisa dos artigos analisados, ilustrada na Figura 4.

Figura 4 – Tipos de Pesquisa dos Artigos



Fonte: Os autores (2023).

Para responder a primeira pergunta da pesquisa realizada: *Quais são as características dos artigos publicados, metodologias utilizadas, análises dos materiais didáticos e os contextos de pesquisa em torno do ensino de Termodinâmica?* Utilizamos quatro categorias propostas por Silva (2019): História da Ciência no Ensino da Termodinâmica, O Papel da Experimentação no Ensino de Termodinâmica, Investigações de Conceitos Espontâneos e Científicos da Termodinâmica e suas Implicações para o Ensino de Ciências e Materiais Didáticos para o Ensino de Termodinâmica.

A primeira categoria proposta pelo autor é “História da Ciência no Ensino da Termodinâmica”. Essa categoria se subdivide em “Levantamento Histórico de Elementos Conceituais da Termodinâmica” e “Aplicações da História da Termodinâmica no Ensino de Física”. Portanto, os artigos dessa categoria trazem elementos históricos para contextualização dos assuntos da termodinâmica ou para auxílio na compreensão dos conceitos físicos estudados.

A segunda categoria é intitulada “O Papel da Experimentação no Ensino de Termodinâmica”. Nessa categoria, os trabalhos tratam de analisar experimentos didáticos utilizados para a construção do conhecimento por meio da prática;

Na terceira categoria, “Investigações de Conceitos Espontâneos e Científicos da Termodinâmica e suas Implicações para o Ensino de Ciências”, estão os artigos que discutem sobre os conceitos termodinâmicos, suas implicações físicas e matemáticas, e como eles são - ou deveriam ser - apresentados.

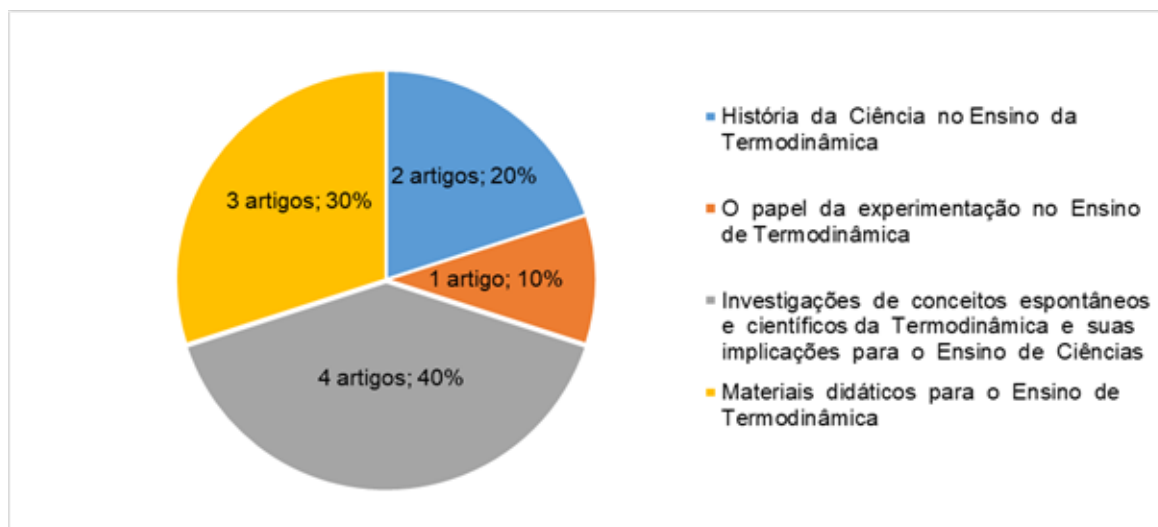
A quarta categoria, intitulada “Materiais Didáticos para o Ensino de Termodinâmica”, é composta por discussões sobre as potencialidades de diferentes recursos didáticos utilizados no ensino da termodinâmica. A categorização dos trabalhos está disposta no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação dos artigos

Categoria	Artigos
História da Ciência no Ensino da Termodinâmica.	1 e 4
O papel da experimentação no Ensino de Termodinâmica.	3
Investigações de conceitos espontâneos e científicos da Termodinâmica e suas implicações para o Ensino de Ciências	2, 6, 7 e 10
Materiais didáticos para o Ensino de Termodinâmica.	5, 8, e 9

Fonte: Os autores (2023).

