

A INTRODUÇÃO DE TÓPICOS DE HISTÓRIA DA FÍSICA COMO FERRAMENTA FACILITADORA NO ENTENDIMENTO DA PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

INTRODUCTION OF HISTORY OF PHYSICS TOPICS AS A FACILITATING TOOL IN THE UNDERSTANDING OF THE FIRST LAW OF THERMODYNAMICS

LA INTRODUCCIÓN DE TEMAS DE HISTORIA DE LA FÍSICA COMO HERRAMIENTA FACILITADORA DE LA COMPRESIÓN DE LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÂMICA

Luan Gabriel Bispo da Silva¹
Felipe Alexandre Medeiros de Freitas²

RESUMO: A termodinâmica é um ramo da termologia que estuda as transformações de energia na forma de calor e trabalho em sistemas térmicos, tal área teve sua evolução intimamente ligada a revolução industrial, revolução essa que promoveu diversas alterações políticas, econômicas e sociais. Nesse contexto, o as máquinas a vapor exerceram um papel fundamental, pois se tratava de uma demanda econômica compreender seu funcionamento para aumentar o seu rendimento e conseqüentemente reduzir os custos relacionados a drenagem da água contida nas minas carvão mineral. Esse fato também serviu também como motivação para vários cientistas da época desenvolverem estudos que culminaram nas duas primeiras leis da termodinâmica. Neste artigo será proposta uma sequência didática para se trabalhar a primeira lei da termodinâmica no ensino médio, com a introdução de tópicos de história da física. Para a avaliação do processo de ensino e aprendizagem foi proposta a produção de um podcast sobre a evolução das leis da termodinâmica no contexto da industrial.

2299

Palavras-chave: Primeira Lei da Termodinâmica. Revolução industrial. Ensino médio.

ABSTRACT: Thermodynamics is a branch of thermology that studies energy transformations in the form of heat and work in thermal systems, such area had its evolution closely linked to the industrial revolution, a revolution that promoted several political, economic and social changes. In this context, the steam engines played a key role, because it was an economic demand to understand its operation to increase its yield and consequently reduce costs related to the drainage of water contained in coal mines. This fact also served as motivation for several scientists of the time to develop studies that culminated in the first two laws of thermodynamics. In this paper, we will propose a didactic sequence to work the first law of thermodynamics in high school, with the introduction of topics in the history of physics. For the evaluation of the teaching and learning process was proposed the production of a podcast about the evolution of the laws of thermodynamics in the industrial context.

Keywords: First Law of Thermodynamics. Industrial Revolution. High School.

¹Graduando em Licenciatura em Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas- IFAL.

²Mestre em Ensino de Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas – IFAL

RESUMEN: La termodinámica es una rama de la termología que estudia las transformaciones de energía en forma de calor y trabajo en sistemas térmicos, dicha área tuvo su evolución estrechamente ligada a la revolución industrial, revolución que promovió diversos cambios políticos, económicos y sociales. En este contexto, las máquinas de vapor desempeñaron un papel fundamental, ya que era una exigencia económica comprender su funcionamiento para aumentar su rendimiento y, en consecuencia, reducir los costes relacionados con el drenaje del agua contenida en las minas de carbón. Este hecho también sirvió de motivación para que varios científicos de la época desarrollaran estudios que culminaron en las dos primeras leyes de la termodinámica. En este trabajo propondremos una secuencia didáctica para trabajar la primera ley de la termodinámica en la escuela secundaria, con la introducción de temas de historia de la física. Para la evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje se propuso la producción de un podcast sobre la evolución de las leyes de la termodinámica en el contexto industrial.

Palabras-clave: Primera Ley de la Termodinámica. Revolución Industrial. Escuela secundaria.

INTRODUÇÃO

CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA FÍSICA E A TERMODINÂMICA

A termodinâmica é a ciência que estuda as relações entre calor e trabalho, bem como a energia as suas transformações. Mas para falarmos sobre o que é calor, trabalho e energia é preciso deixar claro o significado de cada um dos termos. Alguns associam energia como sendo disposição para produzir uma determinada atividade, e, trabalho como sendo algum esforço que realizamos sobre uma determinada ação. É preciso deixar claro que um passo muito largo dado por estudiosos da ciência é que existem diversas modalidades de energia, e que sua conservação é um princípio fundamental da Natureza. Já calor é considerado uma manifestação de energia. Ou seja, o calor é energia térmica em trânsito, e essa transferência é motivada pela diferença de temperatura entre os corpos ou sistemas.

