

21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

## Ensino de Termodinâmica integrado à Educação Ambiental: Uma revisão de abordagens e estratégias didáticas

João Michels Cardoso <sup>1</sup> (PG)\*, Lara Colvero Rockenbach <sup>2</sup> (PG), Daniele Trajano Raupp <sup>3</sup> (PQ). \* [jmichelsc@hotmail.com](mailto:jmichelsc@hotmail.com)

<sup>1,2,3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Departamento de Química Orgânica.

*Palavras-Chave:* Educação Ambiental, Teoria Termodinâmica, Revisão de Literatura.

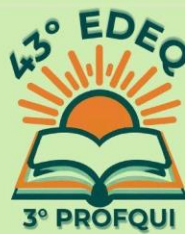
**Área Temática:** Educação Ambiental

**RESUMO:** A complexidade existente nos conceitos da teoria Termodinâmica requer abordagens diversificadas e a utilização de exemplos práticos para mitigar as dificuldades de aprendizagem associadas a esse campo. Nesse contexto, realizamos uma revisão de literatura por meio do Portal de Periódicos CAPES, com o objetivo de identificar e analisar as estratégias descritas na literatura para o ensino de Termodinâmica. Além disso, investigou-se o potencial de integração dessas metodologias com questões ambientais, dada a relevância dessa temática em tópicos como eficiência energética, mudanças climáticas e os impactos das atividades antrópicas no meio ambiente. A partir dos critérios de seleção aplicados, foram analisados cinco manuscritos, discutindo-se as suas possibilidades de alinhamento com as temáticas ambientais. Observou-se que existem estudos abordando as dificuldades inerentes ao ensino de Termodinâmica, bem como estratégias pedagógicas para melhorar sua compreensão. No entanto, a aplicação da Educação Ambiental como uma ferramenta auxiliar nesse processo tem sido pouco explorada na literatura acadêmica.

### INTRODUÇÃO

A Termodinâmica é o ramo da Física que se dedica ao estudo das interações entre calor, trabalho, energia e as propriedades macroscópicas de sistemas físicos, tais como pressão, temperatura e volume. Ou seja, temas de grande complexidade, cujo desenvolvimento histórico remonta à Revolução Industrial. Originalmente, seus conceitos foram aplicados em motores térmicos, com os engenheiros da época buscando soluções práticas para o funcionamento dessas máquinas. Entretanto, as leis da Termodinâmica vão muito além dessas aplicações e podem ser usadas para descrever todos os processos naturais, sendo essenciais para compreender fenômenos como o aquecimento global e a eficiência energética.

Apesar dessa abrangência, o ensino de Termodinâmica muitas vezes foca apenas nas máquinas térmicas, como os Ciclos de Otto, Rankine e Carnot, sem explorar completamente suas implicações em processos ambientais e naturais, como por exemplo eficiência energética, redução das emissões de gases poluentes e gestão de resíduos. Percebe-se, portanto, que as abordagens utilizadas utilizam exemplos restritos e limitados no estudo dessa área. A literatura científica destaca a importância de integrar a Termodinâmica com questões ambientais e de eficiência energética, já que seus conceitos, como energia, entropia e calor, são fundamentais



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

para entender e propor soluções para problemas contemporâneos. Diversos autores, como Raupp (2019), Santos (2020) e Dimas (2021), argumentam que a Termodinâmica pode contribuir significativamente para a discussão de temas como aquecimento global, o uso de fontes de energia limpa e a promoção de hábitos sustentáveis.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo identificar as abordagens e estratégias didáticas para o ensino de Termodinâmica e analisar como elas podem ser integradas com temas ambientais.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida a partir de uma revisão sistemática de literatura, conforme a metodologia descrita por Donato (2019), com a busca por artigos científicos na plataforma de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)<sup>1</sup>. A escolha dessa base de dados deve-se à sua abrangência e à capacidade de indexar periódicos de alta relevância. Essa abordagem permitiu a obtenção de uma amostra significativa de artigos relacionados ao ensino de Termodinâmica, essencial para a compreensão das metodologias aplicadas a essa disciplina. Os termos de busca empregados foram “Termodinâmica AND Ensino” e o refinamento da pesquisa foi realizado por meio dos seguintes filtros: apenas artigos completos, revisados por pares, redigidos em língua portuguesa e publicados no período de 2002 a 2022. Com a revisão realizada, objetivou-se responder a seguinte pergunta: *Como as abordagens e estratégias didáticas para o ensino de Termodinâmica podem ser identificadas e integradas com temas ambientais?*