A análise apresentada mostra que, apesar da hipótese de a abordagem histórica ser a principal fonte utilizada na construção do conhecimento do ensino de termodinâmica, existe uma variedade de linhas de pesquisa nessa área e, dentre os artigos analisados, a investigação dos conceitos termodinâmicos (terceira categoria) possui mais artigos publicados, conforme verifica-se, quantitativamente, na Figura 5.

Figura 5 – Categorização dos Artigos

Fonte: Os autores (2023).

4.1 Artigos de Análise de Livro Didático

Os artigos 2, 4, 6, 7 e 10 analisaram livros didáticos em épocas, contextos e com enfoques diferentes.

Santos (2008), artigo 2, realizou uma análise da forma como o conceito de entropia é abordado em sete livros didáticos de Física, do nível Médio, de grande distribuição no país entre 1998 e 2007, e concluiu que “a maior parte dos problemas enfrentados no ensino da termodinâmica tem sua nascente da “salada epistemológica” apresentada pelos livros didáticos e seguida pelos professores”. Segundo o autor, recorre-se à metáfora da “desordem” como estratégia explicativa, no entanto esse é um remédio que mata mais do que cura. A palavra desordem refere-se a um conceito microscópico, de contagem de possíveis estados termodinâmicos, e está relacionada aos trabalhos de Ludwig Boltzmann em termodinâmica estatística. Todavia, nos livros didáticos, a entropia é abordada somente do ponto de vista macroscópico e, com isso, a palavra desordem não possui significado. Guimarães (2019) relata a dificuldade encontrada por alunos de graduação no conceito de entropia, bem como relaciona essa falta de entendimento à forma como o conceito é abordado nos livros didáticos.

No artigo 4, Baldow (2010) analisou livros didáticos com enfoque nas questões históricas e identificou o “uso ingênuo e distorcido da história da ciência no ensino da ciência”. O estudo ressalta a importância da abordagem histórica no ensino de termodinâmica, no entanto, faz ressalvas sobre alguns personagens e momentos que são ignorados pelos livros didáticos em detrimento de outros. O autor analisou cinco livros e observou que nenhum deles aborda diversos fatos históricos relevantes, como: as contribuições dos cientistas Mohr e Helmholtz, a ideia de máquinas de refrigeração de Kelvin, o princípio de equivalência de Mayer, entre outros.

Gonçalves e Julião (2016), no artigo 6, analisaram seis livros de química orgânica e físico-química com enfoque em questões didáticas: o uso de analogias. Os resultados obtidos pelo autor, indicam que esses livros são ricos em analogias simples que, segundo ele, são mais fáceis de induzirem os alunos a erros conceituais, pois mostram poucas similaridades entre os domínios comparados. Além disso, muitos livros não reconhecem as limitações e/ou discutem-nos, repassando toda a responsabilidade ao professor e ao aluno no que se refere à explicação das analogias.

No artigo 7, de Silva *et al.* (2019), os autores trabalharam com análise de livros didáticos e entrevistas a professores. A autora buscou apresentar uma análise do processo de transposição didática para o conteúdo Termodinâmica Química com a comparação entre um livro didático do Ensino Superior e três obras muito utilizadas no Ensino Médio, isso, por meio de entrevistas de três professores do Ensino Médio, buscando indícios do trabalho intramuros da sala de aula. A autora observou a ocorrência de deformações, supressões e criações didáticas na construção do saber e observou a inclusão de elementos teóricos por parte dos professores entrevistados, fenômeno que cunhou de acréscimo individual.

No artigo 10, Afonso e Freitas (2021) realizaram a análise de dois livros didáticos – desta vez, angolanos – e perceberam que “o leitor é pouco orientado para perceber o interesse, a importância e necessidade da abordagem dos assuntos de termodinâmica. Assume-se, assim, que o leitor não necessita ser persuadido para acompanhar o desenrolar das narrativas presentes nos capítulos” (AFONSO; FREITAS, 2021, p. 8). Segundo ele, os livros analisados não tratam do conhecimento científico como forma de promoção do posicionamento do indivíduo na sociedade sobre questões energéticas. Percebe-se que esse autor se preocupou em analisar a capacidade da teoria termodinâmica na discussão das questões energéticas e ambientais e, ao longo do artigo, teceu críticas ao modelo de educação neoliberal adotado pelo material didático analisado. O autor torna evidente que a termodinâmica é ensinada de forma canônica e sem relação com temas energéticos atuais.