O princípio da conservação da energia é um dos pilares nos estudos das ciências naturais de um modo geral. Assim como diz Lavoisier “Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma. Como explica Rezende NR (2021) no seu produto educacional de mestrado:

Este princípio foi estabelecido por volta da metade do século XIX, então, logo após essa grande descoberta sobre a energia e a sua conservação deu-se início à criação da primeira Lei da Termodinâmica. Lei essa que relaciona o conceito de calor, energia e trabalho. Joule, Mayer, Helmholtz e Ludwig enunciaram suas publicações a respeito da conservação da energia e outros cientistas como Carnot e Holtzmann tiveram a conclusão de que calor e trabalho mecânico podiam ser convertidos um no outro.

Ainda de acordo com Rezende NR (2021) “até meados do século XVIII não se sabiam a distinção clara da quantidade de calor e nível de aquecimento que era indicado pelo termômetro. Entretanto, Francis Bacon e alguns membros da academia Florentina, em meados de 1620 e 1650, mostraram evidências notórias da diferença entre calor e temperatura”. E essa distinção foi de fundamental importância do ponto de vista epistemológico, pois diferenciar e relacionar essas grandezas possibilitou um preparo do ponto de vista conceitual para a futura elaboração das Leis da termodinâmica, bem como o entendimento dos efeitos provocados pelo calor.

Joseph Black (1728-1799) afirmou que o calor e temperatura eram coisas distintas, onde calor era uma medida diferente da marcada no termômetro, mas que poderiam ter alguma relação. Black também descobriu que colocando dois corpos em um mesmo ambiente com temperaturas distintas eles poderiam chegar ao “equilíbrio térmico”, sendo que o calor do mais quente era transferido para o corpo mais frio, espontaneamente, já o contrário não acontece, não de maneira espontânea. (REZENDE NR, 2021)

Os estudos e as descobertas sobre a termodinâmica deram início no século XIX, com a importante necessidade de se criar máquinas que conseguissem extrair a água das minas e evitar os alagamentos nelas, portanto, Sadi Carnot (1796–1832) em 1824 e os seus estudos sobre a eficiência das máquinas térmicas foram um grande avanço com relação a primeira Lei da Termodinâmica. Entretanto houve outras tantas contribuições sobre a temática, diversos pesquisadores da Europa realizaram estudos ligados a energia térmica e energia mecânica. Segundo Kuhn, de 1830 a 1850, Sadi Carnot, Helmholtz, Boltzman Mohr, Grove, Faraday, Liebig, Mayer, Joule e entre outros estudiosos da época pesquisaram sobre o problema da conservação da energia. Passados os anos, ficou até difícil saber a quem atribuir a descoberta desses estudos.

Porém, no início do século XX, a Termodinâmica começa a sofrer algumas modificações e ficando num modelo mais contemporâneo podemos dizer, que segundo Moreira NH e Bassi ABM (2001) veio adquirindo um novo brilho ao ser relacionada com o mundo microscópico e que começou a chamar a atenção da ciência. Por isso segundo o autor,

No entanto, devemos ressaltar que outros estudiosos, como Kirchhoff e Gibbs, os quais optaram pelo enfoque estático, há mais de duas décadas antes já defendiam a ideia, embora sem utilizar a estatística. Gibbs foi quem total rigor matemático ao estudo da termodinâmica com o trabalho de mecânica estatística clássica, publicado em 1902. (MATIASSO R, et al, 2022).

Tendo isso em vista, a maneira mais apropriada de lecionar a Termodinâmica tradicional é por meio da resolução de exercícios que ensinem os alunos a utilizar o que ela tem de melhor a oferecer, para o desenvolvimento da ciência e tecnologia, sem perda de tempo com teorias insignificantes Nery ARL e Bassi ABMS (2009). Dica válida para a formação de engenheiros que usam a termodinâmica apenas no modo prático de aplicação e deixam um pouco de lado os conceitos teóricos da disciplina.

Há diversos exemplos de aplicação Termodinâmica no nosso cotidiano, temos como exemplos no ar, para identificarmos a umidade do ar ou até mesmo a pressão nele, outro exemplo é no funcionamento do motor dos automóveis, o trabalho que o pistão faz dentro da câmara para girar um eixo e fazer com que o veículo ande ou até mesmo a transformação de energias na combustão no funcionamento do motor. Por tanto, tendo em vista as diversas áreas de atuação da Termodinâmica, o seu estudo é fundamental para o conhecimento do universo e na formação crítica do cidadão.

