

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EVERTON MERLIN

**CORRIDA DE BARQUINHOS A VAPOR NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA: UMA
PROPOSTA DE EXPERIMENTAÇÃO**

CAMPO MOURÃO

2022

EVERTON MERLIN

**CORRIDA DE BARQUINHOS A VAPOR NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA: UMA
PROPOSTA DE EXPERIMENTAÇÃO**

**Steam boat racing in the teaching of thermal physics: an experimental
proposal**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do
Programa de Pós-Graduação da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Débora Ferreira da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Oscar Rodrigues dos Santos

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão



EVERTON MERLIN

CORRIDA DE BARQUINHOS A VAPOR NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA: UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTAÇÃO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 19 de Dezembro de 2022

Dra. Debora Ferreira Da Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Breno Ferraz De Oliveira, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Dra. Fernanda Peres Ramos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Oscar Rodrigues Dos Santos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 19/12/2022.

Dedico este trabalho aos meus pais e aos meus irmãos. Sem eles nada seria possível.

Dedico também aos professores e orientadores, pelas valiosas e incontáveis horas dedicadas ao projeto, sempre com uma presença cheia de otimismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por sempre colocar pessoas maravilhosas em meu caminho, as quais me fazem acreditar em um mundo melhor e me encorajam a prosseguir. Obrigado por nunca soltar a minha mão e me guiar em todos os momentos.

Aos meus pais, Adão e Nadir, que nunca mediram esforços para me ensinar o caminho do bem e sempre me apoiaram em todas as etapas da minha vida. Muito obrigado por tudo!

À minha família, obrigado por acreditar no meu sonho e sempre me motivar a seguir em frente.

À minha orientadora, professora Débora Ferreira da Silva, por toda a ajuda durante a realização deste trabalho. Muito obrigado!

Ao professor Oscar Rodrigues dos Santos, por toda a dedicação ao meu trabalho durante a coorientação. Obrigado por tudo!

Agradeço a todas as amigas que este programa me proporcionou o convívio agradável e sincero, que nos permitiu a troca de experiências e o aprendizado que nunca esquecerei.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), campus Campo Mourão, que contribuíram para o meu aperfeiçoamento e crescimento profissional, com seus aportes no decorrer dessa jornada, o meu muito obrigado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

O ensino da Física no Ensino Médio na atualidade exige muito comprometimento de todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem e o maior desafio, então, é a adoção de metodologias que despertem a curiosidade científica dos alunos com vistas à aprendizagem significativa, de modo a auxiliar os mesmos na reconstrução do conhecimento, na formação de novos conceitos e na compreensão de como poderão melhorar o mundo. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo propor e aplicar como produto educacional uma sequência de ensino que integre experimentação e mapas conceituais como possibilidade metodológica para aperfeiçoar o estudo dos conceitos da Física Térmica, aplicado em uma turma do 2º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Santana de Tapejara – Ensino Médio e Normal, em contra turno. Tal proposta teve como alicerce os pressupostos teóricos da pesquisa qualitativa, utilizando-se de questionários, mapas conceituais e experimentos. Os resultados deixaram evidente que as estratégias utilizadas foram muito bem recebidas pelos alunos e que a proposta se constituiu em uma importante ferramenta de indicativo de aprendizagem significativa, uma vez que os alunos conseguiram estabelecer relações importantes sobre os conceitos de Termodinâmica estudados.

Palavras-chave: aprendizagem significativa; física térmica; mapa conceitual; experimentação.

ABSTRACT

The teaching of Physics in High School nowadays requires a lot of commitment from everyone involved in the teaching and learning process and the biggest challenge, then, is the adoption of methodologies that arouse the scientific curiosity of students with a view to meaningful learning, in order to assist students in the reconstruction of knowledge, in the formation of new concepts and in the understanding of how they can improve the world. Thus, this work aimed to propose and apply as an educational product, a teaching project that integrates experimentation and conceptual maps as a methodological possibility to optimize the study of Thermal Physics concepts, applied in a class of the 2nd year of High School at Colégio Estadual Santana de Tapejara – High School and Normal School, in shift work. This proposal was based on the theoretical assumptions of qualitative research, using questionnaires, conceptual maps and experiments. The results made it evident that the strategies used were very well received by the students and that the proposal constituted an important tool to indicate significant learning, since the students were able to establish important relationships on the concepts of thermodynamics studied.

Keywords: meaningful learning; thermal physics; conceptual map; experimentation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Motor a vapor de Newcomen.....	18
Figura 2 - A máquina a vapor inventada por James Watt.....	20
Figura 3 - Funcionamento do pistão (êmbolo).....	25
Figura 4 - Ciclo de Carnot.....	26
Figura 5 - Exemplo de mapa conceitual na aprendizagem significativa	31
Figura 6 - Terceiro passo para a construção do barquinho Pop Pop.....	37
Quadro1 - Exemplo de mapa conceitual na aprendizagem significativa	38
Figura 7 - Alunos participando do desenvolvimento do produto educacional: construção do barquinho Pop Pop.....	42
Quadro 2 - Competências e habilidades apresentadas na BNCC.....	43
Figura 8 - Alunos participantes da pesquisa	44
Gráfico 1 - Respostas dos alunos sobre a questão 3	45
Gráfico 2 - Respostas dos alunos sobre a questão 8	46
Figura 9 - Estudo comparativo sobre os mapas conceituais	48
Quadro 3 -Pontuação dos elementos essenciais dos mapas conceituais.....	48
Quadro 4 - Resultados numéricos das categorias entre os MCI e MCF	49
Figura 10 - (a) MCI e (b) MCF, respectivamente, elaborados pelo aluno 1	50
Figura 11 - (a) MCI e (b) MCF, respectivamente, elaborados pelo aluno 2	51
Figura 12 - (a) MCI e (b) MCF, respectivamente, elaborados pelo aluno 3	52
Gráfico 3 - Comparação de nível hierárquico entre MCI e MCF	54
Gráfico 4 - Comparação do número de conceitos físicos (proposições) entre MCI e MCF	55
Gráfico 5 - Comparação do número de ligações simples entre MCI e MCF.....	57
Gráfico 6 - Comparação do número de ligações cruzadas entre MCI e MCF.....	59
Gráfico 7 - Comparação do número de exemplos entre MCI e MCF	60
Figura 13 - Corrida de barquinho Pop Pop – experimento realizado pelos alunos.....	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	O surgimento das máquinas a vapor – primeiras máquinas térmicas.....	15
2.1.1	A revolução industrial e o surgimento da máquina a vapor.....	15
<u>2.1.1.1</u>	<u>A máquina a vapor de Thomas Savery.....</u>	<u>16</u>
<u>2.1.1.2</u>	<u>A máquina a vapor de Thomas Newcomen.....</u>	<u>17</u>
<u>2.1.1.3</u>	<u>A máquina a vapor de James Watt.....</u>	<u>18</u>
2.1.2	A 1ª e a 2ª Leis da Termodinâmica.....	19
<u>2.1.2.1</u>	<u>Definição.....</u>	<u>19</u>
<u>2.1.2.2</u>	<u>A 1ª Lei da Termodinâmica.....</u>	<u>20</u>
<u>2.1.2.3</u>	<u>A 2ª Lei da Termodinâmica.....</u>	<u>22</u>
2.2	Aprendizagem significativa e mapas conceituais: uma relação pertinente.....	26
2.2.1	Aprendizagem Significativa.....	27
2.2.2	Mapas Conceituais.....	29
2.2.3	Experimentação.....	32
3	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	34
3.1	Descrição do produto educacional.....	35
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO.....	40
4.1	Relato de experiência.....	40
4.1.1	Caracterização dos sujeitos da pesquisa.....	43
4.2	Análise da ficha de avaliação do produto educacional.....	43
4.3	Análise dos mapas conceituais.....	46
4.3.1	Discussão e análise dos resultados.....	52
4.4	Análise do experimento.....	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
	REFERÊNCIAS.....	67
	APÊNDICE A – Texto sobre a Revolução Industrial.....	71
	APÊNDICE B – Produto Educacional	73
	ANEXO – Fotos das lâminas de Power Point utilizadas no Produto Educacional.....	95

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, o enfoque principal foi a apresentação da experimentação e da construção de mapas conceituais como possibilidades metodológicas que facilitem o estudo de conceitos da Física Térmica do Ensino Médio, principalmente entropia, temperatura, trabalho e calor.

Segundo Anastasiou e Alves (2006, p. 55), “as estratégias por si não resolvem e não alteram magicamente o processo”, mas podem se transformar em instrumentos valiosos nas mãos de docentes comprometidos com o processo de ensino e de aprendizagem numa educação de qualidade.

O quadro que se apresenta hoje em torno do ensino da Física no Ensino Médio não é dos melhores, pois, como afirma Moreira (2018, p. 76):

(...) esse ensino está em crise. A carga horária semanal que chegou a 6 horas-aula por semana, hoje é de 2 ou menos. Aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física nas escolas e os que existem são obrigados a treinar os alunos para as provas, para as respostas corretas, ao invés de ensinar física.

É comum os alunos, em sua maioria, afirmarem não gostar da Física e apresentarem muitas dificuldades a ponto de alguns abandonarem a busca por entender os conteúdos ensinados na disciplina, afirmam Bonadiman e Nonenmacher (2007). Entre algumas causas, os autores destacam

(...) a qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, a ênfase excessiva na Física clássica e o quase total esquecimento da Física moderna, o enfoque demasiado na chamada Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, o distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos, a falta de contextualização dos conteúdos desenvolvidos com as questões tecnológicas, a fragmentação dos conteúdos e a forma linear como são desenvolvidos em sala de aula, sem a necessária abertura para as questões interdisciplinares, a pouca valorização da atividade experimental e dos saberes do aluno, a própria visão da ciência, e da Física em particular, geralmente entendida e repassada para o aluno como um produto acabado (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007, p. 196).

Como se pode ver essas causas apresentadas por Bonadiman e Nonenmacher (2007), em sua maioria, são estruturais e fogem do controle do professor, mas outras são específicas e podem ser resolvidas pelo professor ao pensar em sua ação pedagógica em sala de aula, uma vez que a memorização de equações e conceitos, em geral distantes da realidade dos alunos, se torna o caminho mais fácil para o docente tomar. A tentativa de reversão desse quadro se

apresenta como uma das tarefas mais difíceis no cotidiano escolar para esse professor.

O desafio maior então é a adoção de metodologias que despertem a curiosidade científica dos alunos e que visem a aprendizagem significativa, auxiliando os alunos na reconstrução do conhecimento, na formação de novos conceitos e na compreensão de como poderão melhorar o mundo (GREGIO, 2016).

Moreira e Masini (1982, p. 40) dizem que “o problema, pois, da aprendizagem em sala de aula está na utilização de recursos que facilitem a captação da estrutura conceitual do conteúdo e sua integração à estrutura cognitiva do aluno, tornando o material significativo”. Com este problema em mente é que o presente trabalho, com foco na aprendizagem de conceitos da Física Térmica, se desenhou.

Foi na busca pela reconstrução dos conhecimentos e compreensão de novos conceitos que estudiosos da Termodinâmica construíram as bases da engenharia dos materiais, uma vez que a fabricação de novos materiais envolve conceitos como transferência de calor e trabalho para as matérias primas (RODRIGUES, 2011).

A Termodinâmica apresenta diversas aplicações, descrevendo diferentes situações simples ou complexas através do uso de uma pequena quantidade de variáveis, como temperatura, pressão, calor, trabalho, etc., e, estando presente em muitos fenômenos do dia a dia, deu a sustentação para a fabricação do motor de automóveis à panela de pressão (GREGIO, 2016).

Entende-se então que, desde as antigas máquinas a vapor, que foram ferramentas fundamentais para a Revolução Industrial ocorrida na Inglaterra nos meados do século XVIII, os estudos da Termodinâmica possibilitaram a análise das propriedades da matéria, nesse caso, sob situações de pressão e calor (RODRIGUES, 2011).

Como já foi dito, esse conteúdo pode se tornar maçante para o aluno se trabalhado apenas sob a perspectiva da aprendizagem mecânica. Na busca pela aprendizagem significativa, o aluno faz uso de conhecimentos relevantes em sua estrutura cognitiva para conseguir assimilar conceitos novos, como diz Moreira (2011).

O contrário se dará se, ao invés de oferecer o ensino desse conteúdo somente pela perspectiva da aprendizagem mecânica, lhe forem apresentadas metodologias que despertem seu interesse e que o façam se predispor à aprendizagem.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo propor e aplicar como produto educacional uma sequência de ensino que integre experimento e mapas conceituais como possibilidades metodológicas para aperfeiçoar o estudo dos conceitos da Física Térmica no Ensino Médio.

Para isso, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- Proporcionar aos alunos do Ensino Médio a construção de um barquinho a vapor com materiais recicláveis com embasamento no estudo da Física Térmica, por intermédio de elaboração de hipóteses e testagem das mesmas;
- Aplicar as estratégias metodológicas da construção de mapas conceituais e da experimentação para compreensão e aplicação dos conceitos de calor, temperatura, energia interna, energia mecânica e trabalho;
- Compreender as noções básicas de Termodinâmica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem da temática das máquinas a vapor como ferramentas para a Revolução Industrial;
- Identificar e analisar aprendizagens significativas por meio das atividades implementadas – mapas conceituais.

Dessa forma, no que diz respeito à organização desse trabalho, a pesquisa foi composta por quatro capítulos. O Capítulo 1 é constituído pela introdução, seguindo as orientações da Sociedade Brasileira de Física, bem como da coordenação geral do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

O Capítulo 2 é composto pela fundamentação teórica, que vai discutir na primeira parte, a questão histórica do surgimento das máquinas a vapor como primeiras máquinas térmicas e sobre a Termodinâmica (1ª e 2ª Leis) e, na segunda parte, trata de teorias de aprendizagem, principalmente no que se refere à aprendizagem significativa, aos mapas conceituais e à experimentação.

O Capítulo 3 descreve os encaminhamentos metodológicos que sustentaram esta pesquisa e as estratégias e técnicas para coleta e análise dos dados que a

constituem. Este trabalho esteve pautado na pesquisa qualitativa que, apesar de utilizar dados menos estruturados, fornece elementos capazes de proporcionar um relacionamento mais duradouro e flexível entre investigador e participantes e de fornecer dados mais subjetivos, aprofundados e mais ricos em detalhes do tema estudado (RICHARDSON, 1999; MINAYO, 2009).

Além disso, esta pesquisa também se caracterizou como descritiva (MINAYO, 2009; DIAS, 2000), uma vez que centralizou sua atenção no relato de experiência a partir da proposta de aplicação de atividades e construção de mapas conceituais, e, de realização de experimentação por meio da construção do “barquinho Pop Pop”¹, que se caracteriza como uma máquina térmica que transforma energia térmica em energia mecânica.

O Capítulo 4 constitui-se de uma análise descritiva do objeto de estudo e da discussão dos resultados encontrados com a implementação da sequência de ensino, partindo-se, num primeiro momento, do relato de experiência e da caracterização dos sujeitos da pesquisa, para logo após realizar as análises da ficha de avaliação do produto, dos mapas conceituais e do experimento propriamente dito (REIS, REIS, 2002).

Por fim, são tecidas as considerações finais do trabalho e listam-se as referências utilizadas no mesmo. Na sequência encontram-se os apêndices constituídos da ficha de avaliação do produto educacional, aplicada aos alunos, e do produto educacional que complementa esta pesquisa.

Findada essa parte introdutória, passa-se à parte de fundamentação teórica, tratando da Revolução Industrial e do surgimento das máquinas a vapor como primeiras máquinas térmicas. Serão tratados também alguns conceitos relativos à 1ª e 2ª leis da Termodinâmica.

¹ Manual do Mundo, 2012.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O surgimento das máquinas a vapor – primeiras máquinas térmicas

2.1.1 A Revolução Industrial e o surgimento das máquinas a vapor

A Primeira Revolução Industrial, período caracterizado por grande avanço tecnológico e que ocorreu, principalmente, na Inglaterra nos séculos XVIII e XIX, “foi escolhida como ponto de partida para o estudo do desenvolvimento das Leis da Termodinâmica devido à sua importância histórica e aos impactos sobre a sociedade decorrentes de vários acontecimentos” (VENTURINE, 2014, p. 31).

De acordo com Hobsbawn (2009), a importância da Revolução Industrial é extrema, visto os impactos que ainda causa na sociedade atual. Referindo-se ao contexto em que vivia, o autor afirmava não poder imaginar o mundo atual sem conceitos como indústria, capitalismo, socialismo, classe média, greve, entre outros.

Além disso, consistiu em transformações intensas e profundas no processo de produção vigente em que se substituiu a energia humana pela energia motriz não humana, principalmente no que se refere à máquina a vapor. Houve ainda a superação da oficina artesanal pela fábrica e a consolidação da burguesia e dos trabalhadores livres como classes sociais (HOBSBAWN, 2009).

No período que compreende o final do século XVIII e meados do século XIX tem-se o correspondente a uma fase de profundas mudanças sociais e econômicas na Europa. A Termodinâmica também não tinha se consolidado até então como ramo da Física.

De acordo com Artuso (2013, pp. 113-115):

Na Revolução Industrial, ocorrida inicialmente por volta de 1750, na Inglaterra, o capitalismo começava a completar sua formação, atrelado ao desenvolvimento da máquina térmica, seguida de aprofundados estudos sobre a natureza da energia, do calor e do trabalho. A Revolução Industrial modificou as relações de trabalho e permitiu a produção em larga escala de inúmeros produtos, oferecendo itens que proporcionariam maior conforto e a um preço menor do que os artesanais.

Sendo um período considerado de inúmeras inovações tecnológicas e profundas mudanças, num espaço de tempo delimitado entre 1760 e 1870, o ferro e o carvão eram utilizados como principais fontes de energia e compunham a riqueza da famosa Inglaterra, salienta Mantoux (1985).

A invenção de máquina para fazer o trabalho do homem era uma história antiga, muito antiga. Mas com a associação da máquina à força a vapor ocorreu uma modificação importante no método de produção. O aparecimento da máquina movida a vapor foi o nascimento do sistema fabril em grande escala. Era possível ter fábricas sem máquinas, mas não era possível ter máquinas a vapor sem fábricas (HUBERMAN, 1981, p. 184).

Com isto, percebe-se que as inovações técnico-científicas deste período acabam de certa forma com os resquícios da antiga ordem socioeconômica, na qual se vê a implantação da nova maquinaria que viabiliza a concentração do capital e incentiva a expansão das indústrias. O capitalismo começa a romper barreiras. Os negócios e os mercados começam a romper distâncias necessitando, assim, das máquinas a vapor.

2.1.1.1 A máquina a vapor de Thomas Savery

Em meados do século XVIII a Inglaterra havia passado por uma série de reformas que permitiram o acúmulo de capital e a aquisição de máquinas para o aumento da produção. A demanda por essas máquinas cresceu, elevando também o desmatamento das florestas para a produção de carvão vegetal, combustível utilizado nos fornos para a separação do ferro dos outros minérios. Entretanto, logo o carvão vegetal se tornou escasso e passou-se a busca pelo carvão mineral, fazendo surgir incontáveis minas de onde extraíam o carvão (OLIVEIRA, 2017).

Apesar de a indústria inglesa estar num processo de crescente avanço tecnológico, ainda era utilizado os serviços das mulas que moviam grandes tonéis de água e puxavam elevadores nas minas de carvão. Foram as inundações que ocorriam com frequência nas minas de onde se extraía o carvão o elemento chave para o surgimento da primeira máquina a vapor. Em 1698, Thomas Savery lançou a patente de uma delas para extrair água das minas, como salienta Pascoal (2016).

De acordo com Quadros (1996, p. 19 apud PASCOAL, 2016, p. 51):

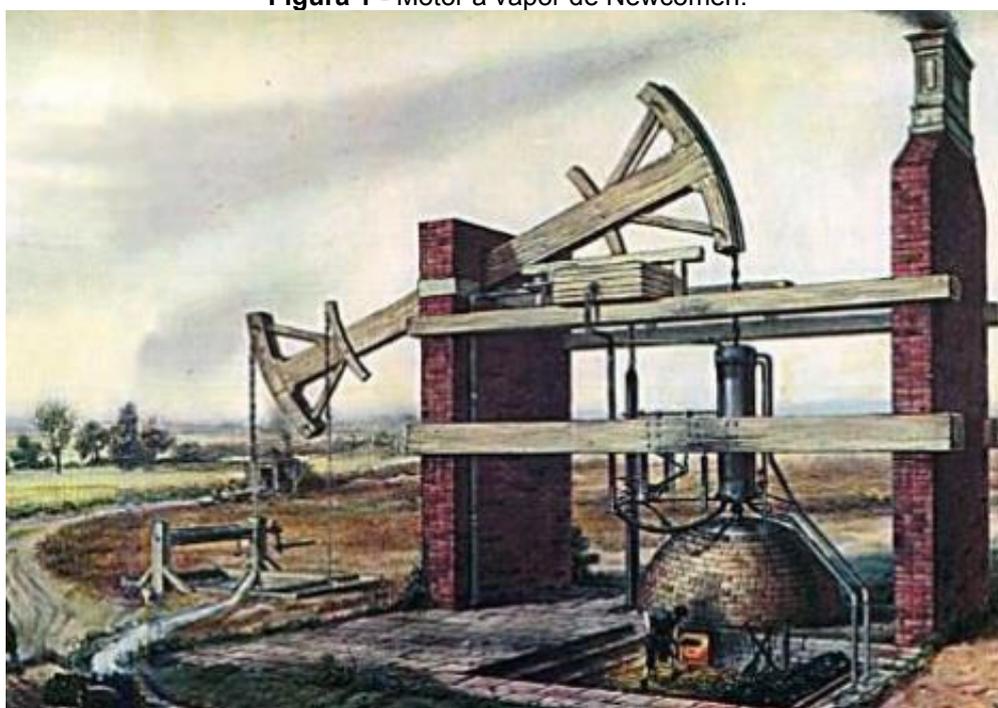
A máquina de Savery foi desenvolvida na tentativa de resolver um problema técnico importante na época. A mineração de carvão, atividade em franca expansão devido à importância desse mineral como fonte de energia, era bastante profunda e constantemente inundada. Era necessária uma forma eficiente de bombeamento da água, eficiência que a máquina de Savery não possuía.