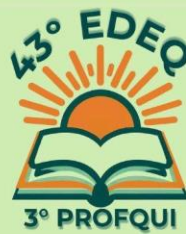
Após a coleta inicial dos artigos, foi realizada uma leitura exploratória dos títulos e resumos dos mesmos. Esse procedimento teve como objetivo identificar os trabalhos que apresentavam foco nas metodologias de ensino da Termodinâmica, excluindo aqueles que não abordavam diretamente essa temática ou que tratavam de questões periféricas ao tema principal. Esse processo de triagem foi fundamental para delimitar o *corpus* da pesquisa e assegurar que os artigos selecionados fossem diretamente relevantes para os objetivos do estudo.

Em seguida, os artigos selecionados passaram por uma leitura integral e aprofundada, durante a qual foram analisadas as diferentes metodologias propostas para o ensino dos conceitos fundamentais de Termodinâmica. Nesse processo, buscou-se não apenas descrever as estratégias pedagógicas sugeridas, mas também compreender como essas metodologias se articulam com questões ambientais contemporâneas, dado o papel central da Termodinâmica em tópicos como eficiência energética, sustentabilidade e mudanças climáticas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa inicial no Portal de Periódicos da CAPES, com os critérios estabelecidos, resultou em um total de 342 artigos. Após a aplicação dos critérios de

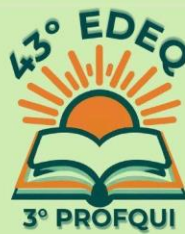
<sup>1</sup> Disponível no site <https://www.periodicos.capes.gov.br/>



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

inclusão e exclusão, foram selecionados 94 artigos para análise mais detalhada. Em seguida, foi realizada uma leitura exploratória dos títulos, resumos e palavras-chave desses artigos, a fim de identificar aqueles que tratavam especificamente do ensino de Termodinâmica. A partir dessa triagem, foram escolhidos 10 trabalhos que se concentram no tema. Essa busca foi realizada no período de agosto e setembro de 2024.

Dos 10 artigos sobre ensino de Termodinâmica encontrados, constatou-se que apenas 5 deles apresentaram propostas concretas de metodologias para o ensino da Termodinâmica. Portanto, o foco deste estudo será direcionado às metodologias descritas nesses 5 trabalhos. A Figura 1 ilustra de maneira esquemática o processo de busca e seleção adotado.