James Prescott Joule (1818-1889), foi um cientista britânico, tido como amador, filho de um grande cervejeiro que, com base nos seus estudos e no uso de experimentos, mais precisamente no experimento sobre o equivalente mecânico do calor, provou que é possível converter energia mecânica em energia térmica. Foram longos anos de estudos e testes.

O NASCIMENTO DAS LEIS DA TERMODINÂMICA NO CONTEXTO DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Num contexto pré-revolução industrial, na Inglaterra ocorreram inúmeras mudanças, sejam no contexto social, econômico e político, na ocasião uma grande parcela da população era composta por camponeses. Mas que por mal gerenciamento político da monarquia na época, o rei Henrique VIII, fez com que os camponeses perdessem o direito do uso das suas terras gerando uma enorme crise na cidade e conseqüentemente no campo. Na sua sucessão do trono chegou ao então Carlos I, filho de Jaime I, no qual foi sucesso de Elizabeth I (REZENDE NR, 2021)

No contexto econômico na Inglaterra, o mercado econômico possuía uma grande quantidade de lucro na produção e vendas de roupas, até que a partir de 1550 até meados de 1563 essa atividade foi afetada por uma enorme crise. Forçando assim o setor econômico utilizar outros materiais para produção e vendas como por exemplo as armas e o vidro. Com essa mudança na produção e comercialização de armas, houve um elevado de desmatamento de florestas, afetando bastante o meio ambiente na época, tendo assim que as substituir pelo

carvão mineral. À época foi deixado claro que o uso do carvão mineral em excesso é prejudicial à saúde, mas os ingleses deram mais importância para o desenvolvimento econômico do que o bem-estar social. Com isso foi necessário um maior número de extração de minério causando alagamentos nas minas e isso foi um grande empecilho para os mineradores.

MÁQUINAS TÉRMICAS DE SAVERY, NEWCOMEN E WATT

Rezende NR (2021) descreve um pouco sobre algumas principais máquinas térmicas que tiveram como base fundamental para o estudo da Termodinâmica, como a de Thomas Savery (1650-1715):

Thomas Savery foi o primeiro homem a produzir uma máquina que pudesse levantar água utilizando o vapor produzido por uma fonte de calor. Apesar de outras criações a sua grande invenção foi a máquina de levantar água utilizando o vapor. (). Tendo de fato conseguido atingir o seu objetivo principal com a sua máquina, em 1702 ele especificou e descreveu o equipamento e os seus usos, no livro *The Miner's Friend* que quer dizer a (A amiga do mineiro). Apesar da ideia ser bastante significativa para a época não era nova. (REZENDE NR, 2021)

O funcionamento de sua máquina era basicamente um recipiente colocado sobre o fogo e o vapor gerado pela ebulição da água saísse por dois tubos em L fazia com que o recipiente girasse e com isso contribuiu bastante para diminuir os alagamentos nas minas que tinham uma profundidade considerável. A sua máquina era composta por uma caldeira, um tubo de vapor, um receptor e um tubo maior no qual mantinha contato com a água a uma certa profundidade e com o aquecimento da água e do valor que ia até o receptor, havia um certo resfriamento do receptor fazendo com que o vapor condensasse e a pressão no seu interior caía muito e a pressão atmosférica aumentava fazendo com que a água nos tubos fosse elevada a uma determinada altura.

Porém mesmo que fosse bastante importante para a época, a máquina de Savery não conseguia ter um bom rendimento em profundidades maiores e não suportava uma pressão muito elevada no seu equipamento, mas já foi um grande impulso para que Newcomen criasse a sua. Thomas Newcomen (1664-1729) também era da Inglaterra e foi um fabricante e vendedor de ferro para diversas minas da época.

locais. A sua máquina era bem diferente da de Savery, pois ele utilizou um pistão e uma viga móvel em seu funcionamento. O vapor agora era condensado abaixo de um pistão, a água “fria” injetada dentro do cilindro, criando um vácuo. Desta forma, a pressão

atmosférica empurrava o pistão para baixo dentro do cilindro. O cilindro era ligado a uma grande alavanca e na outra extremidade desta se pendurava a haste que bombeava a água.