Isto porque a máquina de Thomas Savery apresentava sérios problemas em relação ao seu projeto e ao seu funcionamento. Um desses problemas era o seu baixíssimo rendimento, uma vez que boa parte da energia era desperdiçada quando havia enorme perda de calor na troca entre vapor e água. Além disso, a máquina necessitava de muita pressão de vapor, o que aumentava a temperatura e consequentes acidentes graves (PASCOAL, 2016).

2.1.1.2 A máquina a vapor de Thomas Newcomen

Thomas Newcomen aperfeiçoou o sistema da máquina a vapor produzida anteriormente por Savery, elaborando um sistema composto por um cilindro e um pistão móvel que se destacava pela diversificação de uso, fazendo mais do que bombear água nas minas, pois elevava pesos e gerava movimento através do vapor de água, destaca Pascoal (2016).

Figura 1 - Motor a vapor de Newcomen.



Fonte: Adaptada de SILVA; ERROBIDART, 2019, p. 81.

O motor de Newcomen consistia de uma caldeira, situada diretamente abaixo do cilindro e, diferente da máquina de Savery, ao construir cilindros polidos, os pistões (êmbolos) se ajustavam. Quando o vapor se expandia, elevava o pistão, e quando havia um resfriamento, se formava um vácuo e, consequentemente, baixava

o pistão, formando um movimento de vaivém (QUADROS, 2008). Ainda assim, havia desperdício de energia.

Neste período, as inovações na máquina de vapor realizadas por Newcomen fizeram com que ela pudesse ser utilizada no sistema de escoamento de água das minas e isto barateou a tarefa realizada até então por tração animal, além de torná-la mais rápida e eficiente.

2.1.1.3 A máquina a vapor de James Watt

James Watt foi um matemático e engenheiro escocês que se interessou pela tecnologia dos motores a vapor, realizando melhorias no modelo da máquina de Newcomen, visto que esta não funcionava de forma totalmente satisfatória.

Segundo Venturine (2014, p. 41):

Ele também desenvolveu outras melhorias, como válvulas automatizadas e um sistema de engrenagens que permitia aproveitar o movimento de subida e descida do pistão para girar uma roda. As melhorias de Watt permitiram uma economia em torno de 75% no consumo das máquinas térmicas e elas passaram a ser usadas em fábricas têxteis, substituindo as rodas d'água que eram usadas anteriormente.

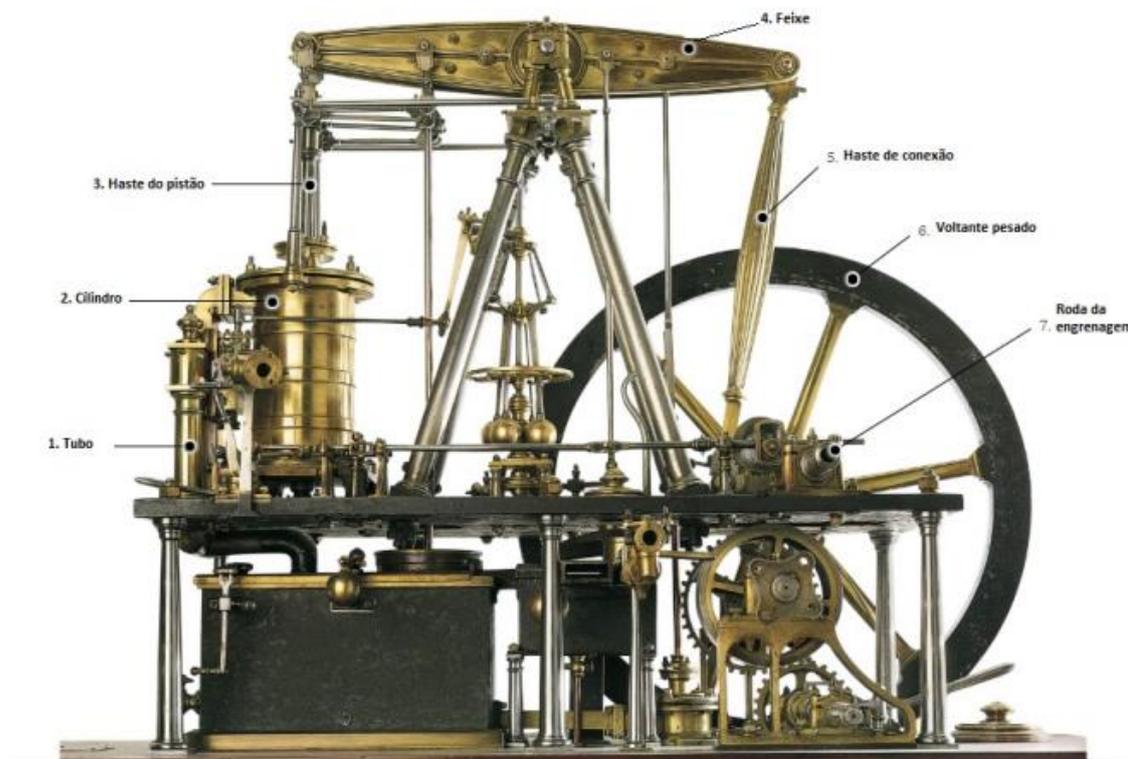
O interesse e a descoberta de Watt estavam na importância do calor latente² para o funcionamento da máquina. Inicialmente, ele também construiu um modelo igual ao de Newcomen, que apresentava os mesmos problemas.

Realizando um estudo minucioso nessas máquinas, Watt nota que seria necessário construir um cilindro grande na mesma proporção, já que um cilindro grande e um pequeno não guardam a mesma relação de volume e superfície. Como o cilindro pequeno tem proporcionalmente mais superfície, o calor perdido no aquecimento do metal é também proporcionalmente maior. O que ocorria com a pequena máquina réplica, logo, o desperdício de calor em cada ciclo era proibitivo, levando a máquina a parar (PASCOAL, 2016, p. 54).

Intuitivamente, Watt adicionou um segundo cilindro em que ocorreria a condensação do vapor, separando o condensador do cilindro principal, e essa pequena modificação aumentou em cinco vezes a eficiência da máquina, além de reduzir o seu consumo.

²**Calor latente** é a quantidade de **energia térmica** absorvida ou cedida por um corpo ou sistema termodinâmico durante uma mudança de seu estado físico, em temperatura constante.

Figura 2 - A máquina a vapor inventada por James Watt.



Fonte: SILVA; ERROBIDART, 2019, p. 84.

2.1.2 A 1ª e a 2ª Leis da Termodinâmica

2.1.2.1 Definição

A Termodinâmica pode ser definida como: “O estudo dos processos de transferência de energia entre corpos macroscópicos e que envolvem a temperatura”, segundo Tipler (1976, p. 399). Para Halliday (2013), a Termodinâmica é um dos principais ramos da Engenharia e da Física, que estuda as leis que regem a relação entre calor e outras formas de energia.

Entende-se, então, que a Termodinâmica é o estudo do sistema de troca de energia com sua vizinhança através da transferência de calor ou da realização de trabalho, transformando em energia mecânica e vice-versa. Desta forma, toda vez que se usa um eletrodoméstico ou um carro, por exemplo, se usufrui dos benefícios práticos da Termodinâmica.

2.1.2.2 A 1ª Lei da Termodinâmica

A primeira lei da Termodinâmica diz que a energia total de um sistema isolado se conserva. Assim, um sistema ou subsistema só pode ganhar certa quantidade de energia se outro vier a ceder a mesma quantidade. Assim, a primeira lei estabelece uma relação entre trabalho, calor e energia, identificando trabalho e energia como formas de transporte de energia de um sistema a outro (RODRIGUES, 2011).

Segundo Rodrigues (2011) desde o século XVIII se conhecia o conceito de energia mecânica e sua conservação como consequência das leis de Newton. No entanto, “o que não era sabido antes do estabelecimento da primeira lei da termodinâmica era que esses conceitos de energia mecânica e sua conservação poderiam ser estendidos para todos os sistemas físicos, assim constituindo uma propriedade física universal” (RODRIGUES, 2011, p. 32).

Hewitt (2015, p. 339) traz o enunciado da primeira lei da Termodinâmica afirmando que “quando flui calor para um sistema ou para fora dele, o sistema ganha ou perde uma quantidade de energia igual à quantidade de calor transferido”. Assim, entende-se que num processo dinâmico a energia é conservada, de modo que a variação da energia interna de um sistema é a diferença entre o calor trocado com o meio e o trabalho realizado por meio de uma força.

Outro conceito fundamental que deve ser explicado é o calor (Q). De acordo com Rosa (2012), são poucos ou até insuficientes os estudos realizados com o intuito de esclarecer a natureza deste fenômeno. Muitas teorias foram levantadas no passado sem, no entanto, dar explicações satisfatórias sobre a natureza do calor:

Para alguns estudiosos, o Calor derivava de vibrações das partes de uma substância, outros defendiam ser o Calor um fluido imponderável, sem peso, outros, ainda, entendiam o Calor como um fluido que impregnava os espaços interatômicos da matéria, e alguns outros o julgavam uma substância indestrutível e impossível de ser criado por qualquer processo. Esse fluido sutil, imponderável, chamado de “calórico”, preencheria o interior dos corpos. A temperatura média, a pressão ou a densidade do calórico contido em um corpo, e uma transferência de Calor entre dois corpos era interpretada como um escoamento de calórico no sentido decrescente de sua pressão. Tal corrente prevaleceria e teria muitos adeptos até o século XIX (ROSA, 2012, p. 133, v.1).

Rosa (2012) ainda relata que, do final do século XVIII até meados do século XIX, tem-se em voga a teoria de Lavoisier, chamada de teoria do calórico, considerando o calor como uma espécie de substância ou fluido invisível. Dizia-se

que quanto maior a quantidade de calor em um objeto, maior seria a temperatura desse objeto. Em relação ao objeto que estivesse isolado, pela teoria afirmava-se que ele guardava o calor, mantendo sua temperatura a mesma.

Pela teoria do calórico quando dois objetos de temperaturas diferentes estavam em contato, haveria uma troca de fluido do corpo mais quente para o corpo mais frio, até que atingisse o equilíbrio térmico e o processo parava. Assim o calor era atraído pela matéria e sua quantidade total era constante: ele não podia ser criado nem destruído (ROSA, 2012).

De acordo com Pádua *et. al.* (2009, p. 4), dentro da Termodinâmica atualmente a definição mais precisa de calor seria a de que:

(...) o calor é uma forma de energia que escoar através das fronteiras de um sistema durante uma mudança de estado ou em virtude de uma diferença de temperatura entre o sistema e suas vizinhanças, fluindo de um ponto à temperatura mais alta para outro à temperatura mais baixa. Em termos moleculares, *calor* é a transferência de energia associada ao movimento caótico das moléculas.

Assim, como afirma Hewitt (2015), calor é energia em trânsito e, ao se adicionar calor a um sistema, pode ocorrer um aumento da energia interna do sistema ou a realização de trabalho pelo sistema sobre o meio externo.

Os trabalhos de Carnot também contribuíram para a formulação da primeira lei da Termodinâmica e para a evolução das máquinas a vapor, quando em seus estudos

(...) ele considerou correta a Teoria do Calórico e que, assim, numa máquina a vapor, haveria a conservação do calórico. (...) Carnot descreveu o comportamento calórico em sua máquina térmica de forma semelhante à da água que cai de uma caixa d'água e que pode voltar a ela por meio de uma bomba. Desse modo, sua máquina poderia trabalhar de forma reversível (PÁDUA, 2009, p.93).

De certo modo, Carnot anunciava a lei da conservação da energia, mesmo mais tarde tendo demonstrado que o que se conservava, na verdade, era a energia, e não o calor.

Nesse sentido, a primeira lei da termodinâmica pode ser enunciada como: $\Delta U = Q - W$, em que, ΔU é a variação da energia interna, Q é o calor e W é o trabalho. Ou seja, a variação da energia interna (ΔU) resulta do calor (Q) trocado com o meio externo menos o trabalho (W) realizado (SAMPAIO, 2005).

2.1.2.3 A 2ª Lei da Termodinâmica

A segunda lei da Termodinâmica foi apresentada a partir dos estudos de Carnot que, segundo Feynmann (2008, p. 460), supôs ser “impossível extrair energia do calor em uma única temperatura” e supôs também que “o calor não pode ser recebido em certa temperatura e convertido em trabalho sem qualquer modificação no sistema ou no meio”.

A segunda lei da Termodinâmica tem dois enunciados, o de Clausius e o de Kelvin. O enunciado de Clausius diz que “é impossível realizar um processo cujo único efeito seja transferir calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente”. Já o enunciado de Kelvin diz que “é impossível realizar um processo cujo único efeito seja remover calor de um reservatório térmico e produzir uma quantidade equivalente de trabalho” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 207).

Entende-se, então, que o calor jamais passará de um corpo frio para um corpo quente sem que haja trabalho envolvido e, numa máquina térmica, nem todo calor será transformado em trabalho, pois uma parte será dissipada para o ambiente.

Sobre essa questão, Pádua (2009, p. 103) vai dizer que

Em qualquer transformação que se produza num sistema isolado, a entropia do sistema aumenta ou permanece constante. Não há, portanto, qualquer sistema térmico perfeito no qual todo calor é transformado em trabalho. Existe sempre uma determinada perda de energia.

Rosa (2012) afirma que

Para Clausius, há dois tipos de transformação: a da conversão do calor em trabalho e a da transferência de calor de temperaturas mais elevadas para as temperaturas mais baixas. A transferência inversa, no segundo caso, seria contraditória com o comportamento natural do calor. Assim, para Clausius, o valor da transferência da baixa temperatura seria negativo, e da mais alta para a baixa seria positivo. Esse valor, a entropia, só pode ser nulo, no caso de uma transformação reversível, ou positivo, no caso de transferência irreversível (ROSA, 2012, p. 165, v.2).

Segundo Rosa (2012), Clausius só mostraria que a máquina de Carnot se tratava de um processo reversível porque sua entropia era constante e, para qualquer outra máquina que funcionasse num ciclo irreversível, a entropia iria crescer. Para Halliday (2013, p. 552):

A entropia é diferente da energia no sentido de que a entropia não obedece a uma lei de conservação. A energia de um sistema fechado é conservada; ela permanece constante. Nos processos irreversíveis, a entropia de um

sistema fechado aumenta. Graças a essa propriedade, a variação de entropia é às vezes chamada de “seta do tempo”.

Oliveira (2023, s.p) afirma então que “Entropia é a quantidade de calor dividida pela temperatura da fonte T_f que não tivemos competência para converter em trabalho útil, isto é, é a quantidade de calor que foi perdida”, sendo descrita pela equação

$$\Delta S = \int_i^f \frac{dq}{T} \quad (1)$$

Assim, entende-se que a entropia é uma função que depende apenas do estado inicial e do estado final da substância, ou seja, em um sistema fechado, a entropia permanece constante se o processo for reversível e aumenta se o processo for irreversível (NUSSENZVEIG, 2002).

No estudo das máquinas térmicas e das leis da Termodinâmica observa-se a existência de termos específicos ligados aos enunciados de tais leis. Um exemplo de um desses termos a ser dado é o de trabalho: Mayer, ao formular a primeira lei, afirma que quando um sistema material apenas troca trabalho mecânico e calor com o exterior, e volta em seguida ao seu estado inicial, o sistema recebeu trabalho, cedeu calor, e se o sistema recebeu calor, forneceu trabalho (SOBRINHO, 2006).

Em se tratando de máquinas térmicas, dispositivo que opera em ciclos, Gregio (2016, p. 27) explica que

Ela possui uma substância de trabalho, ou fluido operante, que recebe calor Q_1 da fonte quente, na temperatura T_1 , realizando trabalho útil W . Essa substância de trabalho, nas máquinas a vapor, é água, nos motores de automóvel, é a mistura de combustível e ar para permitir a combustão. Para essa máquina realizar trabalho de forma contínua, ela deve operar em um ciclo, que se repete continuamente.

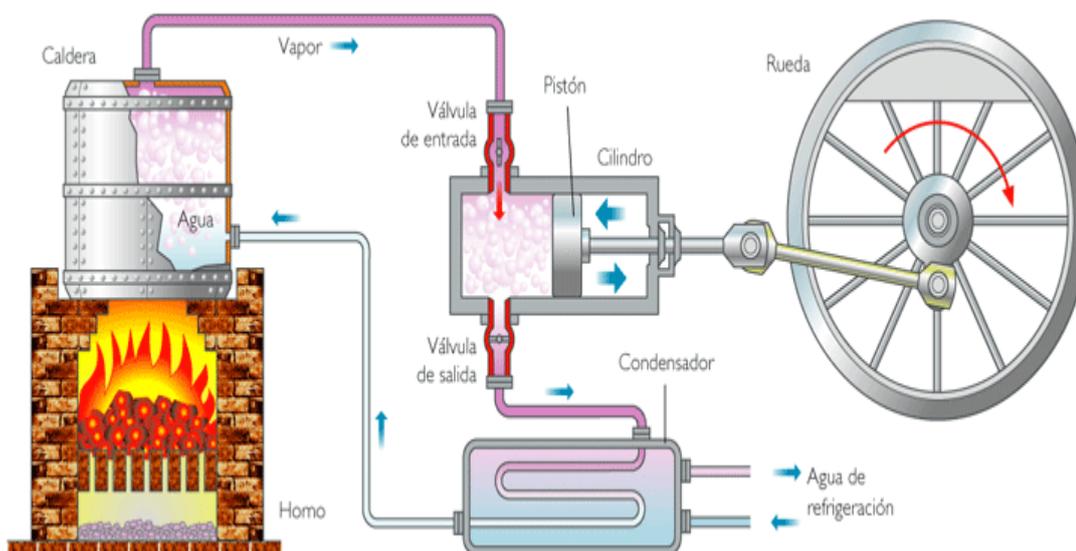
De acordo com Hewitt (2015, p. 110), “trabalho é o esforço exercido sobre algo que fará sua energia variar”. Desta forma, “num sistema termodinâmico, o trabalho mecânico envolve variação de volume e a variação de temperatura implica numa variação da energia interna”, destaca Gregio (2016, p. 24).

Segundo o mesmo autor,

O aumento da temperatura causa um aumento da pressão interna, causando variação do volume do gás (ΔV), fazendo com que o êmbolo se desloque. Esse deslocamento empurra o êmbolo até igualar a pressão externa. Força e deslocamento estão diretamente relacionados à realização de trabalho mecânico (GREGIO, 2016, p. 23).

Esta afirmação de Gregio pode ser explicada pela figura a seguir.

Figura 3 - Funcionamento do pistão (êmbolo).



Fonte: <https://www.proenem.com.br/enem/fisica/1a-e-2a-lei-da-termodinamica/>.

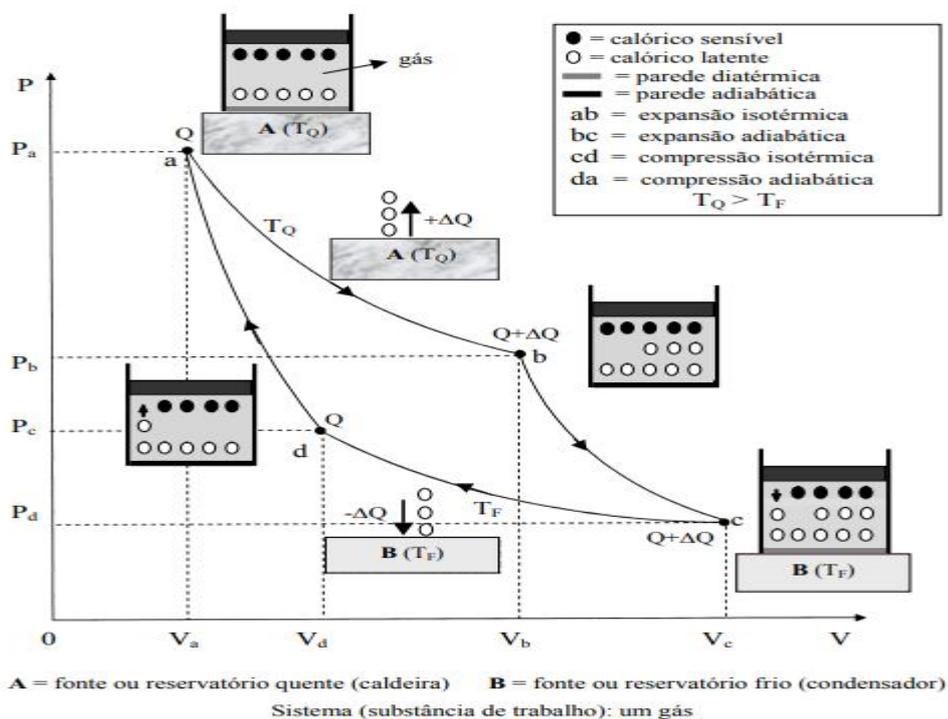
Pode-se observar que é na caldeira que o vapor d'água absorverá o calor que irá impulsionar o pistão, fazendo a roda girar. A energia que o pistão não utiliza irá para o condensador, fazendo com que a água retorne à caldeira, reiniciando todo o processo. Então, percebe-se que o trabalho realizado é a diferença entre o calor da fonte quente e o calor que vai para a fonte fria.

Carnot explica essa diferença quando propõe uma máquina térmica teórica que se comporta como uma máquina de rendimento total, estabelecendo um ciclo de rendimento máximo, que mais tarde passou a ser chamado Ciclo de Carnot (SILVA, 2019). Segundo a proposição de Carnot, as quatro etapas do ciclo de Carnot para uma máquina térmica são as seguintes:

- I. Expansão isotérmica de um gás, na qual o calor absorvido é convertido em trabalho;
- II. Expansão adiabática, cuja energia para realização de trabalho provém da energia interna do gás;
- III. Compressão isotérmica;
- IV. Compressão adiabática, fazendo o gás voltar ao estado termodinâmico inicial (SILVA, 2019, p. 76).