4.2 Artigos de Proposta Metodológica

Os artigos 1, 3, 5, 8 e 9 analisaram e/ou propuseram metodologias, formas de abordagem, recursos didáticos, entre outros, para o ensino de termodinâmica.

No artigo 1, Hülsendeger (2007) realizou um projeto com professores, analisando como a história da ciência pode ser utilizada no ensino de termodinâmica. Conforme esperado, a autora obteve resultados que demonstraram que a utilização da História da Ciência contribui significativamente para melhorar a compreensão dos conceitos abordados na termodinâmica. De fato, a termodinâmica é uma ciência que está fortemente ligada a um período histórico muito importante que revolucionou a forma com que os homens se relacionam entre si e com o ambiente ao seu redor. Portanto, a construção de conhecimentos a partir dessa relação torna-os potencialmente mais significativos aos discentes.

Monteiro *et al.* (2009), no artigo 3, desenvolveram uma proposta de atividade de simples construção e de baixo custo, usando bolinhas de gude e um recipiente plástico, para

ser utilizada por professores de Física do Ensino Médio visando ensinar conceitos relativos à Segunda Lei da Termodinâmica. Na atividade, os alunos são capazes de compreender as características microscópicas da entropia e associar, portanto, a palavra “desordem” à contagem de microestados, ou seja, com sua explicação probabilística.

Oliveira (2015), autor do artigo 5, promoveu o uso de mapas conceituais para avaliação de conceitos de termodinâmica clássica em uma turma do curso de Engenharia Química. O autor destaca que os resultados obtidos permitiram concluir que os alunos apresentaram uma boa compreensão dos conceitos investigados e permitiram a identificação de concepções errôneas dos estudantes. Sabe-se que, segundo a teoria da aprendizagem significativa, o uso de mapas conceituais, de fato, promove a compreensão significativa dos conceitos, visto que permite a leitura hierárquica deles, fomentando a diferenciação progressiva e reconciliação integradora destes.

Os artigos 8 e 9 são dos mesmos autores, Silva e Errobidart (2020). No primeiro, os autores criticam o ensino que privilegia a memorização de exercícios desconectada da realidade social dos estudantes e propõe a utilização de uma Ilha de Racionalidade Interdisciplinar, produzindo um material didático estruturado em 14 páginas que demonstra a mútua influência entre ciência e a sociedade, sendo uma possibilidade para apresentar os diferentes saberes que contribuíram para o desenvolvimento da Termodinâmica. O trabalho aborda questões sociais, mas não cita aspectos ambientais envolvidos no desenvolvimento da teoria termodinâmica. No segundo artigo, Silva e Errobidart (2020) apresentam o desenvolvimento da Termodinâmica em uma perspectiva contextual de Natureza, por meio de um produto didático oriundo de um Mestrado Profissional. Segundo os autores, “o texto permite demonstrar a ciência como um processo de construção humana passível de influências do seu contexto, tais como a necessidade social de aperfeiçoamento das máquinas térmicas”. Ao que parece, ambos os artigos são frutos de um mesmo estudo, com enfoques diferentes.

Para responder a segunda pergunta da pesquisa: *Existem artigos que relacionam o ensino da teoria Termodinâmica às questões ambientais?* Foi realizada uma busca nos estudos selecionados para identificar a presença de temáticas como eficiência energética, energias renováveis, aquecimento global, eventos climáticos extremos, captura e armazenamento de carbono, entre outros. Apenas o artigo 10 se preocupou em discutir a termodinâmica como uma ciência estruturante na formação de indivíduos capazes de contribuir cientificamente nas discussões ambientais. A discussão rasa, vazia e anticientífica está em alta em temas muito sensíveis ao futuro da humanidade e, com isso, faz-se necessário que o ensino de Ciências da Natureza coloque-se à disposição da sociedade no sentido de contribuir na formação de pessoas capazes de compreender os desafios sociais, econômicos e ambientais da humanidade.

O artigo 10, de Afonso e Freitas (2021), demonstra uma realidade preocupante no ensino de uma área tão importante do conhecimento na formação, como a teoria Termodinâmica. Segundo os autores, os livros didáticos analisados esperam um leitor motivado ao estudo do tema, o que não ocorre na realidade, conforme já exposto. Além disso, as narrati-

vas apontam para a relevância de modelos construídos no passado (como o ciclo de Carnot) e sua relevância na indústria, indicando a necessidade de familiarizar o leitor com potenciais áreas de trabalho futuro, em detrimento à discussão de questões ambientais, que são importantes para todos os cidadãos, não somente aos futuros engenheiros.