Um fato a destacar é que as máquinas de Newcomen eram enormes e apesar do tamanho ainda não eram suficientes para o que se pretendia na época, mas foi um avanço considerável e as máquinas feitas posteriormente tiveram a sua como um modelo de inspiração. Tendo como Watt e Smeaton como sucessores nos trabalhos e criações das máquinas térmica. Já James Watt (1736-1819) que foi um escocês, mecânico e trabalhou na Universidade de Glasgow fazendo os reparos e construção de alguns instrumentos matemáticos.

Tendo como parâmetro a máquina de Newcomen, ele percebeu que ao aquecer diversas vezes o cilindro e resfriar, uma parte do vapor condensado era gerado apenas pelas paredes mais frias do cilindro. Então a ideia de Watt foi de criar um condensador separado do cilindro. Foi com a ideia de se criar um condensador separado que Watt recebeu o apoio de John Roebuck e que o apoio na questão financeira tendo como gratificação receber dois terços do lucro das máquinas.

O presente trabalho propõe uma sequência didática para o ensino da primeira Lei da Termodinâmica, onde serão introduzidos tópicos da história da Física relacionados a evolução das ideias que cercaram o desenvolvimento das leis da termodinâmica, como forma de promover ao discente a possibilidade de compreender a ciência como uma construção não linear e cercadas de idas e vindas. Essa abordagem será ancorada em dois pontos fundamentais: i) Discussão sobre os princípios básicos de funcionamento das máquinas a vapor; ii) A importância da primeira revolução industrial como marco político, econômico, histórico e social, para o desenvolvimento das leis da termodinâmica.

METODOLOGIA

Inicialmente é importante deixar claro que pesquisa é o ato ou efeito de pesquisar, indagar algo, realizar uma busca de maneira crítica, investigar, e por fim investigar e estudar sobre um determinado caso Lara AMB E Molina AA (2011). O primeiro passo para realizar uma pesquisa é a observação de algo e o questionamento sobre o objeto observado. O uso da pesquisa qualitativa neste artigo tem um caráter de importância da compreensão dos problemas envolvendo a Primeira Lei da Termodinâmica no ensino médio e as principais dificuldades encontradas pelos discentes do primeiro ano.

A explicação da pesquisa do tipo qualitativa é bem elaborada por Lara e Molina no capítulo 5 do texto: “Pesquisa qualitativa: apontamentos, conceitos e tipologias”:

A pesquisa qualitativa surgiu na antropologia de maneira mais ou menos naturalística, e na sua tradição antropológica ficou conhecida como investigação etnográfica. Alguns a definem como sendo “o estudo da cultura”. Eles ressaltam ainda que ela possui atividades de investigação na apresentação de forma específica e características de traços comuns. (LARA AMB E MOLINA AA, 2011):

A proposta será norteada pela aplicação da sequência didática. Que abordará o estudo da Primeira Lei da Termodinâmica. onde serão realizados três momentos de acordo com a **tabela 1** a seguir:

Tabela 1: Sequência didática proposta para o ensino da primeira lei da termodinâmica

INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE FÍSICA	
Professor:	Nome do Professor a aplicar a sequência didática
Ano/série:	2º Ano
Número de alunos:	30
Número de encontros da sequência didática:	03
Tema:	Primeira Lei da Termodinâmica
Objetivo Geral:	Conceituar a Primeira Lei da termodinâmica em termos das grandezas calor, trabalho, e energia interna. Mediante uma abordagem histórica
Conhecimentos prévios:	i) Energia mecânica e a sua conservação; ii) Calor e temperatura; iii) Trabalho de uma força.
Materiais necessários para a aplicação da sequência didática:	Livro didático, quadro, pincel, caderno para anotações, lápis, caneta, Data show, simulador.

2305

1º ENCONTRO	TEMPO ESTIMADO DO ENCONTRO (100 min)
Objetivos específicos	
Revisar os conceitos com base na revisão de energia mecânica e a sua conservação, calor e temperatura.	
Conteúdos	
Energia mecânica e a sua conservação; Calor e temperatura; Trabalho de uma força;	
Organização da turma	
Os alunos deverão se organizar individualmente em fileiras.	
Introdução da aula	
Será realizada uma avaliação diagnóstica para os alunos serem avaliados com base nos seus conhecimentos prévios.	