As quatro fases aqui relacionadas podem ser observadas na figura em sequência.

Figura 4 – Ciclo de Carnot



Fonte: PÁDUA; PÁDUA; MARTINS. 2009.

Então, numa máquina de Carnot, a quantidade de calor que é fornecida pela fonte de aquecimento e a quantidade cedida à fonte de resfriamento são proporcionais às suas temperaturas absolutas, assim:

$$\frac{|Q_2|}{|Q_1|} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2)$$

Desta forma, o rendimento de uma máquina de Carnot é:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} \quad (3)$$

Substituindo a equação (2) na equação (3), temos,

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (4)$$

Sendo:

η : rendimento da máquina térmica de Carnot;

T_2 : temperatura absoluta da fonte de resfriamento;

T_1 : temperatura absoluta da fonte de aquecimento.

Entende-se, então, que o rendimento de Carnot é o limite superior para o desempenho de uma máquina térmica.

2.2 Aprendizagem significativa e mapas conceituais: uma relação pertinente

Mapas conceituais podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que refletem a organização conceitual de uma disciplina ou parte dela e devem ser entendidos como diagramas bidirecionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos (NOVAK, CANÃS, 2010).

De acordo com Novak e Cañas (2010, p. 10) “Mapas conceituais são ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento. Eles incluem conceitos, geralmente dentro de círculos ou quadros de alguma espécie, e relações entre conceitos, que são indicadas por linhas que os interligam”.

O intuito no trabalho com mapas conceituais é juntar os conhecimentos já intrínsecos dos alunos com novos conteúdos que estão sendo buscados, integrando-os de forma a reter novo aprendizado, afirmam os autores.

Os mapas conceituais podem ser caracterizados como um recurso promotor da auto aprendizagem; um método para encontrar e explicitar significados; ou uma estratégia que visa o estímulo de organização de materiais de estudo, agindo como um instrumento educacional, subsidiando educandos e educadores no processo de ensino/aprendizagem e na busca pela aprendizagem significativa, como apontam os estudos de Alheit e Dausien (2006); Moreira (2010, 2011); Moreira e Masini (1982) e Pivatto (2013).

O trabalho com mapas conceituais fundamenta-se na Teoria Construtivista de Piaget que afirma que, "para que um novo instrumento lógico se construa, é preciso sempre instrumentos lógicos preliminares; quer dizer que a construção de uma nova noção suporá sempre substratos, subestruturas anteriores" (PIAGET, 1972, p. 215), os chamados conhecimentos prévios e, nesta pesquisa, os

conceitos a eles relacionados serão apresentados de modo a facilitar sua aprendizagem, pois a apresentação dos mesmos foi feita de forma sistematizada.

2.2.1 Aprendizagem Significativa

A aprendizagem é o processo pelo qual o indivíduo adquire, assimila e transforma conhecimentos, habilidades, competências, comportamentos e valores (MOREIRA, 2010). Esse processo vai ocorrer a partir do estudo ou da experiência própria ou transmitida por alguém, como acontece nas instituições de ensino ou fora delas, nos locais de trabalho, em organismos e associações, no seio de atividades sociais, na busca por interesses esportivos ou artísticos, não sendo empreendidos intencionalmente e acompanhando incidentalmente a vida cotidiana, como afirmam Alheit e Dausien (2006).

Em se falando de aprendizagem significativa, esta se caracteriza pela interação entre o conhecimento prévio e o novo, num processo não-litera e não-arbitrário, em que o novo conhecimento adquire significado para o aprendiz e o prévio ganha sentido e riqueza, fica mais elaborado e mais estável, em se tratando de significado (MOREIRA, 2010).

De acordo com Moreira (2012, p. 1):

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-litera, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Para Moreira (2011), a aprendizagem significativa pode ser entendida como um mecanismo humano capaz de adquirir e armazenar informações e ideias representadas por qualquer campo de conhecimento. No entanto, para que a aprendizagem de um novo conteúdo se torne realmente significativa, este precisa necessariamente ser relacionado ao que o aluno apresenta de conhecimento prévio.

A aprendizagem significativa é um conceito central da teoria proposta por David Ausubel, em meados da década de 60 (...) Ela formula uma possível explicação de como as novas informações ou os novos conhecimentos se relacionam com um aspecto relevante, pré-existente na estrutura de conhecimentos de cada indivíduo, subordinando o método de ensino à capacidade dos indivíduos em assimilar e armazenar as informações. Sob esta perspectiva ausubeliana, a aprendizagem somente é significativa quando o aluno consegue relacionar significativamente a nova informação a

ser aprendida com os conhecimentos prévios existentes na sua rede cognitiva (CORREIA *et. al.* 2011, p. 4402-3)

A aprendizagem significativa é aquela que mantém uma integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação, e está subordinada à construção do conhecimento humano ao fazer a integração entre pensamentos, ações e sentimentos. Sendo assim, a aprendizagem significativa é uma ação de mudança de pensamento, tornando-se substantiva por ser um elo entre o conhecimento relevante e a estrutura cognitiva existente do sujeito que aprende (MOREIRA, 2016).

Por esta razão, afirma-se que os conteúdos devem ser programados de modo que os conceitos gerais e inclusivos sejam apresentados primeiro e depois distinguidos por meio de conceitos específicos, fazendo com que os alunos adquiram conhecimentos cada vez mais significativos (MOREIRA, 2006).

De acordo com Moreira e Masini (1982), o uso de organizadores prévios constitui-se numa estratégia para manipular a estrutura cognitiva com o objetivo de oferecer a facilitação da aprendizagem significativa. Esses organizadores prévios são os materiais introdutórios que devem ser apresentados antes do material central e devem funcionar como pontes cognitivas. Essa estratégia é o que Moreira (2012) chama de ancoragem.

Há que se observar que a ancoragem nos conhecimentos prévios deverá permitir a associação entre as informações adquiridas e as existentes, e também conferir sentido ao se relacionarem com elementos semelhantes e conhecidos, facilitando a incorporação ao conhecimento prévio do aluno. De acordo com Moreira (2012, p. 1):

Em termos simples, subsunção é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles.

Entende-se o subsunção como uma estrutura na qual, informações novas são agregadas ao cérebro, órgão organizador de novos conceitos e armazenador de experiências prévias de todo sujeito, pois, como diz Pivatto (2013).

Para Pivatto (2013), o processo de aprender deve ser entendido como o processo de compreender os significados relacionados às experiências anteriores e àquilo que o estudante vive como forma de incentivar a aprendizagem, modificar o

comportamento e contribuir para que o sujeito que aprende utilize o que foi aprendido em diferentes novas situações.

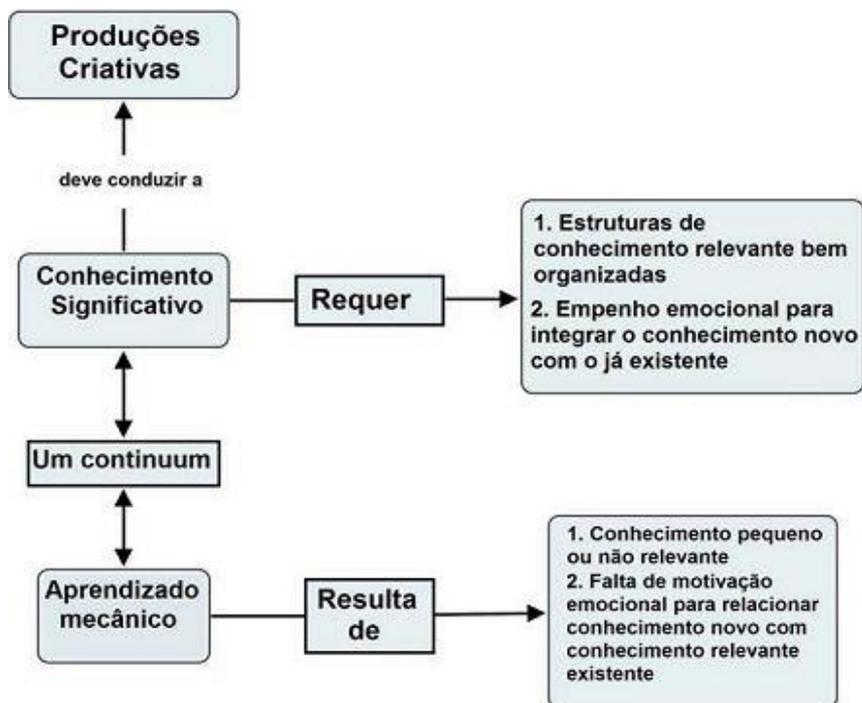
2.2.2 Mapas Conceituais

O mapa conceitual é uma representação concisa da estrutura conceitual que será ensinada e tem como objetivo principal a facilitação da aprendizagem dessa estrutura. Observa-se, no entanto, que os mapas conceituais não são autoinstrutivos, devendo ser explicados pelo professor, que deve dar preferência de seu uso quando os alunos possuem certa familiaridade com o assunto. Deve assim ser para se tornarem significativos e permitirem a integração, a reconciliação e a diferenciação progressiva de significados (MOREIRA, 2010).

De acordo com Moreira (2010), entende-se por diferenciação progressiva o processo em que as ideias mais gerais e inclusivas apresentadas e captadas no início do processo de ensino e aprendizagem são progressivamente diferenciadas em termos de detalhes e especificidades. Já a reconciliação integrativa é a exploração de relações entre conceitos, ideias, proposições, apontando similaridades e diferenças importantes e reconciliando inconsistências reais ou aparentes.

Para Novak e Gowin (1996), a construção de mapas conceituais traz como proposta a apresentação da temática de modo progressivo, diferenciado e integrado, já que pela diferenciação progressiva, os conceitos são desdobrados em outros conceitos, como demonstra a figura a seguir.

Figura 5 - Exemplo de mapa conceitual na aprendizagem significativa.



Fonte: Novak e Cañas (2010).

Assim, os mapas conceituais devem ser compreendidos como a construção de diagramas bidimensionais cuja função primordial é deixar claras as relações hierárquicas entre os conceitos de um corpo de conhecimento e a derivação dos mesmos, assentada em sua existência como estrutura conceitual desse mesmo corpo (MOREIRA, 2006).

O autor afirma que os mapas conceituais, de maneira geral, podem ser usados como ferramentas, instrumentos de ensino no processo ensino/aprendizagem. Trata-se de instrumentos didáticos para mostrar a hierarquia existente entre os conteúdos que estão sendo ensinados em sala de aula ou até mesmo dos conteúdos que serão trabalhados em uma unidade de estudo ou em todo o ano letivo. Isto se dá porque os mapas conceituais explicam ou deixam claras as relações de subordinação e superordenação entre os conteúdos que facilitarão a aprendizagem ou não (MOREIRA, 2006).

A aprendizagem significativa superordenada é uma “forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios”. A aprendizagem significativa subordinada é a maneira mais típica de aprender significativamente,

pois, “o novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante” (MOREIRA, 2010, p. 3).

De acordo com Moreira (1980), a utilização de um mapa conceitual como método avaliativo constitui-se numa técnica não tradicional e qualitativa, com o objetivo de observar como o aluno estrutura, organiza, hierarquiza, integra e relaciona conceitos de certa unidade de estudo. O trabalho com os mapas conceituais busca obter evidências de aprendizagem significativa.

Moreira (2006) destaca que a utilização dos mapas conceituais não dispensa a explicação do professor e que é ele quem deve guiar o aluno através do mapa conceitual quando decide utilizá-lo como recurso didático. Apesar de o mapa conceitual ter a função de oferecer uma noção prévia do que vai ser estudado, torna-se necessário também que o aluno tenha uma noção sobre o assunto. “Os conceitos e as linhas que ligam conceitos em um mapa conceitual não terão significado para os alunos a menos que sejam explicados pelo professor e que os estudantes tenham pelo menos alguma familiaridade com a matéria de ensino” (MOREIRA, 2006, p. 16). Por esta razão, quando o professor opta por uma determinada temática dentro de um trabalho com mapas conceituais, devem estar ciente da necessidade de se fazer escolhas por temáticas familiares para o aluno.

De acordo com Moreira (2010, p. 3),

É possível traçar-se um mapa conceitual para uma única aula, para uma unidade de estudo, para um curso ou, até mesmo, para um programa educacional completo. A diferença está no grau de generalidade e inclusividade dos conceitos colocados no mapa. Um mapa envolvendo apenas conceitos gerais, inclusivos e organizacionais pode ser usado como referencial para o planejamento de um curso inteiro, enquanto que um mapa incluindo somente conceitos específicos, pouco inclusivos, pode auxiliar na seleção de determinados materiais instrucionais. Isso quer dizer que mapas conceituais podem ser importantes mecanismos para focalizar a atenção do planejador de currículo na distinção entre o conteúdo curricular e o conteúdo instrumental, ou seja, entre o conteúdo que se espera que seja aprendido e aquele que serve de veículo para a aprendizagem.

Diante disto, compreende-se que o processo de revisão dos conhecimentos durante o trabalho com mapas conceituais traz o rompimento com o estigma da existência de uma única resposta certa para a resolução de determinadas questões. O mapeamento conceitual se transforma num recurso facilitador da aprendizagem que amplia as possibilidades de avaliação desse processo por ser dinâmico e, muitas vezes, mais rico e complexo.

Deve-se deixar claro também que, quando aplicado no contexto educacional, o mapeamento conceitual exige certa familiaridade para garantir a expressão das estruturas cognitivas dos indivíduos, pois, quando não compreendido corretamente, torna-se uma estrutura complexa e confusa, afirmam Moreira e Masini (2006).

2.2.3 Experimentação

Para falar em aprendizagem significativa, necessário também se faz falar em experimentação, uma vez que, como afirma Gomes (2017, p. 41), “infelizmente, o ensino de Física nas escolas ainda está pautado em resolução de equações, buscando aplicação de conceitos e leis, muito longe do cotidiano dos estudantes e esvaziado de significados”.

Este tipo de ensino é o que Moreira (2010) chama de aprendizagem mecânica, despida de significado, pautada na memorização e que tem como objetivo instrumentalizar os alunos para dar as respostas desejadas às perguntas formuladas nas provas, para logo depois serem apagadas e esquecidas.

Como a experimentação exige uma postura contrária devido ao seu caráter investigativo e pedagógico, que visa auxiliar o aluno na compreensão dos fenômenos, essa aprendizagem mecânica não é bem vista quando se trata de buscar a aprendizagem significativa. “Em um linguajar cotidiano, é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos discentes e ainda incentivada nas escolas, que no caso da física, foca-se na resolução de exercícios, ressaltando a matematização da mesma”, afirma Gomes (2017, p. 42).

A experimentação é uma forma de aliar a teoria à realidade, de fazer a ligação entre as situações reais do conhecimento prévio do aluno com uma nova produção, pois, como afirma Moreira (2010, p. 5),

À medida que o conhecimento prévio serve de base para a atribuição de significados à nova informação, ele também se modifica, ou seja, os subsunçores vão adquirindo novos significados, se tornando mais diferenciados, mais estáveis. Novos subsunçores vão se formando; subsunçores vão interagindo entre si. A estrutura cognitiva está constantemente se reestruturando durante a aprendizagem significativa. O processo é dinâmico; o conhecimento vai sendo construído.

Alves Filho (2000) afirma ser a experimentação um fazer elaborado e construído que traz a possibilidade de estabelecimento de verdades científicas através de processos internos próprios, constituindo-se num coadjuvante e num

elemento essencial a ser utilizado no processo de ensino dentro da disciplina de Física. Isto porque sua utilização propicia aos alunos a reflexão e a revisão de suas ideias a respeito dos conteúdos abordados, permitindo que estes atinjam outro nível de aprendizagem que permita a reestruturação de modelos explicativos dos fenômenos.

A aprendizagem significativa processa-se quando o material novo, idéias e informações que apresentam uma estrutura lógica, interage com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para a sua diferenciação, elaboração e estabilidade (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 4).

Desta forma, cabe ao professor analisar a prática metodológica adotada, tendo conhecimento e clareza sobre o papel das atividades experimentais, observando se é só a experimentação, se é o fenômeno que a envolve ou o conhecimento formal que se estrutura num processo de aprendizagem significativa.

Concluído este capítulo, que tratou da fundamentação teórica deste estudo, passa-se ao próximo capítulo, que tratará especificamente do encaminhamento metodológico deste trabalho e da descrição do produto educacional.

3 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Como este trabalho caracteriza-se como um produto educacional, este está pautado na pesquisa qualitativa, que objetiva a obtenção de respostas de questões de nível particular, que não podem ou não devem ser quantificados (MINAYO, 2009).

Como a pesquisa qualitativa se relaciona aos significados, motivações, intenções, crenças, valores e atitudes dos sujeitos, têm caráter subjetivo e, para a compreensão dos fenômenos estudados, utiliza dados em forma de texto, palavras, imagens, vídeos ou áudios, diferenciando-se assim, em muito, da pesquisa quantitativa, principalmente na forma da coleta de dados.

De acordo com Minayo (2009, p. 22):

A diferença entre qualitativo-quantitativo é de natureza. Enquanto cientistas sociais que trabalham com estatística apreendem dos fenômenos apenas a região “visível, ecológica, morfológica e concreta”, a abordagem qualitativa aprofunda-se no mundo dos significados das ações e relações humanas, um lado não perceptível e não captável em equações, médias e estatísticas.

Utilizando dados menos estruturados, mas capazes de proporcionar um relacionamento mais duradouro e flexível entre investigador e participantes, a pesquisa qualitativa consegue a obtenção de dados mais subjetivos, aprofundados e mais ricos em detalhes do tema estudado (RICHARDSON, 1999).

Nesse sentido, o presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa e descritiva uma vez que seu foco está no relato de experiência a partir da proposta aqui desenvolvida e construída a partir da aplicação de atividades e construção de mapas conceituais. Fez-se uso dos pressupostos da pesquisa qualitativa, descritiva e interpretativa para a análise dos dados, com embasamento de autores como Minayo (2009) e Dias (2000).

A proposta aqui descrita foi desenvolvida na forma de sequência de ensino, em que serão explorados conteúdos da Física Térmica – Termodinâmica, que procura desenvolver habilidades e competências tais como (1) identificar a contribuição do calor nos processos envolvidos no funcionamento de máquinas térmicas, possibilitando a realização de trabalho a partir de diferenças de temperatura; (2) compreender que o desenvolvimento das máquinas térmicas foi um dos fatores responsáveis pelo acontecimento da Revolução Industrial, que acabou por mudar o modo de produção da época, influenciando toda a sociedade moderna;

(3) entender a energia de um corpo como a sua capacidade para realizar trabalho e que essa energia pode se apresentar de diversas formas; (4) compreender o funcionamento de máquinas, aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum que visem melhorar a qualidade de vida e (5) perceber a energia como algo que se conserva que pode ser armazenada em sistemas, que pode ser transferida de um corpo a outro e transformada de uma forma em outra.

As atividades foram desenvolvidas durante o ano letivo de 2021, no município de Tapejara – PR, em uma turma do 2º ano do Ensino Médio do período matutino do Colégio Estadual Santana de Tapejara – Ensino Médio e Normal. A proposta foi implementada em sete encontros, totalizando 14 aulas, sempre no contraturno escolar da turma escolhida, com participação não obrigatória e trabalho realizado sempre em equipe (duplas). Como a realização do mesmo se deu em período de contraturno, apenas 10 alunos participaram do projeto.

Também foi proposta a realização de um experimento que consistia basicamente na construção do barquinho Pop Pop, um mini barco a vapor movido através de uma simples vela que aquece um tubo de alumínio e que, depois de aquecido, faz com que haja uma constante entrada e saída de vapor de água, movimentando o barquinho.

Para a realização do experimento foram necessários os seguintes materiais: lata de alumínio, isopor fino (como o de bandeja de frios), canudo dobrável (de ponta maleável), vela de aniversário, cola Araldite (cola epóxi multiuso, super resistente para pequenos reparos), pistola de cola quente, estilete, tesoura, caneta permanente, fita crepe, isqueiro, pedaço de tábua ou régua de madeira.

3.1 Descrição do Produto Educacional

O experimento realizado neste produto educacional foi a construção do “barquinho Pop Pop”, caracterizando uma máquina térmica que transforma o calor das chamas da vela em movimento; transforma energia térmica em energia mecânica. O funcionamento é muito simples: o barquinho se movimenta porque há gotas de água dentro do compartimento de alumínio; quando estas gotas esquentam, se transformam em vapor e “expulsam” a água que está nos canudinhos, criando uma espécie de jato de água. Esse vapor, ao sair, entra em

contato com a água gelada, que faz com que ele seja resfriado e se transforme em líquido novamente, num ciclo contínuo. Assim, com a diminuição da temperatura, há diminuição da pressão dentro do compartimento de alumínio, fazendo com que a água volte para lá.

Roteiro da construção do barquinho Pop Pop em cinco passos

Primeiro Passo – separe os materiais necessários: uma lata de alumínio em perfeito estado; isopor; canudos que entortam a ponta; velas pequenas (como as de aniversário); cola quente; cola Araldite; tesoura; canetas; fita crepe; isqueiro; palitos de dente; modelo em papel cartão.

Segundo Passo – faça o ajuste da lata de alumínio: primeiro, corte a parte superior da latinha de alumínio com o auxílio do estilete e da tesoura. Em seguida, corte em linha reta até a base da latinha e repita o processo até se obter uma placa de alumínio, abrindo a latinha na lateral. Depois, dobre o alumínio e prenda as pontas com fita, seguindo o modelo disponibilizado. Cole o molde sobre o alumínio, fixando-o com fita crepe embaixo. Feito os devidos cortes, dobre o alumínio da parte indicada no molde.

Terceiro Passo – fixe os canudos: use a parte que sobrou do ajuste no tamanho da latinha para colocar os canudos dentro. Cole todas as partes que estiverem abertas entre as pontas do alumínio para que apenas o canudo esteja para fora. Corte os canudos até ficarem com 4,0 cm. Recorte o molde e prenda aos canudos, fazendo com que se encaixem, conforme mostra a figura a seguir.