Dada a estreita relação entre a teoria Termodinâmica e a Educação Ambiental, era esperada, por parte dos pesquisadores, uma maior quantidade de artigos relacionando-os. Alguns motivos podem explicar o resultado obtido: há, de fato, poucos artigos sobre a relação entre Termodinâmica e EA; os critérios utilizados no presente estudo não foram capazes de encontrar os artigos; a formação de professores e pesquisadores nas áreas de física e química é deficitária na discussão de temas ambientais; entre outros. Guerra e Figueiredo (2014) tratam do desafio que existe para uma efetiva inserção da temática ambiental nos documentos curriculares e nas práticas pedagógicas nas instituições de ensino superior no Brasil. Se a temática não é discutida suficientemente nas universidades, tampouco será nas publicações científicas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar o estudo para identificar *quais* são as características dos artigos publicados, metodologias utilizadas, análises dos materiais didáticos e os contextos de pesquisa em torno do ensino de Termodinâmica? Podemos resumir que os artigos analisados dividem-se em dois grandes grupos: propostas metodológicas e análise de livros didáticos. Em ambos os grupos, ou seja, todos os artigos analisados, podem se subdividir, ainda, nas quatro categorias propostas por Silva (2019). Nos critérios de busca adotados, foram selecionados 10 trabalhos. Para futuras pesquisas, sugere-se a continuidade das buscas, em outras línguas e bases de dados, de artigos sobre o tema, verificando suas características e se os resultados obtidos se encaixam nas categorias propostas.

Quanto à questão: *Existem artigos que relacionam o ensino da teoria Termodinâmica às questões ambientais?*, somente um artigo respondeu positivamente à segunda pergunta levantada no presente estudo. Percebe-se que aspectos ambientais praticamente não apareceram nos artigos e, com exceção de Afonso e Freitas (2021), nenhum artigo dedicou uma linha sequer à discussão da importância do ensino de termodinâmica nas questões energéticas em escala global. Nesse sentido, mostra-se necessário um estudo que utilize o ensino da teoria termodinâmica para a solução dos problemas energéticos e ambientais de eficiência de motores, aquecimento global, utilização das matrizes energéticas, consumo sustentável, entre outros temas atuais.

A presente revisão sistemática atingiu o objetivo proposto, respondendo às perguntas da pesquisa, e possibilitou a verificação de que ainda há muito campo para estudo sobre o tema ensino de termodinâmica. Diversos autores criticam a forma com que o conteúdo é estruturado nos materiais didáticos e a “velha educação” praticada nas escolas. A leitura dos artigos permite concluir a importância da contextualização histórica como metodologia para trabalhar o desenvolvimento da termodinâmica, mas é importante destacar a cautela necessária, visto que a história e a ciência se desenrolam por vias sinuosas, o que pode

resultar em uma “salada epistemológica”, conforme citado anteriormente. Apesar das críticas, somente um autor preocupou-se em idealizar o ensino de termodinâmica como uma ferramenta para solução de problemas atuais. A história, sem dúvida, é muito importante, mas o ensino de termodinâmica precisa, também, olhar para o futuro e para as questões socioambientais.

6. REFERÊNCIAS

AFONSO, Ana Sofia; FREITAS, Daniel A.. As narrativas de termodinâmica nos livros didáticos angolanos e a conceptualização dos seus leitores. **Educação e Pesquisa**, [s. l.], v. 47, p. 1-25, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-4634202147231078>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BALDOW, Rodrigo. Os Livros Didáticos de Física e Suas Omissões e Distorções na História do Desenvolvimento da Termodinâmica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, [s. l.], p. 3-19, maio 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38013>. Acesso em: 20 jul. 2023.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. Educação Ambiental e Movimentos Sociais: elementos para uma história política do campo ambiental. **Educação: Teoria e Prática**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 46, 2007. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/educacao/article/view/1597>. Acesso em: 16 ago. 2023.