Desenvolvimento da aula
Será feito uma breve revisão dos conceitos de energia mecânica e a sua conservação, calor e trabalho.
Recursos necessários
Livro didático, quadro, pincel, caderno para anotações, lápis, caneta, Data show.
Conclusão
Ao final da aula, passar uma leitura para casa sobre o tópico abordado em sala.
Avaliação
Será pedido uma leitura sobre todo o conteúdo abordado em sala e participação em sala.

2° ENCONTRO	TEMPO ESTIMADO DO ENCONTRO (100 min)
Objetivos específicos	
Compreender a história da criação das máquinas térmicas e a sua importância para a revolução industrial.	
Conteúdos	
História das máquinas térmicas e uma introdução sobre a revolução industrial; História da física relacionada à Primeira Lei da Termodinâmica.	
Organização da turma	
Os alunos deverão se organizar individualmente em fileiras.	
Introdução da aula	
Introdução dos conceitos históricos relacionados ao conteúdo e a sua importância para a evolução da Física como ciência.	
Desenvolvimento da aula	
Introdução do conteúdo com conceitos históricos e alguns exemplos de suas aplicações,	
Recursos necessários	
Livro didático; quadro; pincel; caderno para anotações; lápis; caneta e Data show.	
Conclusão	
Ao final da aula, passar uma leitura para casa sobre o tópico abordado em sala.	
Avaliação	
Participação em aula e os exercícios propostos.	

3° ENCONTRO	TEMPO ESTIMADO DO ENCONTRO (100 min)
Objetivos específicos	
Compreender o contexto histórico da 1º Lei da Termodinâmica.	
Conteúdos	
História da formulação da 1º Lei da Termodinâmica Enunciado da 1ª Lei da Termodinâmica.	
Organização da turma	
Os alunos deverão se organizar individualmente em fileiras.	
Introdução da aula	
Introdução dos conceitos históricos relacionados ao conteúdo e a sua importância para a evolução da Física como ciência.	
Desenvolvimento da aula	
Discussão a respeito da importância para o setor econômico, social e político da época; A revolução industrial como um fator importante; Aplicações	
Recursos necessários	
Livro didático; quadro; pincel; caderno para anotações; lápis; caneta e Data show.	
Conclusão	
Atividade de construção do experimento que demonstra a 1º Lei da Termodinâmica	
Avaliação	
Experimento produzido e participação em aula.	

Finalização da sequência didática
<p>Os estudantes serão avaliados continuamente com base na participação em sala de aula e na resolução dos exercícios propostos, bem como na construção do experimento. Ao final dos estudos será avaliado todo o processo de ensino aprendizagem e, caso o aluno não atinja a média prevista será proposto a apresentação de um seminário como forma de recuperação da média dos discentes.</p>
<p>NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica 2: Termodinâmica e suas aplicações fluidos, oscilações e ondas, calor. 4.ed. rev. São Paulo: Edgard Bliticher, 2002;</p>
<p>YOUNG, H. D. et al. Física II: termodinâmica e ondas. 12.ed. São Paulo: Pearson Education, do Brasil, 2008;</p>
<p>HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física. 10.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. v. 2.</p>

Fonte: SILVA LGB, et al., 2023

No primeiro momento será proposta uma avaliação diagnóstica para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre conceitos físicos fundamentais da termodinâmica (calor, trabalho, temperatura), bem como sobre tópicos de história da Física relacionados a temática. E logo em seguida, será realizada uma breve revisão dos conteúdos já estudados na Termologia e mecânica relevantes no estudo das Leis da termodinâmica.

No segundo momento será iniciado o estudo da primeira lei da termodinâmica partindo de uma introdução histórica envolvendo a evolução do entendimento do funcionamento das máquinas a vapor no contexto da revolução industrial, e como essa relação culminou nas leis da termodinâmica (em especial a primeira). Destacando esse fato histórico do ponto de vista Político, social e econômico.