Figura 6 – Terceiro passo para a construção do barquinho Pop Pop.



Fonte: <https://www.instructables.com/Como-construir-um-barquinho-pop-pop/>, 2023.

Quarto Passo – monte o barquinho: recorte o molde e coloque-o em cima do

isopor. Iguale os dois com a tesoura. Pegue os canudos com o alumínio, já secos, e insira no furo feito no barquinho, certificando-se de que os canudos fiquem fixos no isopor.

Quinto Passo – finalize o barquinho: corte a vela de aniversário de um tamanho que fique próximo ao alumínio quando preso na base e fixe a vela com a cola quente. Quando estiver tudo seco, basta colocar o barquinho na água e acender a vela.

Por ser um experimento muito simples, pode ser reproduzido em qualquer escola da rede básica que tenha ou não um bom orçamento e pode ser trabalhado por todos os professores de Física, por se tratar de um experimento de custo muito baixo.

A aplicação do produto foi desenvolvida em duplas e a estrutura de cada um dos sete encontros está descrita no quadro a seguir.

Quadro 1 – Estrutura dos encontros para aplicação do produto.

Encontros	Número de aulas	Conteúdo
1º encontro	2 aulas	Apresentação do tema e levantamento dos conhecimentos prévios trazidos pelos alunos.
2º encontro	2 aulas	Construção de um mapa conceitual com os conhecimentos trazidos pelos alunos e posterior aprofundamento sobre o tema.
3º encontro	2 aulas	Apresentação do experimento (barquinho Pop Pop) aos alunos e materiais que serão utilizados (construção em dupla).
4º encontro	3 aulas	Construção do experimento (barquinho Pop Pop) com os estudantes.
5º encontro	2 aulas	Competição com os barquinhos construídos pelos estudantes (corrida de barquinhos).
6º encontro	1 aula	Construção de um novo mapa conceitual, de forma coletiva, após todo o trabalho realizado.
7º encontro	2 aulas	Avaliação da atividade e comparação dos mapas conceituais.

Fonte: Autoria própria (2022).

Para avaliação das atividades realizadas nos encontros foi aplicado o questionário a seguir.

FICHA DE AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL “CORRIDA DE BARQUINHOS A VAPOR NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA: UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTAÇÃO”						
<p>Caro/cara estudante, solicitamos que responda com sinceridade às questões a seguir; é muito importante para nossa pesquisa que você leia atentamente e reflita sobre cada ponto questionado. Não se preocupe, esse formulário não será utilizado para sua avaliação trimestral e por isso não é necessário que você se identifique.</p>						
	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	Péssimo	Ruim	Bom	Ótimo	Excelente
1	Os materiais didáticos utilizados tornaram as aulas mais interessantes?					
2	Os materiais didáticos utilizados despertaram sua curiosidade pelo conteúdo abordado?					
3	Os textos utilizados estavam claros, servindo de apoio ao aprendizado?					
4	Os experimentos demonstrados nas aulas chamaram sua atenção?					
5	Você conseguiu compreender o funcionamento dos experimentos utilizados?					
6	A utilização da história do surgimento das máquinas a vapor – primeiras máquinas térmicas ajudou a compreender melhor o conteúdo?					
7	Saber como determinado conceito da Física foi desenvolvido dentro do contexto histórico é importante para sua formação?					
8	Os materiais didáticos utilizados atraíram sua atenção para as explicações sobre Termodinâmica?					
9	A proposta didática utilizada possibilitou sua compreensão sobre a Termodinâmica?					

10	Você acha que o mapa conceitual é um bom instrumento para ajudar no processo de ensino/aprendizagem?					
AUTO AVALIAÇÃO						
1	Fiz as atividades propostas dentro dos prazos?					
2	Realizei pesquisas e leituras além do que foi solicitado em sala de aula?					
3	Fiz anotações das aulas?					
4	Questionei sempre que tive dúvidas?					
Espaço reservado para sugestões, críticas e/ou elogios: ...						

Findado este capítulo sobre o encaminhamento metodológico, passa-se ao capítulo em que serão realizadas as análises e discussões acerca dos resultados colhidos, da experiência e da análise da ficha de avaliação do produto educacional, dos mapas conceituais e do experimento em si.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO

4.1 Relato de experiência

Como professor graduado em Física, Química e Farmácia, mesmo sendo concursado em Química desde 2012, ministrando aulas de Física desde 2008 e cursando o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), fiz a opção por desenvolver este produto educacional pensando no conteúdo de Termodinâmica em Física para segundos anos.

Este produto educacional foi pensado para estudantes do Ensino Médio de uma escola situada na cidade de Tapejara – PR, em uma turma do 2º ano do Ensino Médio do período matutino do Colégio Estadual Santana de Tapejara – Ensino Médio e Normal, para ser desenvolvido no ano de 2021.

Em virtude da pandemia do COVID – 19, as aulas presenciais foram realizadas em período de contraturno escolar da turma escolhida, implementada em sete encontros, totalizando 14 aulas, com participação não obrigatória e trabalho realizado sempre em equipe (duplas).

Os encontros tinham duração de 1 (uma) a 3 (três) horas aulas, conforme cronograma definido, no período de 07 de outubro a 25 de novembro de 2021. Durante esses encontros foram realizadas as atividades, que resumidamente são: apresentação do tema e levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos; construção de um mapa conceitual inicial; aprofundamento sobre o tema; apresentação do experimento (barquinho Pop Pop); construção do experimento; realização de competição com os barquinhos construídos; construção do mapa conceitual final; avaliação da atividade e comparação dos mapas conceituais.

Durante a atividade de apresentação do tema e do levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, foram realizadas atividades de leitura de textos que traziam informações sobre a Revolução Industrial e a influência da máquina a vapor. Esse estudo de textos visava fazer com que os alunos percebessem que o desenvolvimento das máquinas térmicas foi um dos fatores responsáveis pelo acontecimento da Revolução Industrial, e que também facilitou toda uma mudança no modo de produção da época, influenciando toda a sociedade moderna.

Nesse momento também foi possível discutir as questões relacionadas à compreensão de que o funcionamento de máquinas, aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum visam melhorar a qualidade de vida. Nessa atividade os alunos fizeram comparações entre a vida moderna, com o uso de máquinas e aparelhos ou sistemas tecnológicos atuais, e a vida num período anterior à existência dos mesmos, discutindo principalmente a questão da locomoção, da fabricação de outras máquinas e até mesmo dos combustíveis para o funcionamento das mesmas.

Figura 7 – Alunos participando do desenvolvimento do produto educacional: construção do barquinho Pop Pop.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Autoria própria (2022).

Os conteúdos propostos – máquinas a vapor, energia, leis da Termodinâmica, entropia, calor, volume, trabalho e temperatura – estão de acordo com o Ensino Médio e foram pautados nas habilidades e competências apresentadas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), conforme o quadro a seguir.

Quadro 2 - Competências e habilidades apresentadas na BNCC.

COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS	HABILIDADE
Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.	EM13CNT101: Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).	EM13CNT301: Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Fonte: Autoria própria (2022).

4.1.1 Caracterização dos sujeitos da pesquisa

Os alunos participantes da pesquisa estão regularmente matriculados no 2º ano do Ensino Médio no Colégio Estadual Santana de Tapejara – Ensino Médio e Normal. Os mesmos frequentam as aulas no período da manhã, que têm início às 07h30, com término às 11h50. São alunos que, em sua maioria, possuem um padrão de vida razoável, favorecido pela renda salarial familiar e pelo poder de aquisição de alguns bens materiais necessários a manutenção da vida, e apenas um desses alunos é morador da zona rural.

Figura 8 – Alunos participantes da pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.2 Análise da ficha de avaliação do produto educacional

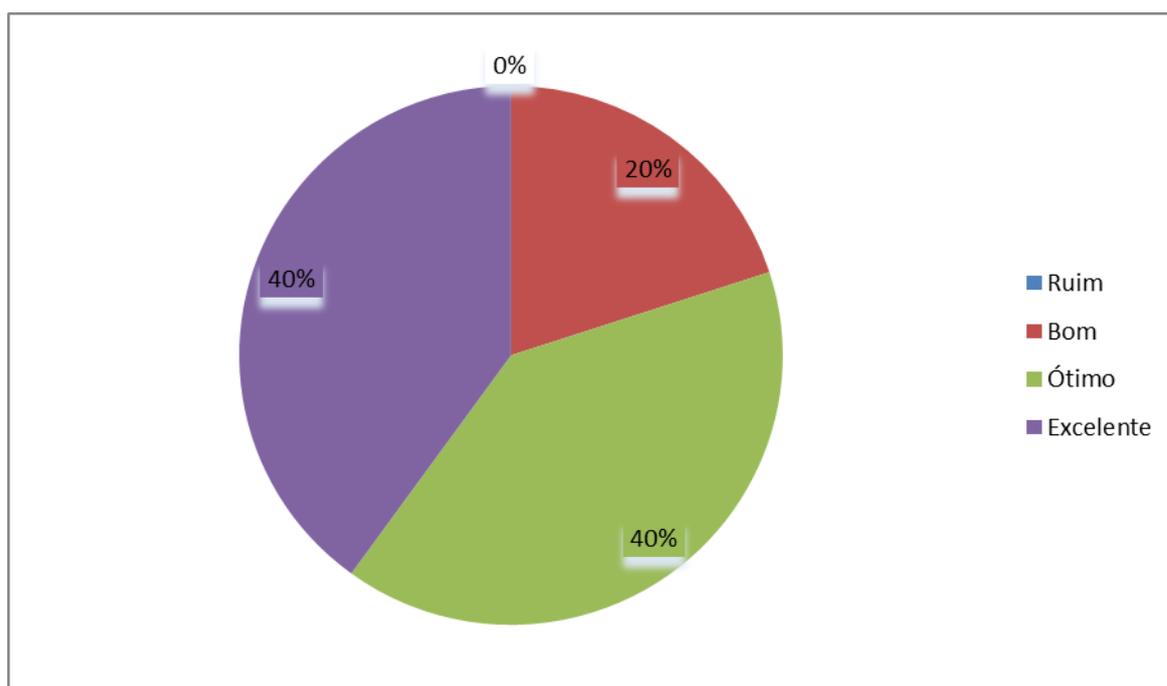
Ao final da realização das atividades propostas, os alunos participantes foram convidados a responder uma ficha de avaliação do produto educacional que foi chamada de Ficha de Avaliação do Produto Aplicada aos Alunos (Apêndice 1). Esta ficha tinha por objetivo avaliar os conteúdos trabalhados, os recursos utilizados e a contribuição do assunto para o processo de ensino e aprendizagem dos alunos.

Para preservar a identidade dos alunos, estes foram aqui nomeados como Aluno 1, Aluno 2 até Aluno 10, seguindo a ordem de respostas na ficha. Far-se-á agora a discussão e a análise das respostas dos alunos para cada questão apresentada na ficha.

A questão 1 e a questão 2 abordavam, respectivamente, a opinião dos alunos sobre os materiais didáticos utilizados e em ambas as respostas foram assinaladas como “excelente”, sendo que 100% dos alunos consideraram que os materiais didáticos utilizados tornaram as aulas mais interessantes e que despertaram sua curiosidade pelo conteúdo abordado.

Ao questionamento proposto na questão 3, “Os textos utilizados estavam claros, servindo de apoio ao aprendizado?”, as respostas foram tabuladas no Gráfico 1, abaixo.

Gráfico 1 - Respostas dos alunos sobre a questão 3.



Fonte: Autoria própria (2022).

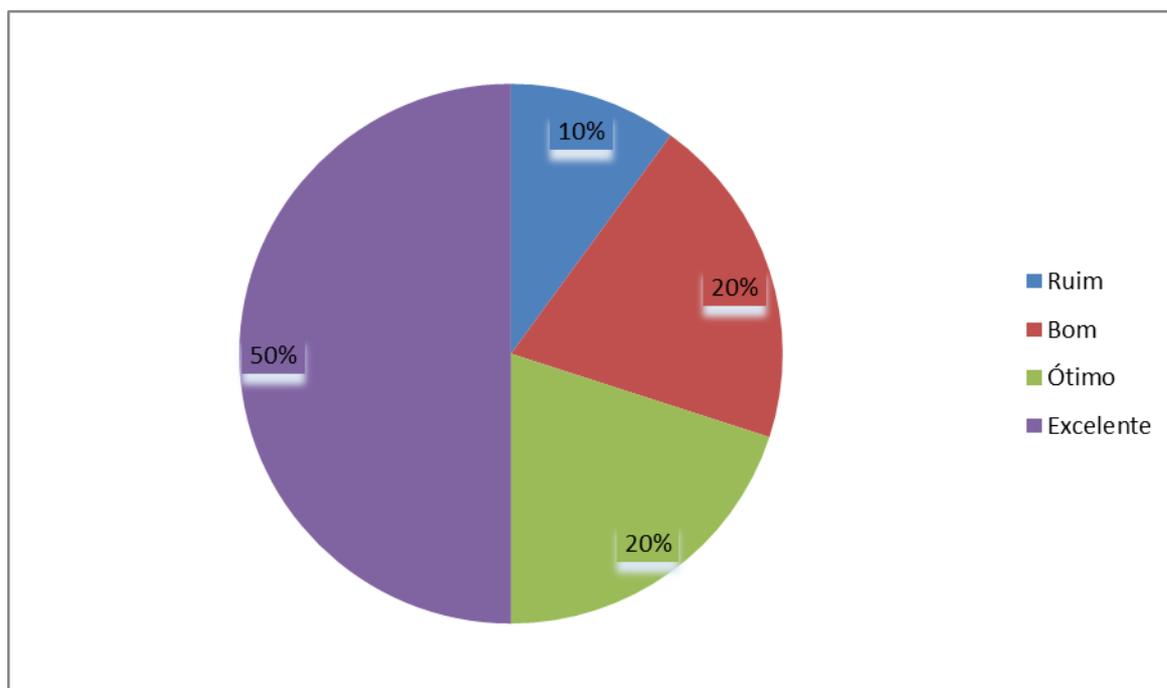
Nas questões 4 e 5, os alunos foram questionados, respectivamente, se os experimentos demonstrados nas aulas chamaram a atenção deles e se eles conseguiram compreender o seu funcionamento. Para a primeira pergunta, apenas dois alunos caracterizaram como “ruim”; para a outra questão, apenas um a classificou como tal. Além disso, um aluno considerou a compreensão do

funcionamento do experimento realizado como “bom”. O restante dos alunos assinalou “ótimo” para a atratividade e compreensão do experimento.

Para a questão 6, “A utilização da história do surgimento das máquinas a vapor – primeiras máquinas térmicas, ajudou a compreender melhor o conteúdo?”, e para a questão 7, “Saber como determinado conceito da Física foi desenvolvido dentro do contexto histórico é importante para a sua formação?”, a totalidade dos alunos assinalou a opção “ótimo”, o que demonstra a importância de apresentar a história científica, vinculando os conceitos trabalhados em sala de aula ao contexto histórico no qual surgiram, explorando as motivações, os sucessos, as derrotas, as tramas, as lutas travadas no desenrolar do processo.

Para a questão 8, “Os materiais didáticos utilizados atraíram sua atenção para as explicações sobre termodinâmica?”, as respostas foram tabuladas no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Respostas dos alunos sobre a questão 8.



Fonte: Autoria própria (2022).

Para a questão 9, “A proposta didática utilizada possibilitou sua compreensão sobre a termodinâmica?”, observou-se uma pequena contradição. O aluno que respondeu “ruim” para a questão 8, classificou a questão 9 como “bom”. O restante respondeu à questão 9 de acordo com as respostas dadas na questão 8.

Quando questionados se achavam que o mapa conceitual é um bom instrumento para ajudar no processo de ensino e aprendizagem (Questão 10), 100% dos alunos afirmaram ser um “excelente” instrumento de ajuda no processo de ensino e aprendizagem, isto por ter sido uma novidade a ser trabalhada com estes alunos, que em todo momento comentavam “nunca terem trabalhado com mapas conceituais”.

Em relação às questões de autoavaliação presentes na Ficha de Avaliação do Produto Aplicada aos Alunos, na questão 1, “Fiz as atividades propostas dentro dos prazos?”, todos os alunos responderam caracterizando como “excelente”, demonstrando o cumprimento das atividades dentro da carga horária para cada encontro da proposta.

Em relação à questão 2, “Realizei pesquisas e leituras além do que foi solicitado em sala de aula?”, apenas um aluno respondeu classificando como “excelente”. O restante dos alunos classificou esta questão como “ruim”. O mesmo aconteceu para a questão 3, “Fiz anotações das aulas?”, mas o número de alunos que a classificou como “excelente” subiu para três.

Em relação à questão 4, “Questionei sempre que tive dúvidas?”, 100% dos alunos responderam à questão classificando como “excelente”, o que também foi notado pelo pesquisador.

4.3 Análise dos mapas conceituais

A elaboração de mapas conceituais foi outra atividade que permitiu a análise de dados, sendo que estes foram construídos em dois momentos diferentes da proposta. O mapa conceitual inicial (MCI) foi elaborado no início dos encontros e o mapa conceitual final (MCF), no sétimo encontro, com o objetivo de compará-los de modo a buscar indícios de aprendizagem significativa. Deve-se destacar que os dez alunos participantes da proposta realizaram as construções dos mapas conceituais iniciais e finais e os dispuseram para a realização da análise.

Figura 9 – Estudo comparativo sobre os mapas conceituais.



Fonte: Autoria própria (2022).

Segundo a teoria da Aprendizagem Significativa, os subsunçores são de fundamental importância para a aquisição de novos conhecimentos e, assim sendo, determinar os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema estudado se torna imprescindível para a ressignificação dos saberes e para os avanços adquiridos durante o processo. Por esta razão, a utilização dos mapas conceituais como ferramenta de avaliação permite identificar os avanços e mudanças no que tange ao conhecimento adquirido pelos alunos e em suas estruturas cognitivas.

Novak e Gowin (1999) sugerem que os mapas conceituais sejam analisados a partir de itens como proposição (conteúdos), hierarquia, ligações, ligações cruzadas e exemplos. Sugerem também que a cada um destes itens possa ser atribuída pontuação de seus elementos fundamentais; essa pontuação permitirá a atribuição de notas e a verificação dos avanços ocorridos, como pode ser observado no Quadro 3.

Quadro 3 - Pontuação das categorias essenciais dos mapas conceituais.

Categorias	Pontos
Conceitos físicos (Proposições)	2
Hierarquia	5
Ligação simples	1
Ligação cruzada	2
Exemplos	1

Fonte: Novak e Gowin (1999) adaptado por Gomes, Batista e Fusinato (2019).

Para a análise dos dados coletados foi realizado um estudo comparativo que, segundo Fachin (2001), consiste em investigar coisas ou fatos e explicá-los segundo suas semelhanças e suas diferenças, permitindo a análise de dados concretos e a dedução de semelhanças e divergências de elementos constantes e propiciando investigações de caráter indireto, entre os mapas conceituais iniciais, que foram confeccionados no início da realização desta pesquisa e antes dos conteúdos ser ministrados, e os mapas conceituais finais, produzidos após a aplicação dos conteúdos. Esse estudo comparativo teve como ponto de referência as propostas de Novak e Gowin (1999) para análise das categorias acima citadas e teve como objetivo averiguar se houve a construção significativa de conhecimento e se este foi assimilado à estrutura cognitiva dos alunos participantes.

Durante o processo de realização da pesquisa foram construídos 20 mapas conceituais, sendo dez MCI e dez MCF, como consequência da participação dos alunos em todas as etapas da sequência de ensino.

De acordo com Novak e Gowin (1999, p. 51):

(...) os mapas conceituais são instrumentos poderosos para observar as alterações de significados que o estudante dá aos conceitos que estão incluídos no seu mapa. Quando os mapas conceituais são conscientemente elaborados, revelam extraordinariamente bem a organização cognitiva dos estudantes.

Com base nessas considerações, o Quadro 4 mostra a organização das categorias propostas para a análise dos mapas conceituais conforme os autores acima citados, juntamente com os resultados na aplicação do MCI e do MCF.

Quadro 4 – Resultados numéricos das categorias entre os MCI e MCF.