COSTA, Sandro Lucas Reis; BORTOLOCI, Naiara Briega; BROIETTI, Fabiele Cristiane Dias; VIEIRA, Rui Marques; VIEIRA, Celina Tenreiro.. (2021). Pensamento crítico no ensino de ciências e educação matemática: uma revisão bibliográfica sistemática. **Investigações Em Ensino De Ciências**, 26(1), 145–168. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p145>. Acesso em: 20 jul. 2023.

DIMAS, Matheus de Souza., NOVAES, Ana Maria Pires de, AVELAR, Katia Eliane Santos. (2021). O ensino da Educação Ambiental: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, 16(2), 501–512. <https://doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.10914>. Acesso em: 26 jul. 2023.

DONATO, Helena; DONATO, Mariana. Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática. **Acta Médica Portuguesa**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 227-235, 29 mar. 2019. Ordem dos Medicos. <http://dx.doi.org/10.20344/amp.11923>. Acesso em: 22 ago. 2023.

FERREIRA, Mariane Grando. Análise Sobre Educação Ambiental Abordada em Artigos de Divulgação Científica. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, Itapetininga, v. 5, n. 4, p. 3-17, set. 2018. Disponível em: <https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/IC/article/view/1228/938>. Acesso em: 26 jun. 2023.

GONÇALVES, Josué Martins; JULIÃO, Murilo Sérgio da Silva. Analogias em livros didáticos destinados ao ensino superior: química orgânica versus físico-química. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 92, 18 dez. 2016. Investigações em Ensino de Ciências

- (IENCI). <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n3p92>. Acesso em: 26 jul. 2023.
- GUERRA, Antonio Fernando Silveira; FIGUEIREDO, Mara Lúcia. Ambientalização curricular na Educação Superior: desafios e perspectivas. **Educar em Revista**, [s. l.], n. 3, p. 109-126, 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.38110>. Acesso em: 16 mai. 2024.
- GUIMARÃES, Cleiça Rafaela de Almeida; SILVA, Flávia Cristiane Vieira da; SIMÕES NETO, Jose Euzebio. Modos de pensar sobre entropia e espontaneidade de licenciandos em química a partir da teoria dos perfis conceituais. **Actio: Docência em Ciências**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 15, 8 jul. 2019. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR). <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v4n2.8836>. Acesso em: 26 jul. 2023.
- HÜLSENDEGER, Margarete J. V. C.. A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 222-237, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172007090205>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- JESUS, Janile Silva Rodrigues de; JESUS, Bruno Souza de. O Impacto do Uso do Smartphone na Educação Escolar: Uma Revisão Sistemática. **Revista Prática Docente**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. e22057, 2022. DOI: 10.23926/RPD.2022.v7.n2.e22057.id1541. Disponível em: <http://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/244>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro; GASPAR, Alberto; GERMANO, José Silvério Edmundo. Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 367-378, 24 ago. 2009. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2009v26n2p367>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- OLIVEIRA, Guilherme Cordeiro da Graça de. Avaliação de conceitos de termodinâmica clássica através de mapas conceituais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [s. l.], p. 169-187, set. 2015. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2009/2525>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- OLIVEIRA, Zaqueu Vieira; ALVIM, Márcia Helena. História das Ciências e da Matemática, Educação Problematicadora e Epistemologias do Sul: para se pensar um ensino de ciências e de matemática. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 554-581, 23 set. 2020. UPF Editora. <http://dx.doi.org/10.5335/rbecm.v3i2.10669>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- RAUPP, Jaqueline Costa de Souza; CUNHA, Josane do Nascimento Ferreira. Percepção e Levantamento Sobre a Educação Ambiental dos Alunos da Educação Básica de Uma Escola Municipal de Cuiabá/MT. **Revista Prática Docente**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 212-226, 2019. DOI: 10.23926/RPD.2526-2149.2019.v4.n1.p212-226.id399. Disponível em: <http://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/558>. Acesso em: 17 ago. 2023.
- SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Estudos de revisão sistemática: um guia

para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 5, n. 1, p. 83-89, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552007000100013>. Acesso em: 20 jul. 2023.

SANTOS, Bianca Fernandes Guimarães Severo dos; ROYER, Marcia Regina. O Desenvolvimento do Pensamento Crítico Sobre Educação Ambiental e Meio Ambiente: Concepção dos Alunos do Ensino Médio do Município de Uniflor - PR. **Revista Prática Docente**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 234-248, 2020. DOI: 10.23926/RPD.2526-2149.2020.v5.n1.p234-248.id578. Disponível em: <http://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/487>. Acesso em: 17 ago. 2023.