No terceiro momento será discutido o enunciado da Primeira Lei da Termodinâmica, bem como sua importância para o entendimento das máquinas a vapor. Posteriormente, todos alunos terão que elaborar um Podcast com a temática: o desenvolvimento das leis Termodinâmica no contexto da revolução Industrial. Nessa proposta os alunos irão adicionar na discussão os antecedentes históricos que levaram ao pioneirismo inglês na primeira revolução industrial, os tipos de máquinas a vapor utilizadas nesse contexto e seu princípio físico de funcionamento, e às ideias que levaram ao enunciado da primeira lei da termodinâmica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com essa proposta pretende-se potencializar o aprendizado do aluno por meio de um resgate do caráter científico do desenvolvimento de um conceito por meio de uma lei. Fazendo o aluno compreender que a construção do pensamento científico não se dá de forma instantânea, linear e trivial. Além de promover a facilitação do processo de ensino e aprendizagem pela introdução de uma poderosa ferramenta que é a introdução de tópicos de história da ciência deixando claro, que o ensino da Termodinâmica é abordado esquecendo pois muitas vezes todo o enredo histórico, sendo apenas trabalhado por meio de um estudo analítico sem a preocupação de relacionar a linguagem matemática ao conceito físico. Assim como é destacado por (SOUSA AKL, 2021) e (KASPRIK LA, 2021):

Chegamos à conclusão que foi a necessidade de tecnologia, impulsionada com a revolução industrial que instigou o interesse pelo assunto, pois com o desenvolvimento das máquinas a vapor e a necessidade de melhoria delas, os cientistas tiveram mais apoio para fazer suas pesquisas sobre o assunto. Assim foi

iniciado e desenvolvido, através de vários experimentos e estudos, as teorias sobre a termodinâmica (SOUSA AKL, 2021).

A grande importância de se usar HFC no ensino da Primeira Lei da Termodinâmica: “a Termodinâmica acaba se mostrando como uma boa opção de conteúdo programático, principalmente ao se pensar nas máquinas térmicas e todo o seu impacto histórico, social, cultural, filosófico e tecnológico dentro da Revolução Industrial e que reflete no funcionamento da sociedade até os dias de hoje”. (KASPRIK LA, 2021).

Logo, a aplicação da sequência didática por ser adaptada pelo docente de acordo com o perfil da turma. Podendo alterar a proposta de atividade por exemplo, para uma peça de teatro, onde poderia promover uma aula interdisciplinar entre Física, Artes e História. Ou até mesmo a proposição de uma construção de uma máquina a vapor, dividindo os alunos em grupos.

REFERÊNCIAS

BALDOW, Rodrigo; JÚNIOR, Francisco Nairon Monteiro. Os livros didáticos de física e suas omissões e distorções na história do desenvolvimento da termodinâmica. **ALEXANDRIA: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 3-19, 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física. 10.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. v. 2.

HÜLSENDEGER, Margarete JVC. A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 9, p. 222-237, 2007.

KASPRIK, Lucas de Abreu. **Máquinas térmicas: uma proposta de abordagem da termodinâmica a partir de máquinas históricas precursoras da Revolução Industrial**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LARA, Angela Mara de Barros; MOLINA, Adão Aparecido. Pesquisa Qualitativa: apontamentos, conceitos e tipologias. **Metodologia e técnicas de pesquisa nas áreas de ciências humanas. Maringá: Eduem**, v. 1, p. 121-172, 2011.

MATIAS, H. K. M. Uma proposta de inserção da história e filosofia da ciência no ensino de Física. 2019. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MATIASSO, Rosicler et al. Ensino da primeira lei da termodinâmica por meio de simulações computacionais no contexto da metodologia da sala de aula invertida. 2022.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

MOREIRA, Ney Henrique; BASSI, Adalberto Bono Maurizio Sacchi. Sobre a primeira lei da termodinâmica. **Química Nova**, v. 24, p. 563-567, 2001.

NERY, Alessandro Ranulfo Lima; BASSI, Adalberto Bono Maurizio Sacchi. A primeira lei da termodinâmica dos processos homogêneos. **Química Nova**, v. 32, p. 522-529, 2009.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica 2: Termodinâmica e suas aplicações fluidos, oscilações e ondas, calor. 4.ed. rev. São Paulo: Edgard Blticher, 2002.

REZENDE, Nei Rogerio. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E NATUREZA DA CIÊNCIA: UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO DA TEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO AS LEIS DA TERMODINÂMICA. 2021.

SILVA, G. R., ERROBIDART, N. C. G. Termodinâmica e Revolução Industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência. História da Ciência e Ensino construindo Interfaces, vol. 19, p. 71-97, 2019.

SOUSA, Anna Karollyni Lopes. 1ª Lei da Termodinâmica a partir do conceito de entropia. 2023.

YOUNG, H. D. et al. Física II: termodinâmica e ondas. 12.ed. São Paulo: Pearson Education, do Brasil, 2008.