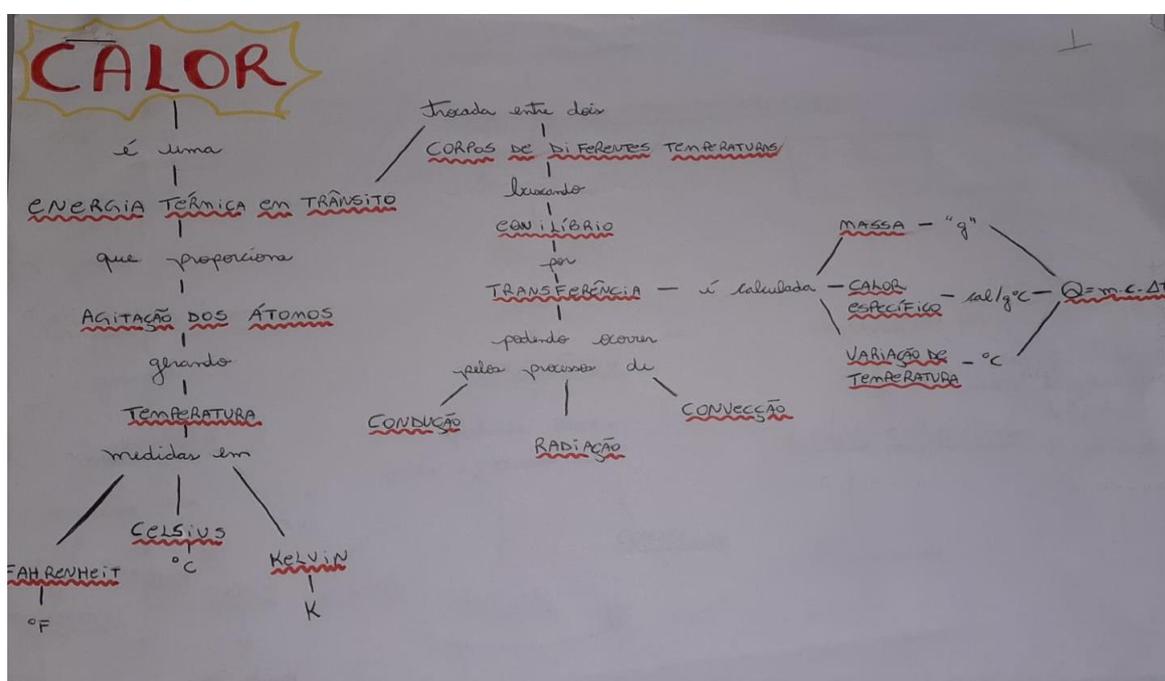
Alunos	Nível hierárquico		Número de conceitos físicos		Número de ligações simples		Números de ligações cruzadas		Número de exemplos		*PI	**PF
	MCI	MCF	MCI	MCF	MCI	MCF	MCI	MCF	MCI	MCF		
Aluno 1	13	19	9	13	22	30	2	4	4	4	113	114
Aluno 2	12	17	7	14	20	30	0	3	1	4	95	153
Aluno 3	9	21	8	7	19	24	0	3	1	2	81	151
Aluno 4	6	10	1	4	11	21	0	3	1	2	44	87
Aluno 5	6	13	4	10	9	20	0	3	0	4	47	115
Aluno 6	7	10	2	4	14	17	0	2	4	4	57	73
Aluno 7	15	13	16	14	23	20	3	2	1	0	137	119
Aluno 8	3	9	1	5	10	16	0	1	3	5	30	78

Aluno 9	5	8	1	5	7	15	0	3	0	4	34	58
Aluno 10	4	6	2	3	7	10	0	1	0	1	34	49
*PI – Pontuação Inicial						**PF – Pontuação Final						

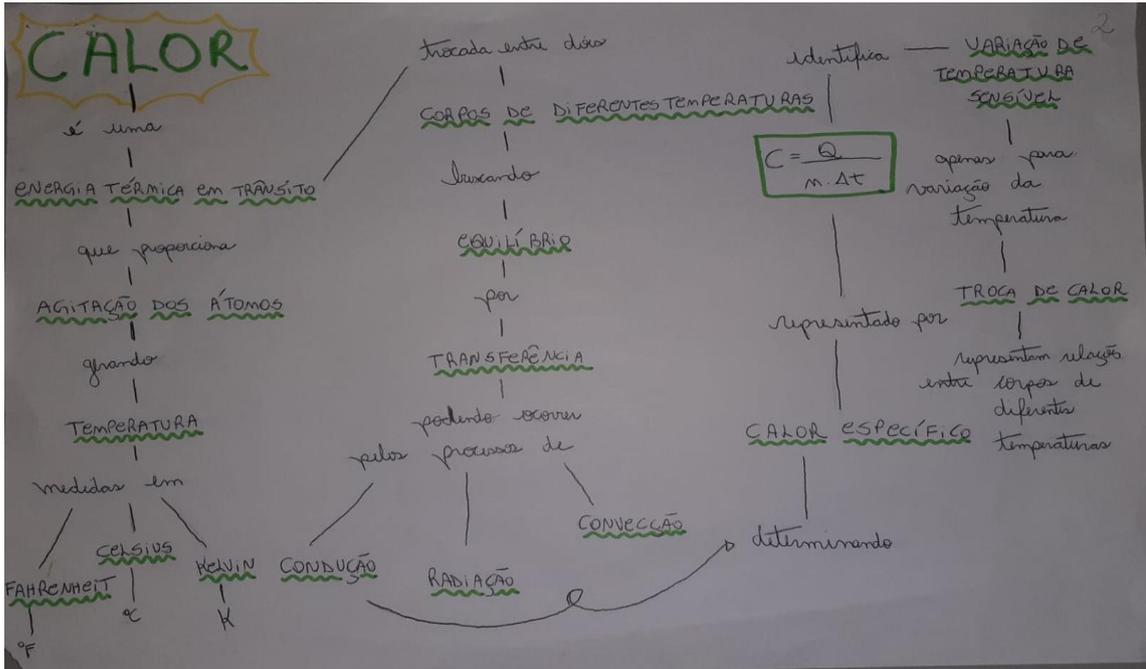
Fonte: Autoria própria (2022).

As figuras 10, 11 e 12 representam mapas conceituais analisados que foram escolhidos para representar a análise realizada, sendo que os demais farão parte das análises e discussões por meio de seus dados.

Figura 10 - (a) MCI e (b) MCF, respectivamente, elaborados pelo Aluno 1.



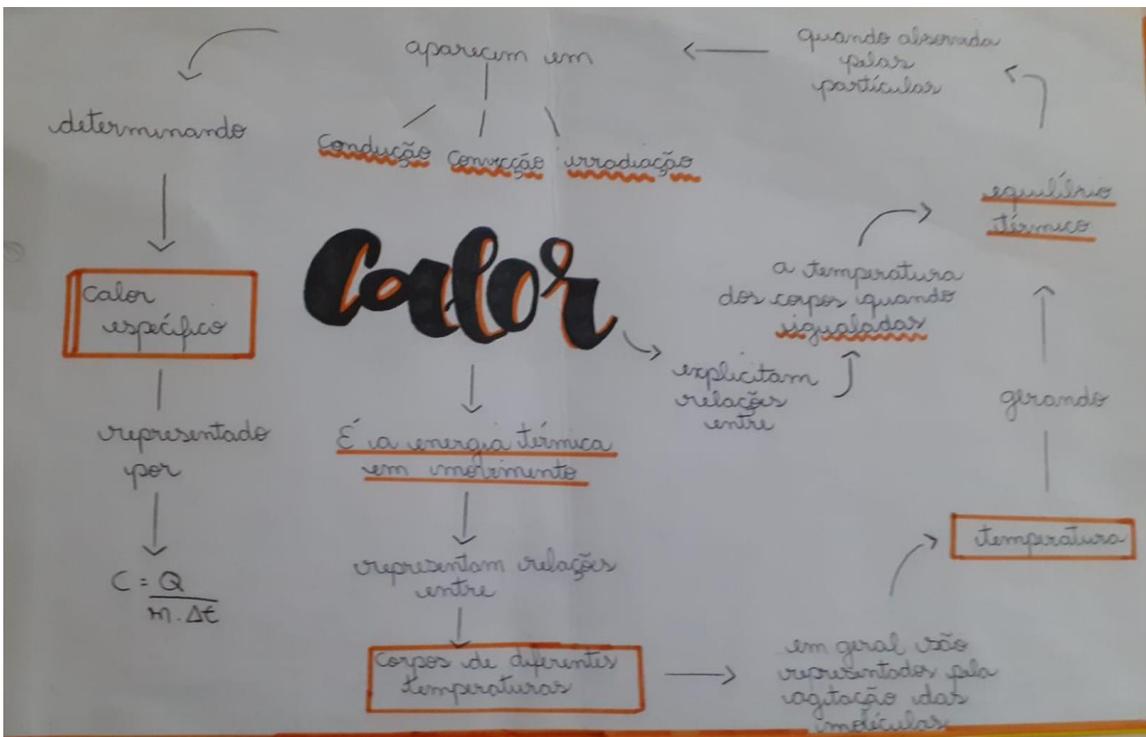
(a)



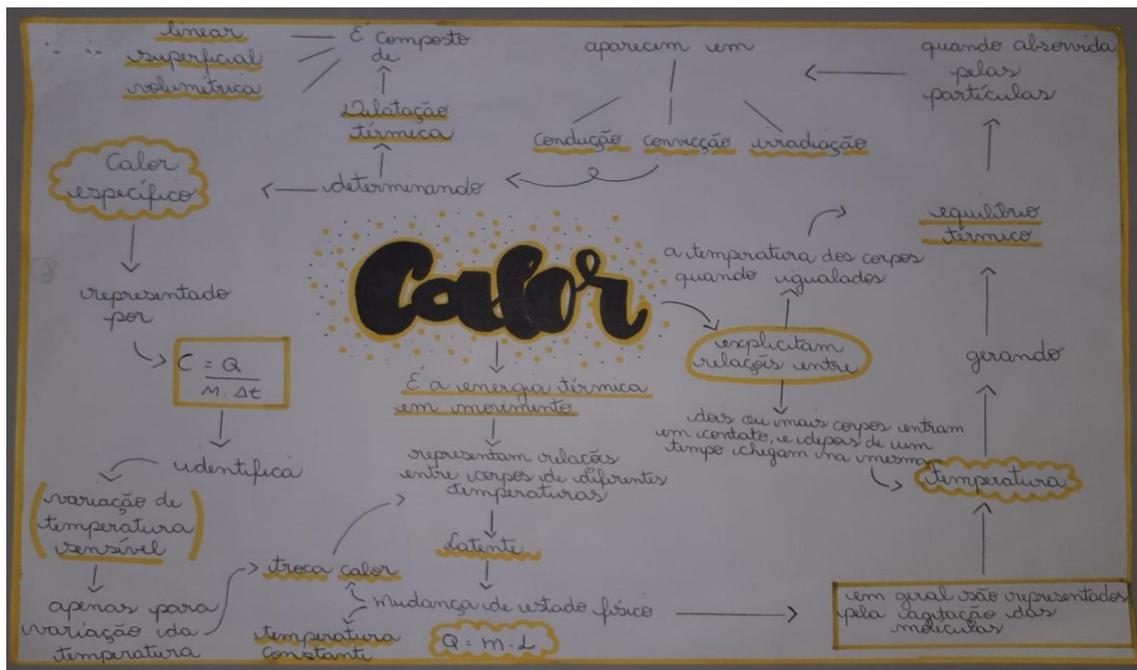
(b)

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 11 - (a) MCI e (b) MCF, respectivamente, elaborados pelo Aluno 2.



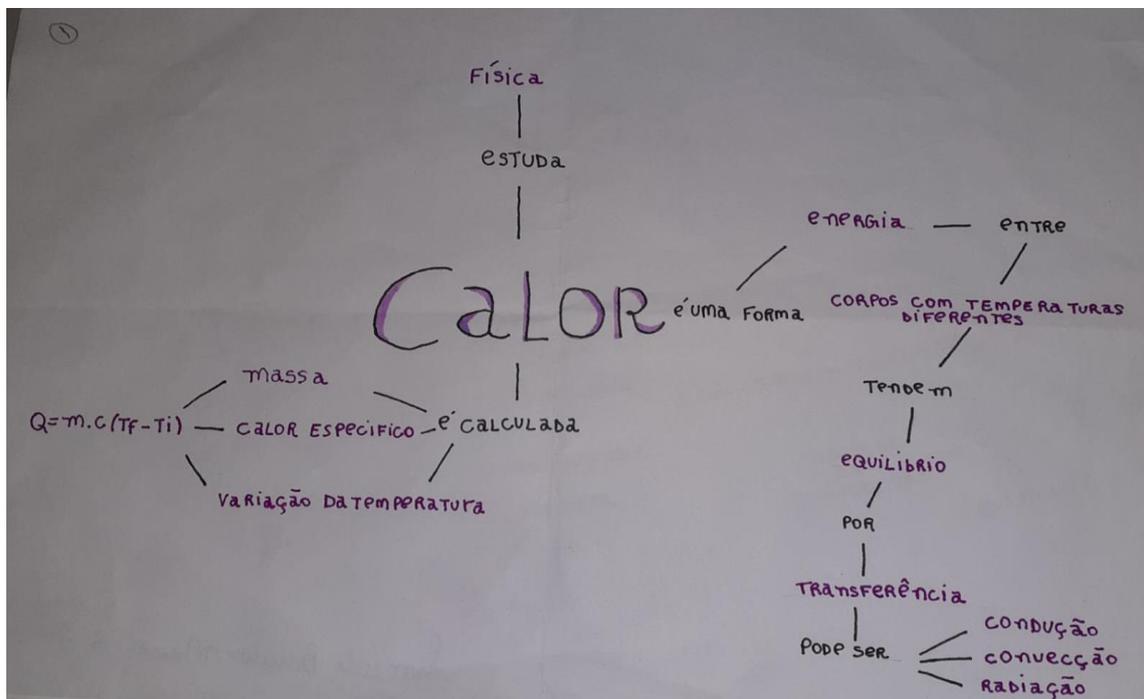
(a)



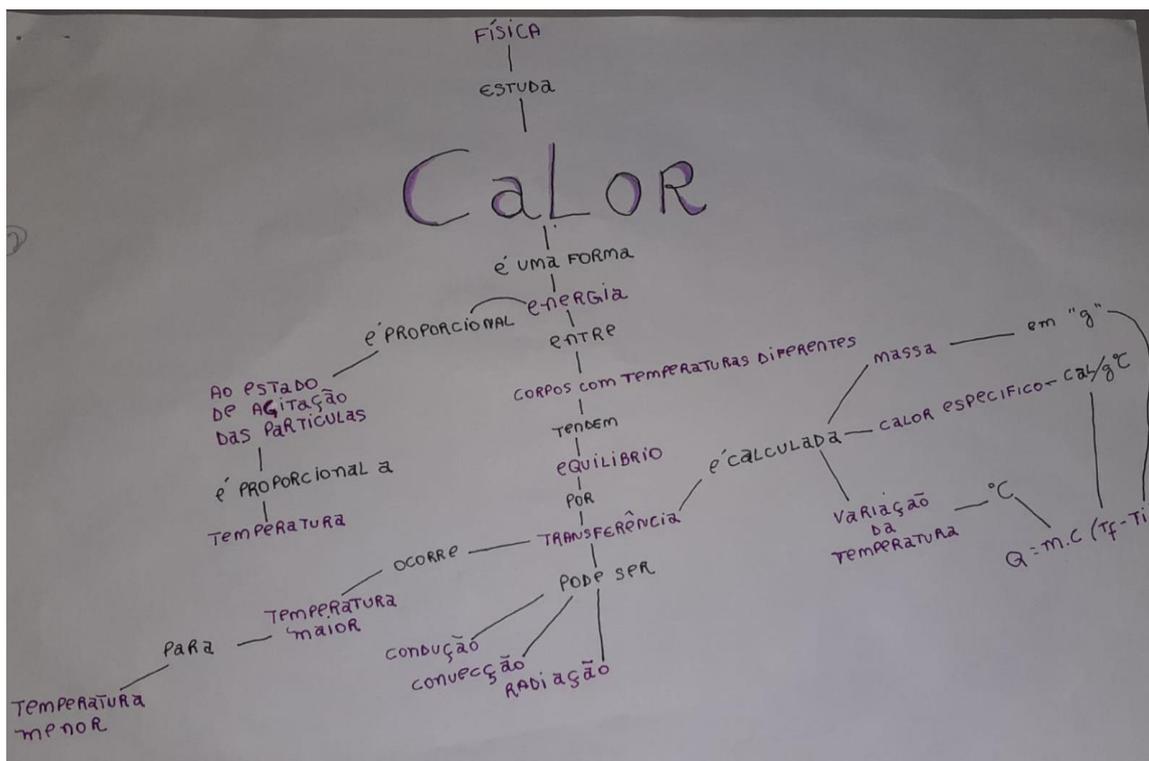
(b)

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 12 - (a) MCI e (b) MCF, respectivamente, elaborados pelo Aluno 3.



(a)



(b)

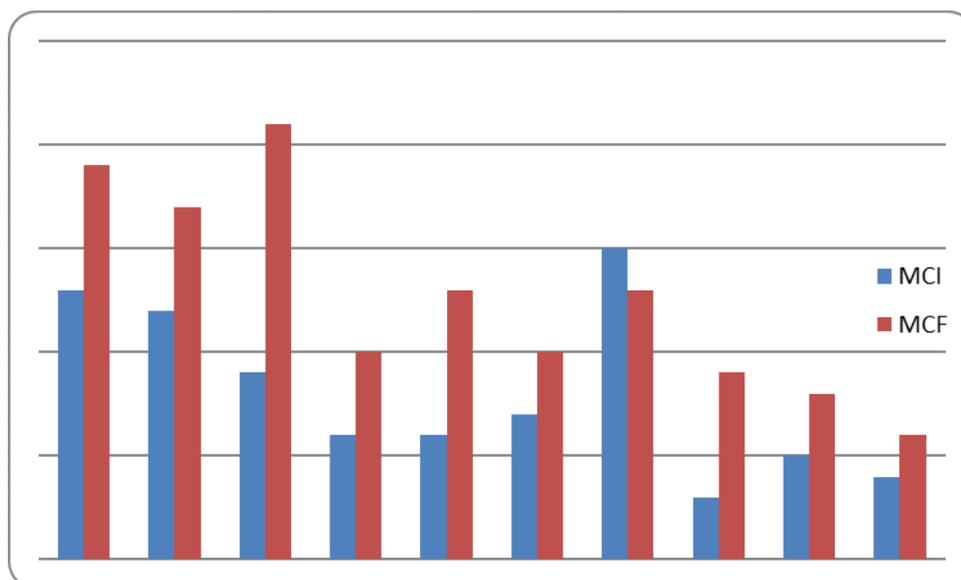
Fonte: Autoria própria (2022).

4.3.1 Discussão e análise dos resultados

Nesta subseção, as categorias elencadas no Quadro 3 foram descritas individualmente, por apresentarem resultados pertinentes à teoria de análise de mapas conceituais de Novak e Gowin (1999), pois permitem a comparação dos dados obtidos nos mapas conceituais iniciais (MCI) e nos mapas conceituais finais (MCF) e o entendimento do significado de cada uma delas. Para tanto, serão enumeradas da seguinte forma: (i) Nível hierárquico, (ii) Número de conceitos físicos (proposições), (iii) Número de ligações simples, (iv) Número de ligações cruzadas e (v) Número de exemplos.

(i) Nível hierárquico

Os mapas conceituais devem apresentar uma hierarquia, pois, para Novak e Gowin (1999), os conceitos mais gerais devem ser apresentados no topo do mapa e os mais específicos, sucessivamente abaixo deles.

Gráfico 3 – Comparação de nível hierárquico entre MCI e MCF.

Fonte: Autoria própria (2022).

O Gráfico 3 demonstra como está o nível hierárquico nos momentos iniciais e finais na construção do mapa conceitual pelo aluno. O mapa conceitual deve seguir uma hierarquia, em que deve ser priorizada a leitura de cima para baixo, dependendo do tipo de mapa que foi escolhido, partindo-se da ideia central e expandindo para os conceitos menores, suas definições e demais tópicos. Assim, conforme avançamos no mapa, mais abaixo, encontramos conceitos mais específicos.

Observando o Gráfico 3, percebe-se que os alunos apresentaram no MCI um baixo nível hierárquico, e, comparando os resultados dos MCI com os resultados dos MCF em relação a essa categoria, os dados apresentaram um crescimento significativo nas hierarquias.

Esse aumento do nível hierárquico foi de 116% para o Aluno 5, de 133% para o Aluno 3, de duas vezes mais para o Aluno 8 e entre 40 e 65% para os alunos Aluno1, Aluno 2, Aluno 4, Aluno 6, Aluno 9 e Aluno 10. O Aluno 7 apresentou um decréscimo de 13%.

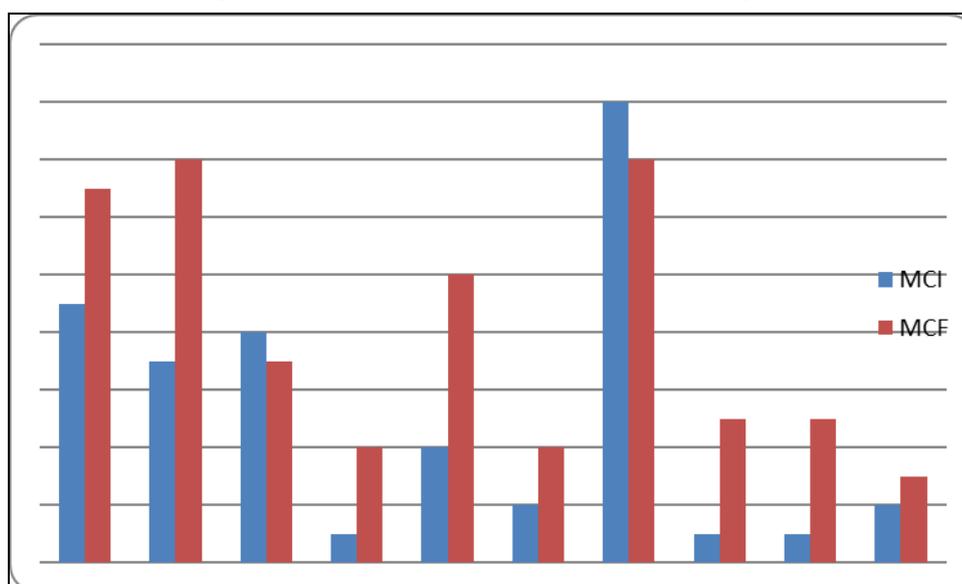
Segundo Novak e Gowin (1999), o crescimento hierárquico mostra o conjunto de relações entre um conceito e outros subordinados a ele, o que requer do aprendiz um pensamento cognitivo ativo e, de posse desses resultados, verifica-se a ocorrência de uma evolução satisfatória em relação à organização hierárquica dos conhecimentos.

Percebe-se que os alunos assimilaram bem os conceitos ligados ao conteúdo “calor”, uma vez que, no momento da construção dos mapas conceituais finais, relacionaram conceitos como energia térmica, temperatura, temperatura latente, mudança de estado físico, troca de calor, temperatura constante, temperatura sensível, variação de temperatura, equilíbrio térmico, condução, convecção, radiação, dilatação térmica (volumétrica, linear e superficial), calor específico e medidas (Fahrenheit, Celsius e Kelvin).

(ii) Número de conceitos físicos (proposições)

Os mapas conceituais constituem uma representação explícita e manifesta dos conceitos e das proposições que uma pessoa possui, permitindo aos docentes e discentes trocar seus pontos de vista sobre a validade de determinada ligação preposicional, uma vez que são consideradas proposições válidas apenas aquelas relacionadas com o tema proposto. (NOVAK; GOWIN, 1999). Para Moreira (2010), uma ligação preposicional constitui ideias categóricas representadas por símbolos únicos que, quando combinados, representam conceitos em vez de objetos ou situações particulares.