SANTOS, Zanoni Tadeu Saraiva dos. Conteúdo de Entropia na Física do Ensino Médio: Análise do Material Didático e Abordagem histórica. **Holos**, [s. l.], v. 3, p. 75-84, set. 2008. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/180/165>. Acesso em: 20 jul. 2023.

SAUVÉ, L. **Uma cartografia das correntes em Educação Ambiental**. In: Sato, M.; Carvalho, I. Educação Ambiental: pesquisas e desafios. – Porto Alegre: Artmed, 2008

SILVA, Djalma Nunes da. **Ensino e aprendizagem de Termodinâmica: questões didáticas e contribuições da história da ciência**. 2013. 259 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-16052013-123501/publico/DjalmaNunesdaSilva.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2023

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. A Produção Científica Nacional em Periódicos Sobre o Ensino da Termodinâmica. **Revista Prática Docente**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 559-577, 2019. DOI: 10.23926/RPD.2526-2149.2019.v4.n2.p559-577.id432. Disponível em: <http://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/520>. Acesso em: 17 ago. 2023.

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Ilha de Racionalidade Interdisciplinar aplicada à construção de uma representação histórica contextual sobre as máquinas térmicas. **Revista Insignare Scientia - Ris**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 49-63, 24 ago. 2020. Universidade Federal da Fronteira Sul. <http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i2.11288>. Acesso em: 20 jul. 2023.

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. A construção histórica conceitual da Termodinâmica para o Ensino Médio. **Revista Insignare Scientia - Ris**, [s. l.], v. 3, n. 5, p. 540-559, 18 dez. 2020. Universidade Federal da Fronteira Sul. <http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i5.11526>. Acesso em: 20 jul. 2023

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. A produção científica nacional em periódicos sobre o ensino de termodinâmica. **Revista Prática Docente**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 559-577, 27 dez. 2019. Revista Prática Docente. <http://dx.doi.org/10.23926/rpd.2526-2149.2019.v4.n2.p559-577.id432>.

SILVA, Priscila do Nascimento; SOUZA, Larissa Oliveira de; SILVA, Flávia Cristiane Vieira da; SIMÕES NETO, José Euzebio. A Transposição Didática do conteúdo Termodinâmica Química. **Revista Insignare Scientia - Ris**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 198-218, 19 dez. 2019. Universidade Federal da Fronteira Sul. <http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2019v2i4.10971>. Acesso em: 23 jul. 2023.

SOARES, Cintia Mendonça; ALVIM, Marcia Helena. Reflexões Sobre a Potencialidade da Inserção da História das Ciências no ensino de Ciências Através da Temática da Revolução Científica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 478-493, 1 jan. 2020. Cruzeiro do Sul Educacional. <http://dx.doi.org/10.26843/rencima.v11i1.2559>. Acesso em: 20 jul. 2023.

SOUZA, Rafaelle da Silva; GRECA, Ileana M.; SILVA, Indianara Lima; TEIXEIRA, Elder Sales. Ensino de Mecânica Quântica na licenciatura em Física por meio da História e Filosofia da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 914-944, 20 set. 2021. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e74157>. Acesso em: 22 jul. 2023.

UBINSKI, Juliana Alves da Silva. **Análise de atividades de complementação curricular na área de educação ambiental e suas contribuições à alfabetização científica**. 2016. 207 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016. Disponível em: https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/3385/5/Juliana_Ubinski2016.pdf. Acesso em: 08 jul. 2023

Informações do artigo

Recebido: 05 de dezembro de 2023.

Aceito: 28 de março de 2024.

Publicado: 20 de maio de 2024.

Como citar esse artigo (ABNT)

CARDOSO, João Michels; RAUPP, Daniele Trajano. O Ensino de Termodinâmica e as suas relações com questões ambientais: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Prática Docente**, Confresa/MT, v. 9, e24017, 2024. <https://doi.org/10.23926/RPD.2024.v9.e24017.id829>.

Como citar esse artigo (APA)

CARDOSO, J. M., & RAUPP, D. T. (2024). O Ensino de Termodinâmica e as suas relações com questões ambientais: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Prática Docente*, 9, e24017. <https://doi.org/10.23926/RPD.2024.v9.e24017.id829>.

Editora da Seção

Ana Cláudia Tasinaffo Alves 

Editor Chefe

Thiago Beirigo Lopes 