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

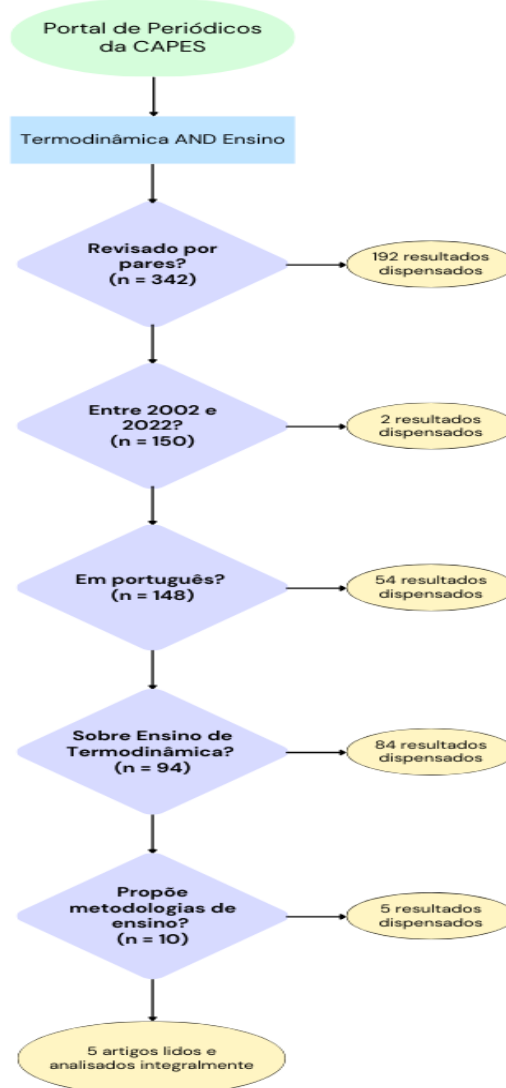


Figura 1: Resultados encontrados na pesquisa

O Quadro 1 exibe as referências dos trabalhos selecionados, listadas em ordem cronológica.

Quadro 1: Artigos analisados

Número	Referência
1	HÜLSENDEGER, Margarete J. V. C.. A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de física. <b>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)</b> , [S.L.], v. 9, n. 2, p. 222-237, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <a href="http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172007090205">http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172007090205</a> . Acesso em: 20 jul. 2024.

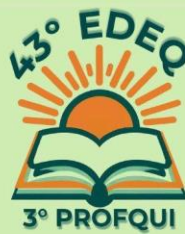


21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

2	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. <b>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</b> , [S.L.], v. 26, n. 2, p. 367-378, 24 ago. 2009. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <a href="http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2009v26n2p367">http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2009v26n2p367</a> . Acesso em: 20 jul. 2024.
3	OLIVEIRA, Guilherme Cordeiro da Graça de. Avaliação de conceitos de termodinâmica clássica através de mapas conceituais. <b>Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia</b> , [s. l], p. 169-187, set. 2015. Disponível em: <a href="https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2009/2525">https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2009/2525</a> . Acesso em: 20 jul. 2024.
4	SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Ilha de Racionalidade Interdisciplinar aplicada à construção de uma representação histórica contextual sobre as máquinas térmicas. <b>Revista Insignare Scientia - Ris</b> , [S.L.], v. 3, n. 2, p. 49-63, 24 ago. 2020. Universidade Federal da Fronteira Sul. <a href="http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i2.11288">http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i2.11288</a> . Acesso em: 20 jul. 2024.
5	SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. A construção histórica conceitual da Termodinâmica para o Ensino Médio. <b>Revista Insignare Scientia - Ris</b> , [S.L.], v. 3, n. 5, p. 540-559, 18 dez. 2020. Universidade Federal da Fronteira Sul. <a href="http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i5.11526">http://dx.doi.org/10.36661/2595-4520.2020v3i5.11526</a> . Acesso em: 20 jul. 2024.

No artigo 1, Hülsendeger (2007) realizou um estudo com professores, investigando como a História da Ciência pode ser integrada ao ensino de Termodinâmica. Os resultados obtidos corroboram a expectativa de que a utilização de contextos históricos no ensino dessa disciplina contribui significativamente para uma melhor compreensão dos conceitos termodinâmicos. A Termodinâmica, como ciência, está intrinsecamente vinculada a um período histórico crucial — a Revolução Industrial — que transformou profundamente as relações sociais e a interação dos seres humanos com o meio ambiente. Dessa forma, a abordagem histórica na construção do conhecimento em Termodinâmica potencializa sua relevância para os alunos, tornando os conceitos mais significativos.

Além disso, a história da Termodinâmica tem uma relação direta com questões ambientais. Durante a Revolução Industrial, os avanços na Termodinâmica foram aplicados à eficiência dos motores térmicos, o que, ao mesmo tempo, promoveu o aumento da poluição e do consumo de recursos naturais. A Primeira Lei da Termodinâmica, que aborda a conservação da energia, é fundamental para o conceito de eficiência energética, enquanto a Segunda Lei, com a introdução do conceito de entropia, foi crucial para a compreensão da degradação de energia e



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

para a necessidade de processos mais sustentáveis. Atualmente, a Termodinâmica desempenha um papel central no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, como fontes de energia renováveis e sistemas de captura de carbono, sendo essencial no enfrentamento de desafios globais, como o aquecimento global e a eficiência energética.