Gráfico 4 – Comparação do número de conceitos físicos (proposições) entre MCI e MCF.



Fonte: Autoria própria (2022).

Analisando o Gráfico 4, constata-se que a quantidade de conceitos apresentados nos mapas conceituais finais aumentou significativamente, dando a entender que estes passaram a ser mais significativos para as estruturas cognitivas

dos alunos participantes, pois, como afirma Moreira (2006, p. 38): “a aprendizagem significativa é o processo por meio do qual novas informações adquirem significado por interação (não associação) com aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva”.

Para fazer parte dessa categoria, foram classificados somente os conceitos que se relacionavam com “calor”.

O Gráfico 4 demonstra ter havido um aumento significativo de conceitos e isto se mostrou muito importante para a pesquisa, pois à medida que os alunos se familiarizavam com os mapas conceituais e com os conteúdos, percebe-se que os mesmos se arriscaram na apresentação de um número maior de conceitos.

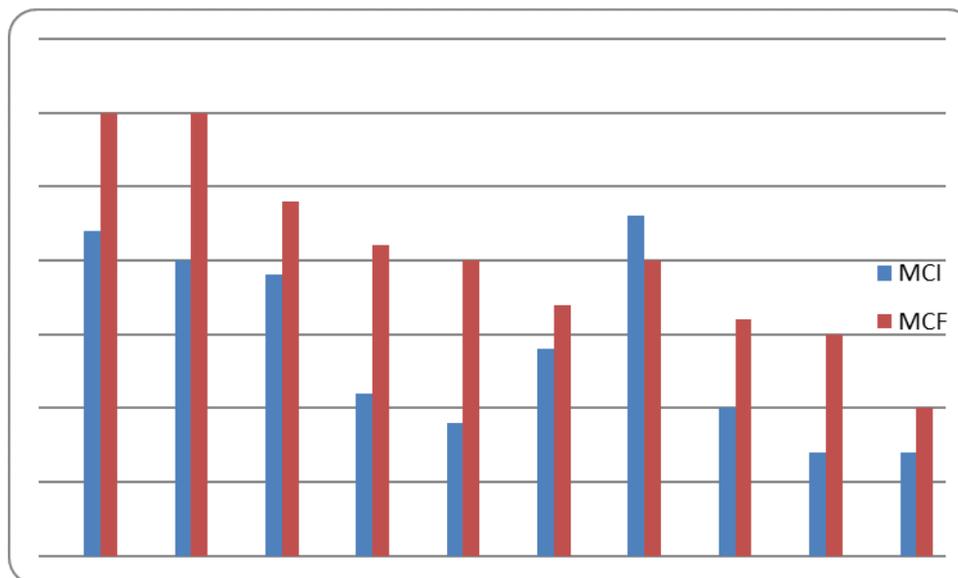
Verificou-se um crescimento de 4 vezes mais para os alunos Aluno 8 e Aluno 9, de 3 vezes mais para o Aluno 4, de 150% para o Aluno 5, 100% para os alunos Aluno 2 e Aluno 6, 44% e 50% para os alunos Aluno 1 e Aluno 10, respectivamente, e um decréscimo de 12,5% para os alunos Aluno 3 e Aluno 7.

O que não ficou entendido é como aconteceu esse decréscimo para os dois alunos que, no geral, participaram bem das atividades sugeridas. Pensamos que, no momento da construção do MCF, esses dois alunos não demonstraram tanto empenho e atenção para realizar a atividade, podendo estar sem vontade de trabalhar e mostrar o que haviam aprendido. Deve-se ressaltar aqui novamente que um dos pressupostos para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o aluno manifeste disposição para aprender.

(iii) Número de ligações simples

De acordo com Novak e Gowin (1999), a ligação simples demonstra a relação direta entre os conceitos nas cadeias hierárquicas, mas não representa a síntese destes agrupamentos hierárquicos. Elas podem vir acompanhadas de palavras ou conectivos que complementam a associação de ideias.

Para a confecção do Gráfico 5 foi levado em consideração o número de ligações simples apresentadas nos mapas conceituais inicial e final, independentemente de tais ligações estarem corretas ou incorretas. Os números obtidos mostram que houve um avanço significativo no número de ligações simples apresentadas pelos alunos nos mapas conceituais finais, quando comparados aos resultados dos mapas iniciais, em termos numéricos e percentuais.

Gráfico 5 – Comparação do número de ligações simples entre MCI e MCF.

Fonte: Autoria própria (2022).

Foi realizada uma contagem simples das ligações constantes para a elaboração do gráfico e foi constatado novamente que, no geral, os alunos obtiveram um bom desempenho na elaboração das ligações simples. Somente o Aluno 7 manteve o decréscimo de 13% no MCF, e novamente, esse resultado nos leva a considerar que, neste momento, o aluno não demonstrou interesse, empenho e disposição para aprender.

Com relação aos outros nove alunos, constatou-se que os avanços foram muito individualizados, pois a exemplo, houve um crescimento até certo ponto tímido em alguns casos (Aluno 6 e Aluno 10), que pode ter se dado devido a um pouco de desatenção no momento da construção do mapa ou por não terem associado alguns conceitos aprendidos no ano anterior relativos aos conteúdos trabalhados durante a aplicação do produto.

Nota-se também um crescimento significativo em outros alunos (Aluno 4, Aluno 5 e Aluno 9). Para esses casos e os demais, verificou-se um crescimento das ligações simples, isto é, a presença de elementos que melhor descreviam a temática desenvolvida e que indicavam que os conceitos foram se diferenciando progressivamente no percurso da aplicação do produto.

No caso desta pesquisa, observam-se indicativos de que ocorreu a aprendizagem significativa, se observada a substituição das ligações de senso

comum pelas ligações entre conceitos científicos e o aumento do número de ligações entre os mesmos.

(iv) Número de ligações cruzadas

A ligação cruzada constitui um “elemento bastante sofisticado e, sua presença no mapa, pode denotar tanto conhecimento consolidado e bem estabelecido, quanto a percepção de vínculos inovadores ou modos alternativos de abordagem”, afirmam Ferrão e Manrique (2014, p. 204).

Segundo Novak e Gowin (1999), as ligações cruzadas “que revelem relações válidas entre dois segmentos distintos da hierarquia conceitual significam possivelmente reconciliações integradoras importantes e podem ser por isso, melhores indicadores de aprendizagem significativa do que os níveis hierárquicos” (NOVAK; GOWIN, 1999, p. 123).

As ligações cruzadas podem ser identificadas em um mapa conceitual quando observamos que as proposições são formadas pela tripla (conceito - relação-conceito) e apresenta a interdependência entre os conceitos.

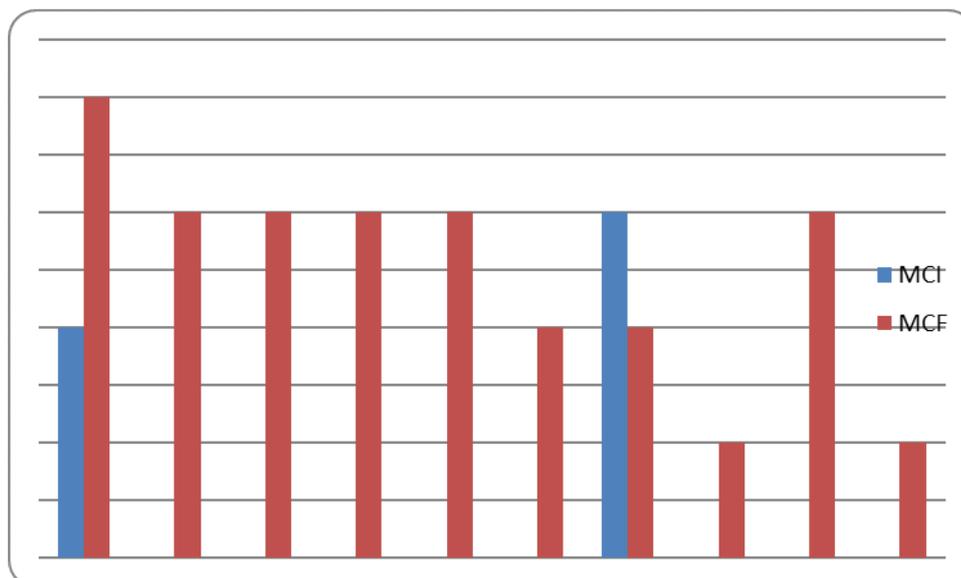
Em relação ao número de ligações cruzadas, notou-se uma quantidade pequena destas e até ausência das mesmas nos MCI. No entanto, os MCF apresentaram elementos dessa categoria, o que demonstra que os alunos possuem alguma familiaridade com esta ferramenta. Desta forma, com os mapas conceituais, pode-se de indicar criatividade e melhor compreensão no domínio de conhecimento.

Como exemplo, citamos o Aluno 2, que no MCI não fez nenhuma proposição com ligações cruzadas e no MCF, fez 4: ligou o conceito “dilatação térmica” às suas composições – linear, superficial e volumétrica; ligou o conceito “mudança de estado físico” à troca de calor e temperatura constante; ligou calor por meio da proposição “explicitam relações entre”, “temperaturas dos corpos quando iguados” e “dois ou mais corpos entram em contato, e depois de tempo chegam a mesma” aos conceitos temperatura e equilíbrio térmico; ligou o conceito convecção por meio da proposição “determinando” aos conceitos dilatação térmica e calor específico.

Novak e Gowin (1999) afirmam que as ligações cruzadas devem ser mais valorizadas por serem elementos difíceis de aparecer no mapa conceitual, uma vez que demandam uma busca pela união de conceitos que de outra forma os alunos não considerariam estar relacionados em seus mapas conceituais e favorecer a

retenção e o uso posterior de conceitos. No Gráfico 6, é mostrada a quantidade de ligações cruzadas apresentadas nos MCI e nos MCF do grupo analisado.

Gráfico 6 – Comparação do número de ligações cruzadas entre MCI e MCF.



Fonte: Autoria própria (2022).

É visível que somente os alunos Aluno 1 e Aluno 7 apresentam ligações cruzadas no MCI. Nota-se, também, que os demais alunos e o Aluno 1 apresentam um aumento significativo do número de ligações cruzadas, sendo que o Aluno 1 apresenta um aumento de 100% no número de ligações cruzadas no MCF em relação ao MCI.

O Aluno 7, no entanto, apresentou um decréscimo de 33% no número de ligações cruzadas no MCF em relação ao MCI. Os alunos Aluno 2, Aluno 4, Aluno 5 e Aluno 9 apresentaram um aumento de 3 vezes mais, o Aluno 3, de 6 vezes mais, o Aluno 6, de 2 vezes mais, e os alunos Aluno 1 Aluno 8 e Aluno 10 apresentaram um aumento de 100%.

Nessa etapa foi possível observar como o aluno relacionou determinado conceito com outros da mesma ou de diferentes hierarquias, como fez o Aluno 3, que no MCI não apresentou ligações cruzadas e no MCF apresentou três ligações, mostrando que havia entendido que “a transferência de calor ocorre da temperatura maior para a temperatura menor”; “que a energia é proporcional ao estado de agitação das partículas e que este é proporcional à temperatura”; e, que “a transferência de calor envolve os conceitos de massa, calor específico e variação de

temperatura”, por exemplo. Por esta razão, essa categoria é de grande ajuda na interpretação em relação à aprendizagem significativa dos alunos.

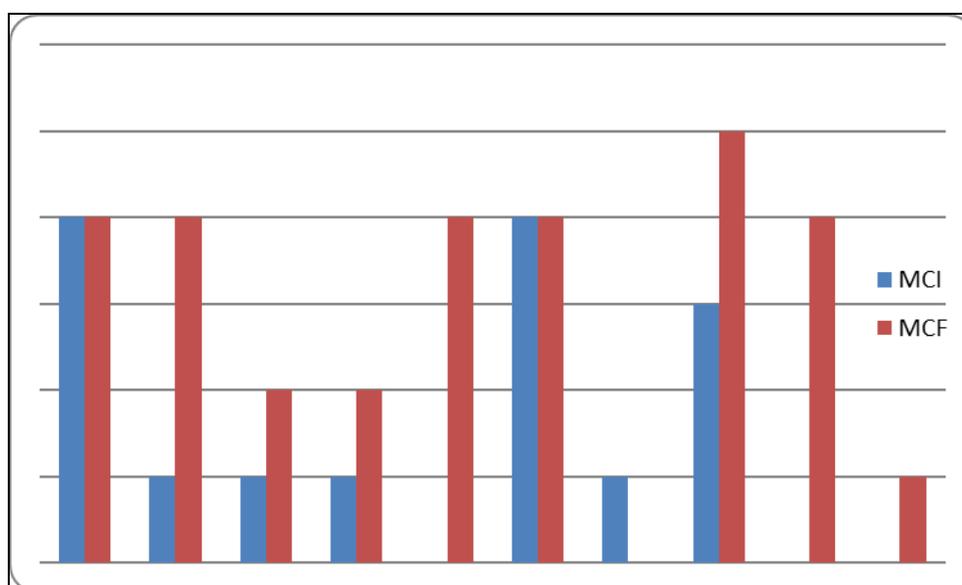
Para Novak e Gowin (1999), as ligações correspondentes a essa categoria mostram que os alunos buscam unir conceitos em seus mapas conceituais e favorecem a retenção e o uso posterior de conceitos, que é um fator relevante para a aprendizagem significativa.

(v) Número de exemplos

Na confecção de um mapa conceitual, os exemplos precisam ser elencados ao final da hierarquia e não podem ser rodeados, isto é, não podem estar no centro com ligações dirigidas a eles, por não se tratarem de conceitos, pois, como destacam Novak e Gowin (1999), estes se apresentam como categorias menos inclusivas.

No Gráfico 7 é mostrado o número de exemplos, que foram escolhidos pelos participantes por meio dos seus MCI e MCF.

Gráfico 7 – Comparação do número de exemplos entre MCI e MCF.



Fonte: Autoria própria (2022).

Verifica-se no Gráfico 7 que os alunos Aluno 1 e Aluno 6 mantiveram o mesmo número de exemplos para MCI e MCF. O Aluno 2 apresentou um aumento de 300 vezes mais número de exemplos. Os alunos Aluno 3 Aluno 4 e Aluno 10 obtiveram um aumento de 100%; os alunos Aluno 5 e Aluno 9 obtiveram um

aumento de 4 vezes mais; o Aluno 8 obteve um aumento de 66% e o Aluno 7 não pontuou. Novamente, podemos inferir que a não pontuação do Aluno 7 pode ter sido ocasionada por distração ou falta de vontade em realizar a atividade.

Diante dos resultados numéricos apresentados, pode-se afirmar que houve uma assimilação dos conteúdos ministrados entre o momento inicial e o final, já que os mesmos apresentaram avanços cognitivos em relação ao que anteriormente se constituía conhecimento de senso comum.

Além disso, o aumento significativo no número de exemplos nos mapas conceituais finais permite entender que os alunos participantes mudaram o curso da aprendizagem, porque os mapas conceituais permitem uma dinamização na sua confecção, o que dá ao aluno a possibilidade de construir um novo mapa inserindo nele os novos conceitos. Nesse caso, especificamente observou-se que praticamente todos os alunos puderam apresentar maior número de exemplos nos seus MCF em relação aos MCI.

4.4 Análise do experimento

Após a realização do experimento, que era a construção do barquinho Pop Pop, procurou-se investigar o que os alunos aprenderam e, por meio de uma conversa investigativa em grupo, que foi realizada momentos antes de acontecer a corrida dos barquinhos, foram anotadas as respostas. A conversa investigativa é um meio de coletar informações, caracterizando-se como uma oportunidade de aprendizagem e exploração de argumentos num clima de informalidade, sem a exigência de elaborações conclusivas, por meio do diálogo (SILVA; BERNARDES, 2007).

Nessa investigação deveria ser observado se os alunos compreenderam que o movimento do barco se dá em função da energia proveniente do calor que se transfere da chama da vela para o tubo de alumínio, destacando que esse calor aquece a água contida no tubo a qual passa para o estado de vapor. O vapor se expande e empurra a água restante do tubo para fora e o barco, para frente. Aí temos os movimentos de ação e reação.

Ao ceder calor para as regiões frias, o vapor condensa e aspira água pelo tubo devido à brusca queda de pressão na fase de condensação e tudo recomeça. Em todo esse processo estão envolvidos os conceitos de calor, energia e trabalho

que foram retomados nas questões discutidas, como demonstra a fala do Aluno 1: “A massa do barquinho interfere na velocidade. O calor gera energia, energia gera velocidade que vai impulsionando o barquinho”.

Foi observado ainda que alguns alunos puderam fazer relação da queima da vela para a produção do calor com outros combustíveis que também precisam ser queimados para gerar energia. Isso demonstra que os alunos perceberam que calor é energia térmica em trânsito no ato de se transferir a um corpo mais frio. É o que fazem os combustíveis como carvão, álcool, gasolina e querosene, que são queimados para que sua energia química resulte em calor e possam ser usados para impulsionar carros, aviões e motores, e mover turbinas para a produção de eletricidade. Podemos perceber de fato que os alunos compreenderam o funcionamento de máquinas, aparelhos ou sistemas tecnológicos modernos de uso comum que visam melhorar a qualidade de vida, pois, na fala do Aluno 2, por exemplo, fica evidente a importância da produção da energia elétrica: “Sem descobrir que o calor pudesse gerar energia, ainda estaríamos vivendo no mundo das velas”.

A partir das respostas obtidas, percebe-se que a experimentação tem um efeito positivo na relação dos alunos com o conteúdo, pois os mesmos, no momento da corrida de barquinhos, em conversas entre eles, utilizavam conceitos da Termodinâmica, tais como: “O calor bate na lata esquentando os canudos, com isso a água que está dentro aquece fazendo uma espécie de vapor e o barquinho anda fazendo Pop Pop”; “O barquinho Pop Pop é uma máquina térmica que transforma o calor das chamas da vela em movimento, a energia térmica em energia mecânica”. Percebeu-se também, com as respostas dadas, que o conceito “calor” estava sendo entendido de uma forma meio distorcida, pois, o calor produzido neste caso se transforma em energia e os alunos o entendiam como fluido.

Percebe-se que a construção do barquinho, que é de cunho teórico-metodológico, foi capaz de motivar o aluno para o estudo e, deste modo, propiciar a ele condições favoráveis para o gostar e para o aprender da Física (BONADIMAN & NONENMACHER, 2007, p.198) e favorecer a aprendizagem, percebida na fala do Aluno 6: “Que você pode aprender o conteúdo mais fácil com a construção de experiências simples”. Esta fala demonstra que a experimentação tem um efeito positivo na relação dos alunos com o conteúdo em questão.

Percebemos que, com o uso da experimentação, os alunos puderam reforçar alguns conceitos que conheciam sobre conteúdos estudados e sobre os quais tinham pouco conhecimento prévio. Com a realização do experimento, os alunos também demonstraram alguma capacidade de relacionar os conceitos da Termodinâmica com as invenções modernas presentes em seu cotidiano. Assim, o uso da experimentação como metodologia de ensino tornou o aprendizado dos alunos mais significativo, além de despertar maior interesse pela explicação, bem como para participar de atividades mais práticas, como a corrida de barquinhos, mostrada na Figura 13.

Figura 13 - Corrida de barquinhos Pop Pop – experimento realizado pelos alunos.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 13 mostra algumas etapas da corrida de barquinhos, desenvolvida na casa do pesquisador, uma vez que na escola selecionada não tinha local propício para a realização da mesma. Na casa do pesquisador foi montada uma piscina de plástico na qual os alunos alinharam seus barquinhos em posição de largada. Quando todos os barcos estavam alinhados, cada aluno acendeu a vela de seu barquinho que, conforme foi aquecendo e produzindo o vapor d'água, começaram a se deslocar.

Os alunos demonstraram entusiasmo e satisfação com a realização da corrida, pois não imaginavam que fosse produzir vapor numa quantidade suficiente para o deslocamento dos barquinhos. Foram feitas duas rodadas da corrida, sendo que na segunda o pesquisador também participou incluindo seu barquinho na prova. Na primeira rodada, o Aluno 3 ganhou a corrida, uma vez que seu barquinho apresentava maior velocidade e não desviava muito para os lados, se deslocando mais em linha reta. Nessa rodada, o barquinho do Aluno 7 apresentou problemas e praticamente não se deslocou. No momento da construção, o aluno não fez boa vedação de algumas partes do barquinho e também colocou três canudos ao invés de dois. Isso ocasionou a entrada da água no barquinho, não possibilitando a formação adequada de vapor.

A segunda rodada foi realizada com a participação do professor-pesquisador, que trocou o barquinho defeituoso do Aluno 7 pelo seu. Novamente, os barcos foram alinhados e cada aluno acendeu a vela de seu barquinho. A corrida iniciou assim que houve a produção necessária do vapor e, dessa vez, o barquinho

do professor pesquisador, que estava com o Aluno 7, foi o vencedor e o Aluno 3 ficou em segundo lugar.

O professor-pesquisador chamou a atenção dos alunos nesse momento para a necessidade de a construção do experimento ser feita com esmero para a obtenção de bons resultados, explicando que a simples entrada de água por uma vedação não correta ocasionou a perda da efetividade de deslocamento do barquinho.

A construção do barquinho Pop Pop foi considerada uma atividade ótima pelos alunos, que a todo o momento comentavam a respeito; podemos destacar algumas falas: O Aluno 5 comentou que deveria “Fazer mais atividades assim”; o Aluno 9 disse que “Deveria ser feita em sala de aula e dado mais tempo”; o Aluno 2 apresentou uma sugestão, afirmando: “Podemos fazer a construção de um barquinho maior, mas simples também e podemos fazer uma competição com premiação”.