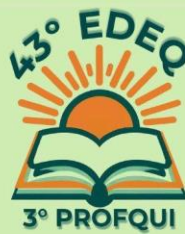
Portanto, complementando os achados da autora, que mostram que a relação com o contexto histórico facilita a compreensão dos conceitos de Termodinâmica, pode-se afirmar que a Educação Ambiental também desempenha um papel significativo nesse processo. A integração entre os conceitos termodinâmicos e as questões ambientais promove uma educação mais abrangente, preparando os alunos para compreender e enfrentar os desafios contemporâneos relacionados à sustentabilidade e à conservação de recursos naturais.

O estudo de Monteiro et al. (2009), artigo 2, descreve uma proposta de atividade pedagógica de baixo custo e fácil construção, utilizando bolinhas de gude e um recipiente plástico, destinada ao ensino da Segunda Lei da Termodinâmica para alunos do Ensino Médio. Essa atividade permite aos estudantes visualizar e entender as características microscópicas da entropia, associando o conceito de "desordem" com a contagem de microestados, e proporciona uma explicação probabilística desse fenômeno.

Relacionando este trabalho com a Educação Ambiental, pode-se argumentar que a atividade proposta não só facilita a compreensão dos conceitos científicos fundamentais, mas também pode ser integrada a discussões mais amplas sobre sustentabilidade e impacto ambiental. Compreender a Segunda Lei da Termodinâmica e o conceito de entropia pode ajudar os alunos a reconhecer como a energia se transforma e se dispersa nos processos naturais e industriais. Esse entendimento é crucial para a discussão de temas ambientais, como a eficiência energética e a conservação de recursos.

Além disso, ao aplicar a atividade em contextos que abordem a sustentabilidade, os alunos podem refletir sobre como a eficiência dos processos e a minimização da desordem (ou entropia) podem ser alcançadas em tecnologias e práticas sustentáveis. Assim, a atividade de Monteiro et al. pode ser um ponto de partida para debates sobre como os princípios da Termodinâmica se relacionam com a conservação ambiental e o desenvolvimento de soluções para problemas ambientais. A integração de conceitos termodinâmicos com questões ambientais promove uma compreensão mais holística dos desafios globais e incentiva práticas mais sustentáveis entre os futuros cidadãos e profissionais.

O artigo 3, de Oliveira (2015), descreve a utilização de mapas conceituais para avaliar a compreensão de conceitos de Termodinâmica em uma turma de Engenharia Química. A técnica revelou-se eficaz, permitindo que os alunos alcançassem uma compreensão significativa dos conceitos, ao mesmo tempo que ajudou a identificar concepções errôneas. Segundo a teoria da aprendizagem



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

significativa, os mapas conceituais promovem uma leitura hierárquica dos conteúdos, facilitando a diferenciação e integração dos conceitos.

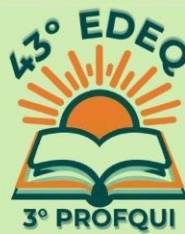
A aplicação de mapas conceituais também pode ser uma ferramenta poderosa para promover a compreensão de temas relacionados à sustentabilidade e ao impacto ambiental. No contexto do ensino de Termodinâmica, os mapas conceituais podem ser utilizados para relacionar princípios como conservação de energia, eficiência energética e entropia com questões ambientais, como o uso de fontes renováveis de energia, o aquecimento global e a degradação de recursos naturais. O uso de mapas conceituais permite que os estudantes compreendam as inter-relações entre os processos naturais descritos pela Termodinâmica e suas implicações ambientais. Isso contribui para uma educação mais crítica e reflexiva, incentivando os alunos a aplicar seus conhecimentos em Termodinâmica para propor soluções inovadoras e sustentáveis para problemas ambientais. Portanto, integrar a Educação Ambiental com o uso de mapas conceituais no ensino de Termodinâmica pode ser uma estratégia eficaz para promover uma formação mais completa e consciente.

Silva e Errobidart (2020), autores dos artigos 4 e 5, abordam o ensino de Termodinâmica a partir de uma perspectiva crítica, destacando a importância de conectar os conceitos científicos à realidade social dos estudantes, em oposição ao ensino tradicional que privilegia a memorização de exercícios. No primeiro artigo, os autores propõem uma abordagem interdisciplinar, por meio de uma Ilha de Racionalidade, que demonstra a mútua influência entre a ciência e a sociedade, permitindo uma compreensão mais contextualizada da Termodinâmica. No segundo artigo, os autores ampliam essa abordagem ao contextualizar o desenvolvimento da Termodinâmica dentro de processos naturais e sociais, enfatizando que a ciência é influenciada por necessidades humanas, como o aperfeiçoamento das máquinas térmicas.

Além das questões sociais e históricas, discutidas pelos autores, propõe-se a inclusão de temas ambientais, como o impacto da eficiência energética, o uso de combustíveis fósseis e as consequências da Revolução Industrial no meio ambiente. Ao destacar a interdependência entre ciência, sociedade e meio ambiente, a Educação Ambiental pode ser integrada ao ensino da Termodinâmica, fornecendo uma compreensão mais completa dos desafios ambientais globais e das possíveis soluções sustentáveis que a Termodinâmica pode oferecer.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu destacar a relevância de uma abordagem interdisciplinar no ensino de Termodinâmica, unindo aspectos históricos, sociais e ambientais. Hülsendeger (2007) demonstrou que a conexão com a História da Ciência facilita a compreensão dos conceitos termodinâmicos, principalmente ao relacioná-los com a Revolução Industrial, um período crucial na transformação das relações humanas com o meio ambiente.



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

Atividades didáticas, como a de Monteiro et al. (2009), e ferramentas como mapas conceituais (Oliveira, 2015) mostram que métodos didáticos acessíveis podem integrar conceitos de Termodinâmica com discussões sobre eficiência energética e sustentabilidade. Isso promove uma compreensão mais crítica e prática dos impactos ambientais.

Silva e Errobidart (2020) sugerem a necessidade de uma abordagem interdisciplinar que vá além das questões sociais, incluindo temas ambientais no ensino de Termodinâmica. A inclusão da Educação Ambiental nesse contexto prepara os alunos para enfrentar desafios contemporâneos, como a crise energética e o aquecimento global, promovendo uma formação mais consciente e sustentável.

Este estudo evidenciou a importância de uma abordagem interdisciplinar no ensino da Termodinâmica, integrando aspectos históricos, sociais e, especialmente, ambientais. A combinação de estratégias didáticas acessíveis e a inclusão de temas como sustentabilidade e eficiência energética permitem que os alunos desenvolvam uma compreensão mais crítica e aplicada dos impactos ambientais associados aos processos termodinâmicos. Ao inserir a Educação Ambiental como um eixo central no ensino dessa disciplina, é possível preparar os estudantes para enfrentar os desafios globais contemporâneos, como as crises energética e climáticas, promovendo uma formação acadêmica mais consciente e alinhada com os princípios da sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

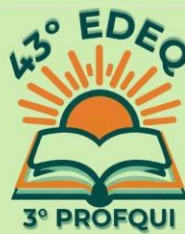
DIMAS, Matheus de Souza., NOVAES, Ana Maria Pires de, AVELAR, Katia Eliane Santos. (2021). O ensino da Educação Ambiental: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, 16(2), 501–512. <http://doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.10914>. Acesso em: 15 set. 2024.

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. 2024.

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: 17 set. 2024.

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: 17 set. 2024.





21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

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: 17 set. 2024.

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: 15 set. 2024.

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: 15 set. 2024.

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: 17 set. 2024.

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: 17 set. 2024.