Destaca-se que, além dos alunos participarem da atividade em todas as etapas, foi possível perceber a motivação deles na construção do seu conhecimento a partir desta atividade proposta, levando-nos a concluir que as atividades experimentais podem auxiliar os alunos na aprendizagem, aprimorando a observação, a paciência, a criatividade e a curiosidade.

A seguir serão tecidas as considerações finais desse trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da situação da educação pública do Brasil na atualidade, é comum ver professores com dificuldades para manter o interesse dos estudantes nas salas de aula, uma vez que o século XXI é uma época em que os alunos têm acesso a muitas informações, que vão muito além do que se trabalha no cotidiano escolar.

Por esta razão, torna-se necessário o planejamento de aulas que se aproximem da realidade vivida pelos educandos e as sequências de ensino, quando bem estruturadas, podem contribuir de modo satisfatório com o processo de ensino e aprendizagem. As sequências de ensino podem despertar nos alunos o desejo por participar das aulas, de se aproximar mais do professor, num processo amplo que proporcione maior compreensão do que se está estudando, como afirmam Gomes, Batista e Fusinato (2019).

Convém destacar que um dos objetivos dessa pesquisa era proporcionar aos alunos a construção do barquinho a vapor por intermédio de elaboração de hipóteses e testagem das mesmas, ou que, pelo menos, os alunos fizessem alguma suposição de como se daria o funcionamento do mesmo. No entanto, os alunos apenas levantaram algumas dúvidas e questionaram o professor sobre as mesmas, sem realizar testes prévios, o que levou à conclusão de que este objetivo não foi completamente alcançado.

Outro objetivo desta pesquisa era lançar mão da construção de mapas conceituais e da experimentação para compreensão e aplicação dos conceitos de calor, temperatura, energia interna, energia mecânica e trabalho, e, o que observamos foi que os alunos procuraram aplicar essas estratégias em seu aprendizado e apresentaram indícios de que compreenderam os conceitos básicos citados.

Com a implementação deste produto educacional por meio do desenvolvimento da sequência de ensino e da pesquisa aqui realizadas pode-se perceber fortes indícios de aprendizagem apresentados pelos alunos participantes da pesquisa, que se deram a partir da motivação dos aprendizes e do professor-pesquisador quanto ao ambiente de aprendizagem estabelecido por meio das aulas expositivas, da construção dos mapas conceituais e pela experimentação, além dos recursos adotados e ao assunto abordado.

Esses indícios de aprendizagem significativa são fortemente observados nas análises dos mapas conceituais uma vez que estes compuseram a base para a análise realizada neste estudo e foi possível identificar, por meio destes elementos que foram considerados critérios para o desenvolvimento do trabalho em sala de aula, como a organização, a representação e a sistematização dos conceitos. Ao analisar os mapas conceituais iniciais em comparação com os mapas conceituais finais, percebe-se que após a aplicação do produto educacional (identificação do conhecimento prévio dos alunos para introdução dos conceitos relativos à Termodinâmica; realização de experimentos demonstrativos; construção do barquinho Pop Pop; discussões e resoluções de exercícios) pode-se observar que os alunos aprenderam o significado dos conceitos discutidos e criaram conexões entre os conteúdos.

Entendemos que esta atividade pode ser replicada em outras turmas, apesar de algumas ressalvas. O tempo foi suficiente para a realização de todas as atividades propostas em relação aos conteúdos e ao experimento, mas se este for incluso no tempo de sala de aula fica complicado, uma vez que no Ensino Médio são apenas duas aulas da disciplina de Física por semana e esta implementação do produto educacional toda demandou 14 aulas. A sugestão que deixamos aqui é que sejam montados projetos em horário de contra turno para o desenvolvimento de atividades como esta.

Por meio da construção dos mapas conceituais iniciais e finais, da realização do experimento e das aulas propriamente ditas, percebeu-se ainda que a metodologia adotada deixasse os encontros mais atrativos, motivadores e estimulou os questionamentos, o que caracteriza a proposta como um material potencialmente significativo.

REFERÊNCIAS

ALHEIT, Peter; DAUSIEN, Bettina. Processo de formação e aprendizagens ao longo da vida. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, vol.32, n°.1, p. 177-197, jan./apr. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022006000100011. Acesso em: jan./2021.

ALVES FILHO, José de Pinho. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. Florianópolis, 2000. 440 p. Tese (Doutorado em Educação) –Centro de Ciências da Educação, UFSC.

ANASTASIOU, Lea das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate (orgs.). **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em sala de aula**. 6. Ed. – Joinville, SC: UNIVILLE, 2006.

ARTUSO, Alysson Ramos. **Física para o Ensino Médio. V. 2**. Curitiba: Positivo, 2013.

BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra E. B. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007.

CORREIA, Paulo Rogério Miranda; SILVA, Amanda Cristina da; ROMANO JUNIOR, Jerson Geraldo. Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 4, 4402 (2010).

DIAS, Cláudia Augusto. Grupo focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 10 n.2 2000, n. 2, 2000. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/ies/article/view/330/252>. Acesso em: abr./2022.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: Saraiva. 2001.

FEYNMAN, Richard Phillips. **Lições de Física em Feynman** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GOMES, Ederson Carlos. **Ondas eletromagnéticas: possibilidades da aplicação no ensino médio a partir das relações CTS**. 2017. 196 f. Dissertação (mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, 2017, Maringá, PR. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/6134>. Acesso em: fev./2021.

GOMES, Ederson Carlos.; BATISTA, Michel Corsi; FUSINATO, Polônia Altoé. A utilização de mapas conceituais como instrumento de avaliação no ensino de física. **REnCiMa**, v. 10, n. 3, p. 58-78, 2019.

GREGIO, Nivaldo de Oliveira. **Termodinâmica, um tutorial para entendimento do conceito de entropia**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2016.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Volume 2, Rio de Janeiro: LTC, 2013.

HEWITT, Paul A. **Física Conceitual** [recurso eletrônico]. 12 ed., Porto Alegre: Bookman, 2015.

HOBBSAWN, Eric John Ernest. **A era das revoluções – 1789 – 1848**. São Paulo, SP: Editora Paz e Terra, 2009.

HOFFMANN, Jairo Luiz. **O panorama de uso da experimentação no ensino da física em municípios da região oeste do Paraná: uma análise dos desafios e das possibilidades**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2017. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/dissertacoes_teses/dissertacao_jairo_luiz_hoffmann.pdf. Acesso em: fev./2022.

HUBERMAN, Leo. **História da riqueza do homem**. 17 ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1981.

MANTOUX, Paul. **A Revolução Industrial**. São Paulo: Editora Hucitec, 2ª edição, 1985.

MANUAL DO MUNDO. **Como fazer um barco a vapor (barquinho Pop Pop)**. 2012. Disponível em: <http://manual-do-mundo5.blogspot.com/2012/05/como-fazer-um-barco-vapor-barquinho-pop.html>. Acesso em: fev./2022.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 28ª ed. Rio de Janeiro, Vozes, 2009.

MOREIRA, Marco Antonio. Mapas Conceituais como Instrumentos para Promover a Diferenciação Conceitual Progressiva e a Reconciliação Integrativa. **Ciência e Cultura**, 32, v. 4: 474-479, 1980.

_____. **Mapas conceituais e diagramas V**. Rio Grande do Sul: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio grande do Sul, 2006.

_____. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

_____. Aprendizagem Significativa: Um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**. V1(3), pp. 25-46, 2011. Disponível em: https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf. Acesso em: jan./2021.

_____. **A teoria da Aprendizagem Significativa: Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, 2009 (1ª edição), 2016 (2ª edição revisada). Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: jan./2021.

_____. **O que é afinal Aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2020. Aceito para publicação, Qurrriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

_____. Uma análise crítica do ensino de Física. **Ensino de Ciências.** Estud. av. 32 (94). Sep-Dec, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsfWPqr6hjzyLQzs/?lang=pt>. Acesso em: fev./2022.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elsie Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** 2. ed. São Paulo: Editora Moraes LTDA, 1982.

NOVAK, Joseph Donald; GOWIN, David Bob. **Aprender a aprender.** Lisboa: Plátano, 1999.

NOVAK, Joseph Donald; CAÑAS, Alberto José. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9–29, 2010. Disponível em: <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/1298/944>>. Acesso em: jan./2021.

NOVAK, Joseph Donald; CAÑAS, Alberto José. **The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them.** IHMC CmapTools, p. 1–36, 2008.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica.** Vol. 2. 4ª Edição rev. São Paulo: Blucher: 2002.

OLIVEIRA, Rosane Machado de. **Revolução Industrial na Inglaterra: Um Novo Cenário na Idade Moderna.** *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento.* Edição 07. Ano 02, Vol. 01. pp 89-116, outubro de 2017.

OLIVEIRA, Breno Ferraz de. **Entropia.** Correspondência eletrônica trocada com Breno Ferraz de Oliveira. January 30, 2023.

PÁDUA, Antônio Braz de; PÁDUA, Cléia Guiotti de; MARTINS, Ricardo Spagnuolo. A natureza do calor: passados dois séculos, será que a teoria do calórico ainda é de alguma forma uma ideia atraente ou, até mesmo, útil? **SEMINA: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 3-18, jan./jun. 2009.

PÁDUA, Antônio Braz de. **A história da termodinâmica clássica: uma ciência fundamental.** Londrina: EDUEL, 2009.

PASCOAL, Alexandre dos Santos. **A evolução histórica da máquina térmica da Carnot como proposta para o ensino da segunda lei da termodinâmica.** Dissertação [Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática]. Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2016.

PIAGET, Jean. **Problemas de Psicologia Genética**. In.: Piaget. Trad. Célia E.A. di Piero. Rio de Janeiro: Forense, 1972.

PIVATTO, Wanderley. Aprendizagem significativa: revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. **Itinerarius Reflectionis** – Revista Eletrônica do Curso de Pedagogia do Câmpus de Jataí, UFG. Vol. 2, N. 15, 2013.

QUADROS, Sérgio. **A Termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas**. 1. São Paulo: Scipione, 2008.

REIS, Edna Afonso; REIS Ilka Afonso. (2002) **Análise Descritiva de Dados**. Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG. Disponível em: <http://www.est.ufmg.br/portal/arquivos/rts/rte0202.pdf>. Acesso em: fev./ 2022.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUES, Davi Cabral. **Termodinâmica**. Vitória - UFES, Departamento de Física, 2011.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da ciência: o pensamento científico e a ciência no século XIX**. 2. ed. V. 1 e 2. Brasília: FUNAG, 2012.

SAMPAIO, José Luiz. **Física**. Volume único. 2 ed. São Paulo: Atual, 2005.

SILVA, Petronilha Beatriz Gonçalves; BERNARDES, Nara Maria Guazelli. **Roda de Conversas** - Excelência acadêmica é a diversidade. Educação, Porto Alegre, ano XXX, n. 1 (61), p. 53-92, jan./abr. 2007.

SILVA, Rui Carlos Barros da. **Físico-Química**. Universidade Estadual do Ceará. Universidade Aberta do Brasil. UAB/UECE. Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE, Fortaleza, 2019.

SILVA, Geilson Rodrigues da; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. Termodinâmica e Revolução Industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência. História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces. Volume 19, 2019, pp. 71-97.

SOBRINHO, Antônio Araújo. **Física térmica: teórica e experimental**. Natal: Editora do CEFET-RN, 2006.

TIPLER, Paul Allen. **Física 1**. Rio de Janeiro: LTC, 1976.

VENTURINE, Cleidson. **A primeira revolução industrial e o desenvolvimento da termodinâmica: a história da ciência como ferramenta de apoio ao ensino de física**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. 2014.

APÊNDICE A – Texto sobre revolução industrial e máquina a vapor

A Influência da Máquina a Vapor na Primeira Revolução Industrial

Máquina a vapor é o nome dado a qualquer motor que funcione pela transformação de energia térmica em energia mecânica através da expansão do vapor de água. Desenvolvido no século XVIII, sua tecnologia continuou a ser utilizada e aperfeiçoada até o início do século XX.

O matemático e engenheiro greco-egípcio, Hierão de Alexandria, no século I a.C., criou a primeira máquina a vapor, a eolípila, também chamada de “bola de vento”. No final do século XVII, Denis Papin e Thomas Savery desenvolvem os primeiros motores a vapor de uso prático e de interesse industrial.

Em 1712, Thomas Newcomen criou o chamado “motor de Newcomen”. O motor foi o primeiro tipo a vapor a ser amplamente usado.



Hierão de Alexandria.
Fonte: www.wikipedia.org.br



Eolípila de Hierão de Alexandria.
Fonte: www.wikipedia.org.br

Em 1769, James Watt, um fabricante de instrumentos londrino,

aperfeiçoou a máquina de Newcomen, inventou um motor a vapor com menores problemas de perda de energia em relação ao motor de Newcomen, que gastava muito tempo por ter o aquecimento tanto do vapor quanto do combustível em um mesmo cilindro.

Uma das primeiras utilizações da máquina a vapor foi para fabricação de tecidos. Graças a essas máquinas, a produção de mercadorias aumentou muito e o lucro dos donos das fábricas também. As fábricas se espalharam rapidamente e provocaram mudanças profundas no modo de vida e na mentalidade de milhões de pessoas. Os historiadores chamam esse período de Primeira Revolução Industrial.

No início do século XIX, a máquina a vapor passou a ser usada nos meios de transporte. O primeiro barco a vapor surgiu em 1807. Na Inglaterra, em 1825, o engenheiro George Estephenson construiu a primeira estrada de ferro. O barco a vapor e as estradas de ferro diminuíram o tempo das viagens.

Além disso, o custo dos transportes baixo aumentou ainda mais o volume das trocas, isto é, o mercado. O aumento das trocas fez com que fosse necessário produzir mais, e, assim, os avanços da industrialização tornaram-se cada vez maiores.

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS CAMPO MOURÃO

EVERTON MERLIN

CORRIDA DE BARQUINHOS A VAPOR NO ENSINO DE
FÍSICA TÉRMICA: UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTAÇÃO

CAMPUS CAMPO MOURÃO
2022



EVERTON MERLIN

CORRIDA DE BARQUINHOS A VAPOR NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA: UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTAÇÃO

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 32 do MNPEF - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Débora Ferreira da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Oscar Rodrigues dos Santos

CAMPO MOURÃO



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

2022



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	4
2 OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo Geral.....	6
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3 JUSTIFICATIVA.....	7
4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	8
5 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	9
REFERÊNCIAS.....	20

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, o enfoque principal foi a apresentação da experimentação e da construção de mapas conceituais como possibilidades metodológicas que facilitem o estudo de conceitos da Física Térmica do Ensino Médio, principalmente entropia, temperatura, trabalho e calor. Segundo Anastasiou e Alves (2006, p. 55), “as estratégias por si não resolvem e não alteram magicamente o processo”, mas podem se transformar em instrumentos valiosos nas mãos de docentes comprometidos com o processo de ensino e de aprendizagem numa educação de qualidade.

O quadro que se apresenta hoje em torno do ensino da Física no Ensino Médio não é dos melhores, pois, como afirma Moreira (2018, p. 76):

(...) esse ensino está em crise. A carga horária semanal que chegou a 6 horas-aula por semana, hoje é de 2 ou menos. Aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física nas escolas e os que existem são obrigados a treinar os alunos para as provas, para as respostas corretas, ao invés de ensinar Física.

É comum os alunos, em sua maioria, afirmarem não gostar da Física e apresentarem muitas dificuldades a ponto de alguns abandonarem a busca por entender os conteúdos ensinados na disciplina, afirmam Bonadiman e Nonenmacher (2007). Entre algumas causas, os autores destacam

(...) a qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, a ênfase excessiva na Física clássica e o quase total esquecimento da Física moderna, o enfoque demasiado na chamada Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, o distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos, a falta de contextualização dos conteúdos desenvolvidos com as questões tecnológicas, a fragmentação dos conteúdos e a forma linear como são desenvolvidos em sala de aula, sem a necessária abertura para as questões interdisciplinares, a pouca valorização da atividade experimental e dos saberes do aluno, a própria visão da ciência, e da Física em particular, geralmente entendida e repassada para o aluno como um produto acabado (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007, p. 196).

Como se pode ver essas causas apresentadas por Bonadiman e Nonenmacher (2007), em sua maioria, são estruturais e fogem do controle do professor, mas outras são específicas e que podem ser resolvidos pelo professor ao pensar em sua ação pedagógica em sala de aula, uma vez que a memorização de equações e conceitos, em geral distantes da realidade dos alunos, se torna o caminho mais fácil para o docente tomar. A tentativa de reversão desse quadro se

apresenta como uma das tarefas mais difíceis no cotidiano escolar para esse professor.

O desafio maior então é a adoção de metodologias que despertem a curiosidade científica dos alunos e que visem à aprendizagem significativa, auxiliando os alunos na reconstrução do conhecimento, na formação de novos conceitos e na compreensão de como poderão melhorar o mundo (GREGIO, 2016). Moreira e Masini (1982, p. 40) dizem que “o problema, pois, da aprendizagem em sala de aula está na utilização de recursos que facilitem a captação da estrutura conceitual do conteúdo e sua integração à estrutura cognitiva do aluno, tornando o material significativo”. Com este problema em mente é que o presente trabalho, com foco na aprendizagem de conceitos da Física Térmica, se desenhou.

Foi na busca pela reconstrução dos conhecimentos e compreensão de novos conceitos que estudiosos da Termodinâmica construíram as bases da engenharia dos materiais, uma vez que a fabricação de novos materiais envolve conceitos como transferência de calor e trabalho para as matérias primas (RODRIGUES, 2011).

A Termodinâmica apresenta diversas aplicações, descrevendo diferentes situações simples ou complexas através do uso de uma pequena quantidade de variáveis, como temperatura, pressão, calor, trabalho, etc., e, estando presente em muitos fenômenos do dia a dia, deu a sustentação para a fabricação do motor de automóveis à peneira de pressão (GREGIO, 2016).

Entende-se então que, desde as antigas máquinas a vapor, que foram ferramentas fundamentais para a Revolução Industrial ocorrida na Inglaterra nos meados do século XVIII, os estudos da Termodinâmica possibilitaram a análise das propriedades da matéria, nesse caso, sob situações de pressão e calor (RODRIGUES, 2011).

Como já foi dito, esse conteúdo pode se tornar maçante para o aluno se trabalhado apenas sob a perspectiva da aprendizagem mecânica. Na busca pela aprendizagem significativa, o aluno faz uso de conhecimentos relevantes em sua estrutura cognitiva para conseguir assimilar conceitos novos, como diz Moreira (2011). O contrário se dará se, ao invés de oferecer o ensino desse conteúdo somente pela perspectiva da aprendizagem mecânica, lhe forem apresentadas metodologias que despertem seu interesse e que o façam se predispor à aprendizagem.

Dessa forma, o presente produto educacional tem como objetivo propor e aplicar uma sequência de ensino que será fundamentada na Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2011) tendo como caminho metodológico a experimentação (construção do barquinho Pop Pop) para desenvolver os conteúdos relacionados à Energia Térmica - compreensão e aplicação dos conceitos de calor, temperatura, energia interna, energia mecânica e trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Propor a construção de um experimento com barquinho a vapor como possibilidade metodológica para a aprendizagem da Física Térmica no Ensino Médio. Para tanto, integra-se a isso a aplicação de mapas conceituais como suporte avaliativo e, logo, validativo do alcance proposto com o experimento.

2.2 Objetivos específicos

- Proporcionar aos alunos do Ensino Médio a construção de um barquinho a vapor com materiais recicláveis com embasamento no estudo da Física Térmica, com elaboração de hipóteses e testagem das mesmas;
- Aplicar as estratégias metodológicas da construção de mapas conceituais e da experimentação para compreensão e aplicação dos conceitos de calor, temperatura, energia interna, energia mecânica e trabalho;
- Compreender as noções básicas de Termodinâmica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem da temática das máquinas a vapor como ferramentas para a Revolução Industrial;
- Identificar e analisar aprendizagens significativas por meio das atividades implementadas – mapas conceituais.

3 JUSTIFICATIVA

Ensinar Física de forma tradicional não é uma tarefa fácil nos dias atuais, pois é muito cobrado do aluno que este tenha motivação para estudar uma disciplina que eles julgam ser desnecessária.

O conteúdo de Termodinâmica, temática principal deste produto educacional, permeia o nosso cotidiano e é preciso permitir aos alunos perceberem a importância da Termodinâmica na construção da sociedade moderna a partir da invenção das máquinas a vapor, tão importantes para a Revolução Industrial e para o próprio desenvolvimento da humanidade, pois tratar e discutir este tema traz para o espaço de sala de aula do Ensino Médio uma discussão atual, que confronta a ciência do século XVIII até o princípio do século XXI.

Usando a história do surgimento das máquinas a vapor – as primeiras máquinas térmicas – e a experimentação para tratar este tema, esperamos trazer para o segundo ano do Ensino Médio a possibilidade de tratar um tema de Física a partir da apresentação do conteúdo próprio desta série - e conteúdos e conceitos da Termodinâmica.

A experimentação se mostra eficaz na construção de um ambiente facilitador e motivador da aprendizagem. É uma estratégia que apresenta inúmeras situações desafiadoras e, quando bem planejada, contribui de forma substancial para a elaboração de novos conhecimentos e aquisição de novas habilidades e competências no que se refere ao aprendizado da Física (HOFFMANN, 2017).

A construção do barquinho a vapor a partir de materiais recicláveis pode favorecer o despertar do interesse dos alunos nos estudos dos conteúdos da Física Térmica, levando-os a participar melhor das aulas bem como a obterem melhores resultados nas avaliações, além de consolidar conhecimentos por meio da experimentação.

Além do mais, ao adotarmos a história do surgimento das máquinas a vapor e a experimentação, buscamos promover o aluno de um espectador passivo para um ator ativo no processo de construção do próprio conhecimento.

4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

O trabalho teve como objetivo apresentar uma proposta na forma de sequência de ensino, em que foram explorados conteúdos da Física Térmica – Termodinâmica, procurando desenvolver habilidades e competências tais como (1) identificar a contribuição do calor nos processos envolvidos no funcionamento de máquinas térmicas, possibilitando a realização de trabalho a partir de diferenças de temperatura; (2) compreender que o desenvolvimento das máquinas térmicas foi um dos fatores responsáveis pelo acontecimento da “Revolução Industrial”, que acabou por mudar o modo de produção da época, influenciando toda a sociedade moderna; (3) entender a energia de um corpo como a sua capacidade para realizar trabalho e que essa energia pode se apresentar de diversas formas; (4) compreender o funcionamento de máquinas, aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum que visem melhorar a qualidade de vida e (5) perceber a energia como algo que se conserva que pode ser armazenada em sistemas, que pode ser transferida de um corpo a outro e transformada de uma forma em outra.

As atividades foram desenvolvidas durante o ano letivo de 2021, no município de Tapejara – PR, em uma turma do 2º ano do Ensino Médio do período matutino do Colégio Estadual Santana de Tapejara – Ensino Médio e Normal. A proposta foi implementada em sete encontros, totalizando 14 aulas, sempre no contra turno escolar da turma escolhida, com participação não obrigatória e trabalho realizado sempre em equipe (duplas).

Também foi proposta a realização de um experimento que consistia basicamente na construção do Barquinho Pop Pop, um mini barco a vapor movido através de uma simples vela que aquece um tubo de alumínio e que, depois de aquecido, faz com que haja uma constante entrada e saída de vapor d’água, movimentando o barquinho.

Para a realização do experimento foram necessários os seguintes materiais: lata de alumínio, isopor fino (como o de bandeja de frios), canudo dobrável (de ponta maleável), vela de aniversário, cola Araldite (cola epóxi multiuso, super resistente para pequenos reparos), pistola de cola quente, estilete, tesoura, caneta permanente, fita crepe, isqueiro, pedaço de tábua ou régua de madeira.

5 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Esta atividade tem como referencial teórico o ensino embasado na Aprendizagem Significativa e no ensino por investigação, cujo texto de referência segue em anexo

A sequência de ensino apresentada a seguir foi planejada para alunos do 2º ano do Ensino Médio, pois esses, em sua maioria, afirmam não gostar da Física e apresentam muitas dificuldades a ponto de muitos deles abandonarem a busca por entender os conteúdos ensinados na disciplina. A memorização de equações e conceitos, muitas vezes distantes da realidade dos alunos, se torna o caminho mais fácil para o docente tomar, e a tentativa de reversão desse quadro se apresentam como uma das tarefas mais difíceis no cotidiano escolar para esse professor.

FICHA TÉCNICA: A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA TERMODINÂMICA

Tipo de sequência didática: Curta, com metodologia de pesquisa e produto final voltados para a aprendizagem significativa.

Anos sugeridos: 2º ano

Duração (aulas previstas): 12 aulas

Conteúdos

- Máquinas a vapor;
- Energia;
- Leis;
- Entropia;
- Calor;
- Volume;
- Trabalho;
- Temperatura.

Objetivos

- Compreender as noções básicas de Termodinâmica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem da temática das máquinas a vapor como ferramentas para a Revolução Industrial;
- Conceituar calor, temperatura, capacidade térmica, energia, trabalho e entropia;
- Entender e descrever a primeira e a segunda leis da Termodinâmica.

Produtos finais (avaliação)

Construção do “barquinho Pop Pop”, caracterizando uma máquina térmica que transforma o calor das chamas da vela em movimento, energia térmica em energia mecânica.

<p>02- O motor de um automóvel é uma máquina térmica, que funciona obedecendo às leis:</p> <ul style="list-style-type: none">a) da mecânicab) de Newtonc) da gravidaded) da Termodinâmica
<p>03- Qual é a função da vela de ignição no motor de um automóvel?</p> <ul style="list-style-type: none">a) iluminar as partes internasb) produzir faísca elétrica para explodir o combustívelc) aumentar a temperatura do motord) dar a partida no motor
<p>04- O que é uma máquina térmica?</p> <ul style="list-style-type: none">a) é uma máquina capaz de medir a temperaturab) é uma máquina que converte calor em trabalhoc) é uma máquina que funciona com temperatura constanted) é uma máquina que funciona sem necessitar de combustível
<p>05- A primeira Lei da Termodinâmica diz respeito a:</p> <ul style="list-style-type: none">a) dilatação térmicab) conservação da massac) conservação da quantidade de movimentod) conservação da energia
<p>06- “A energia não pode ser criada nem destruída; pode apenas ser transformada de uma forma em outra, e sua quantidade total permanece constante”. Essa afirmativa é:</p> <ul style="list-style-type: none">a) falsa, porque esse enunciado não se aplica às leis da Termodinâmicab) verdadeira, pois se refere à primeira lei da Termodinâmicac) verdadeira, pois se refere à segunda lei da Termodinâmicad) falsa, porque essas características não podem ocorrer
<p>07- O rendimento de uma máquina térmica está diretamente ligado a:</p> <ul style="list-style-type: none">a) pressão e volumeb) questões climáticasc) potência e forçad) fonte quente e fonte fria
<p>08- A segunda Lei da Termodinâmica é compreendida como:</p> <ul style="list-style-type: none">a) uma máquina térmica possui rendimento de 100%b) a energia total de um sistema isolado é constantec) é impossível que, espontaneamente, o calor flua de uma fonte fria para uma fonte quented) não sei responder
<p>09- Após a explosão do combustível no interior do motor, parte da energia deste é transformada em outro tipo de energia. Que tipo de energia é essa:</p> <ul style="list-style-type: none">a) gravitacionalb) elétricac) mecânica

d) Sonora

10- Você percebe alguma relação entre a Termodinâmica e o seu cotidiano?

- a) sim
- b) não
- c) um pouco
- d) muito

Em que lugar ou momento?

2º encontro - Construção de um mapa conceitual com os conhecimentos trazidos pelos alunos e posterior aprofundamento sobre o tema.

Neste segundo encontro, o professor e os alunos, divididos em duplas, passam para a construção do mapa conceitual acerca dos conceitos apresentados no questionário.

A partir das respostas dadas pelos alunos e logo após a construção dos mapas, o professor forma um círculo com os alunos na sala, para discussão destes e para o mesmo fazer anotações das primeiras impressões sobre os conceitos que os alunos conhecem sobre o conteúdo que vai ser estudado.

Em seguida, é apresentado aos alunos um texto trazendo informações sobre a Revolução Industrial e a influência da máquina a vapor.

A Influência da Máquina a Vapor na Primeira Revolução Industrial

Máquina a vapor é o nome dado a qualquer motor que funcione pela transformação de energia térmica em energia mecânica através da expansão do vapor de água. Desenvolvida no século XVIII, sua tecnologia continuou a ser utilizada e aperfeiçoada até o início do século XX.

O matemático e engenheiro greco-egípcio, Hierão de Alexandria, no século I a.C., criou a primeira máquina a vapor, a eolípila, também chamada de “bola de vento”. No final do século XVII,



Hierão de Alexandria.
Fonte: www.wikipedia.org.br



Eolípila de Hierão de Alexandria.
Fonte: www.wikipedia.org.br

Denis Papin e Thomas Savery desenvolvem os primeiros motores a vapor de uso prático e de interesse industrial.

Em 1712, Thomas Newcomen criou o chamado “motor de Newcomen”. O motor foi o primeiro tipo a vapor a ser amplamente usado.

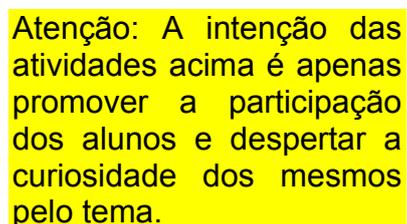
Em 1769, James Watt, um fabricante de instrumentos londrino, aperfeiçoou a máquina de Newcomen, inventou um motor a vapor com menores problemas de perda de energia em relação ao motor de Newcomen, que gastava muito tempo por ter o aquecimento tanto do vapor quanto do combustível em um mesmo cilindro.

Uma das primeiras utilizações da máquina a vapor foi para fabricação de tecidos. Graças a essas máquinas, a produção de mercadorias aumentou muito e o lucro dos donos das fábricas também. As fábricas se espalharam rapidamente e provocaram mudanças profundas no modo de vida e na mentalidade de milhões de pessoas. Os historiadores chamam esse período de Primeira Revolução Industrial.

No início do século XIX, a máquina a vapor passou a ser usada nos meios de transporte. O primeiro barco a vapor surgiu em 1807. Na Inglaterra, em 1825, o engenheiro George Estephenson construiu a primeira estrada de ferro. O barco a vapor e as estradas de ferro diminuíram o tempo das viagens.

Além disso, o custo dos transportes baixo aumentou ainda mais o volume das trocas, isto é, o mercado. O aumento das trocas fez com que fosse necessário produzir mais, e, assim, os avanços da industrialização tornaram-se cada vez maiores.

Fonte: QG do Enem, 2016.



Atenção: A intenção das atividades acima é apenas promover a participação dos alunos e despertar a curiosidade dos mesmos pelo tema.

Nesta atividade objetivou-se fazer um recorte interdisciplinar com a disciplina de História, mais especificamente com os conteúdos relacionados à Revolução Industrial.

O texto é lido e discutido e, logo após, são realizadas algumas comparações com o que for discutido e com as respostas dadas no questionário e apresentadas em forma de mapa conceitual para prováveis acréscimos ou mudanças.

3º encontro – Apresentação e discussão dos conceitos relacionados aos conteúdos da Física Térmica por meio de PowerPoint

Neste momento, é apresentado um PowerPoint com o título **Conceito de Temperatura e Calor** (em anexo) para a introdução e discussão dos conceitos: termologia, temperatura, equilíbrio térmico, calor, teoria do calórico, condução térmica, condutores e isolantes térmicos, convecção e irradiação térmica, máquinas térmicas de Savery, Newcomen e Watt, entropia, rendimento de uma máquina térmica e sua equação.

Logo a seguir, é dada a lista de exercícios abaixo para fixação dos conceitos:

1. (CFTMG) Ao se colocar gelo em um copo com água, verifica-se que a água esfria.

Esse fenômeno é explicado pelo fato do (a)

- a) gelo liberar calor para água.
- b) gelo ceder energia para água.
- c) água ceder calor para o gelo.
- d) água absorver energia do gelo.

2. (CFTMG 2014) No senso comum, as grandezas físicas calor e temperatura geralmente são interpretadas de forma equivocada. Diante disso, a linguagem científica está corretamente empregada em

- a) “Hoje, o dia está fazendo calor”.
- b) “O calor está fluindo do fogo para a panela”.
- c) “A temperatura está alta, por isso estou com muito calor”.
- d) “O gelo está transmitindo temperatura para água no copo”.

3. Assinale a alternativa que define de forma correta o que é temperatura:

- (a) É a energia que se transmite de um corpo a outro em virtude de uma diferença de temperatura.
- (b) Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõe um corpo, quanto mais agitadas as partículas de um corpo, menor será sua temperatura.
- (c) Energia térmica em trânsito.
- (d) É uma forma de calor.
- (e) Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõe um corpo, quanto mais agitadas as partículas de um corpo, maior será sua temperatura.

4. (FUVEST - SP): Têm-se dois corpos, com a mesma quantidade de água, um aluminizado A e outro negro N, que ficam expostos ao sol durante uma hora. Sendo inicialmente as temperaturas iguais, é mais provável que ocorra o seguinte:

- (a) Ao fim de uma hora não se pode dizer qual temperatura é maior.
- (b) As temperaturas são sempre iguais em qualquer instante.
- (c) Após uma hora a temperatura de N é maior que a de A.
- (d) De início a temperatura de A decresce (devido à reflexão) e a de N aumenta.
- (e) As temperaturas de N e de A decrescem (devido à evaporação) e depois crescem.

5. Ao colocar bebidas quentes em copos de alumínio, qualquer pessoa sentirá desconforto em segurar o copo e beber o líquido. Isso ocorre porque:

- a) por mais que seja um isolante térmico, o alumínio possui baixo calor específico e facilmente sofre variações de temperatura.
- b) o alumínio possui alto calor específico e facilmente sofre variações de temperatura.
- c) o alumínio é um ótimo condutor térmico de baixo calor específico.
- d) o alumínio possui baixo calor específico e, por isso, facilmente sofre variações de temperaturas.
- e) o alumínio, tipo de material ferromagnético, possui baixo calor específico e, por isso, facilmente sofre variações de temperaturas.

Para finalizar o terceiro encontro, é passada aos alunos a lista de materiais necessários para a construção do barquinho, a ser realizada no quarto encontro.

4° e 5° encontros – Início da construção e finalização do experimento (barquinho Pop Pop) com os estudantes.

No quarto encontro é apresentado o vídeo do barquinho Pop Pop com o intuito de mostrar o passo a passo da construção do barquinho, que os alunos realizarão em duplas.

Os alunos iniciam a construção do barquinho no quarto encontro e a finalizam no quinto encontro.

Roteiro da construção do barquinho Pop Pop em 5 passos

Primeiro Passo – separe os materiais necessários: uma lata de alumínio em perfeito estado; isopor; canudos que entortam a ponta; velas pequenas (como as de aniversário); cola quente; cola Araldite; tesoura; canetas; fita crepe; isqueiro; palitos de dente; modelo em papel cartão.

Segundo Passo – faça o ajuste da lata de alumínio: primeiro corte a parte superior da latinha de alumínio com o auxílio do estilete e da tesoura. Em seguida, corte em linha reta até a base da latinha e repita o processo até se obter uma placa de alumínio abrindo a latinha na lateral. Depois dobre o alumínio e prenda as pontas com fita seguindo o modelo disponibilizado. Cole o molde sobre o alumínio sendo fixo por fita crepe embaixo. Feito os devidos cortes, dobre o alumínio da parte indicada no molde.

Terceiro Passo – fixe os canudos: com a parte que sobrou do ajuste no tamanho da latinha, use-o para colocar os canudos dentro. Cole todas as partes que estiverem abertas entre as pontas do alumínio, para que apenas o canudo esteja para fora. Corte os canudos até ficarem com 4 cm. Recorte o molde e prenda aos canudos, fazendo com se encaixem, conforme mostra a figura a seguir.



Fonte: <https://www.instructables.com/Como-construir-um-barquinho-pop-pop/>, 2023.

Quarto Passo – monte o barquinho: recorte o molde e coloque em cima do isopor. Iguale os dois com a tesoura. Pegue os canudos com o alumínio, já secos, e insira no furo feito no barquinho, certificando-se que os canudos fiquem fixos no isopor.

Quinto Passo – finalize o barquinho: corte a vela de aniversário de um tamanho que fique próximo ao alumínio quando preso na base e fixe a vela com a cola quente. Quando estiver tudo seco, basta colocar o barquinho na água e acender a

vela.

Também no quinto encontro é dada uma nova lista de exercícios para que os alunos resolvam (a lista está disponibilizada abaixo).

Questão 1

Um cilindro com êmbolo móvel contém um gás à pressão de $4,0 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$. Quando é fornecido 6 kJ de calor ao sistema, à pressão constante, o volume do gás sofre expansão de $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$. Determine o trabalho realizado e a variação da energia interna nessa situação.

Para resolver esta questão seguir os passos:

Resposta correta: o trabalho realizado é de 4000 J e a variação da energia interna é de 2000 J.

Dados:

$$P = 4,0 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$Q = 6 \text{ kJ ou } 6000 \text{ J}$$

$$\Delta V = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$T = ? \quad \Delta U = ?$$

1ª Etapa: Calcular o trabalho com os dados do problema.

$$T = P \cdot \Delta V$$

$$T = 4,0 \cdot 10^4 \cdot 1,0 \cdot 10^{-1}$$

$$\mathbf{T = 4000 \text{ J}}$$

2ª Etapa: Calcular a variação da energia interna com o novo dado.

$$Q = T + \Delta U$$

$$\Delta U = Q - T$$

$$\Delta U = 6000 - 4000$$

$$\mathbf{\Delta U = 2000 \text{ J}}$$

Portanto, o trabalho realizado é de 4000 J e a variação da energia interna é de 2000 J.

2.1.1 Questão 2

(Adaptado do ENEM 2011) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso quer dizer que há vazamento da energia em outra forma.

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes da:

- a) liberação de calor dentro de o motor ser impossível.
- b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) utilização de energia potencial de o combustível ser incontrolável.

Alternativa correta: c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.

A atividade acima tem como intuito observar se aluno entendeu que o calor não pode ser totalmente convertido em trabalho. Durante o funcionamento do motor, parte da energia térmica se dissipa, sendo transferida para o meio externo.

6º encontro - Competição com os barquinhos construídos pelos estudantes (corrida de barquinhos).

Neste encontro os alunos realizam a corrida de barquinhos. Para a realização da corrida, utiliza-se uma piscina plástica na qual os alunos procedem à execução da corrida.

O sexto encontro tem duração de duas aulas. Na primeira delas, os alunos realizam a corrida e, na segunda, iniciam a construção de um novo mapa conceitual, de forma coletiva, após todo o trabalho realizado.

7º encontro - Término e comparação dos mapas conceituais e avaliação da atividade.

Para a avaliação da atividade é realizada uma roda de conversa, voltada para a construção e a corrida de barquinhos. Durante a conversa deve-se observar se os alunos conseguiram compreender, a partir da construção do barquinho, a caracterização de uma máquina térmica, isto é, se eles foram capazes de entender que houve transformação do calor das chamas da vela em movimento, energia térmica em energia mecânica, chegando às seguintes conclusões:

- ✓ o barquinho se move porque há pequenas gotas de água no interior do compartimento de alumínio;
- ✓ quando essas gotas esquentam, se transformam em vapor e “expulsam” a água que está nos canudinhos, criando uma espécie de jato;
- ✓ quando o vapor está prestes a sair, o contato com a água gelada faz com que ele esfrie e se transforme em líquido novamente;
- ✓ com a diminuição de temperatura, diminui também a pressão dentro do compartimento de alumínio, fazendo com que a água volte para lá;
- ✓ desta forma, a água esquentando novamente, e assim o ciclo recomeça.

Estas aulas têm como objetivo o reconhecimento e aplicação do conceito de trabalho nos sistemas que contenham gases; a compreensão da relação entre as grandezas calor, trabalho e variação de energia interna como princípio de conservação de energia e a compreensão da primeira e da segunda lei da Termodinâmica como uma expressão do princípio da conservação de energia. Além disso, também se objetiva a construção de mapas conceituais para levantamento dos conhecimentos dos alunos a partir do que havia sido estudado.

REFERÊNCIAS

A INFLUÊNCIA DA MÁQUINA A VAPOR NA PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL. **QG do Enem**, 2016. Disponível em: <https://blog.enem.com.br/a-influencia-da-maquina-a-vapor-na-primeira-revolucao-industrial/>. Acesso em: 20 jan./2021.

ANASTASIOU, Lea das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate (orgs.). **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em sala de aula**. 6. Ed. – Joinville, SC: UNIVILLE, 2006.

BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra Elizabet Bazana. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007.

GREGIO, Nivaldo de Oliveira. **Termodinâmica, um tutorial para entendimento do conceito de entropia**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2016.

HOFFMANN, Jairo Luiz. **O panorama de uso da experimentação no ensino da física em municípios da região oeste do Paraná: uma análise dos desafios e das possibilidades**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2017. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/dissertacoes_teses/dissertacao_jairo_luiz_hoffmann.pdf. Acesso em: fev./2022.

MANUAL DO MUNDO. **Como fazer um barco a vapor (barquinho Pop Pop)**. 2012. Disponível em: <http://manual-do-mundo5.blogspot.com/2012/05/como-fazer-um-barco-vapor-barquinho-pop.html>. Acesso em: fev./2022.

MOREIRA, Marco Antonio. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física: a teoria de Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

_____. **Aprendizagem Significativa: Um conceito subjacente**. Aprendizagem Significativa em Revista. V1(3), pp. 25-46, 2011. Disponível em: https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf. Acesso em: jan./2021.

_____. Uma análise crítica do ensino de Física. **Ensino de Ciências**. Estud. av. 32 (94). Sep-Dec, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsfWPqr6hjzyLQzs/?lang=pt>. Acesso em: fev./2022.

MOREIRA, Marcos Antônio.; MASINI, Elsie Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Editora Moraes LTDA, 1982.

RODRIGUES, Davi Cabral. **Termodinâmica**. Vitória - UFES, Departamento de Física, 2011.

ANEXO – Fotos das lâminas de Power Point utilizadas no Produto Educacional

Aplicação do Produto Educacional – Mestrado Profissional em Ensino de Física

CONCEITO DE TEMPERATURA E CALOR

Everton Merlin



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



TERMOLOGIA

É a parte da física que estuda os fenômenos relativos ao aquecimento, ao resfriamento ou às mudanças de estado físico em corpos que recebem ou cedem energia. Temperatura e Calor são objetos de estudo da Termologia.

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



TEMPERATURA

Temperatura é a grandeza física associada ao estado de movimento ou à agitação das partículas que compõem os corpos (1).

Moléculas muito agitadas = Temperatura alta.

Moléculas pouco agitadas = Temperatura baixa.

EQUILÍBRIO TÉRMICO

Todos os corpos, sempre que possível, tendem a ir espontaneamente para o mesmo estado térmico.

Portanto:

“Dois ou mais sistemas físicos estão em equilíbrio térmico entre si quando suas temperaturas são iguais”.



Imagem: SEE-PE, rediseenhado a partir da imagem de Autor Desconhecido.

As partículas da água “quente” fornecem parte de sua energia de agitação para as partículas da água “fria” e vice-versa. A troca de energia só é interrompida quando o equilíbrio térmico é atingido.

CALOR

Calor é a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro, em razão, exclusivamente, da diferença de temperatura entre eles.

TEORIA DO CALOR COMO SUBSTÂNCIA (CALÓRICO)

No século XVIII, o calor era considerado uma espécie de substância invisível ou um tipo de fluido.

Segundo essa teoria, a substância “calor” ou “calórico” apresentava características especiais:

- penetrava facilmente na matéria;
- era atraída pela matéria;
- não podia ser criada nem destruída;
- não possuía massa.

A teoria do calórico se tornou obsoleta, quando não conseguiu explicar o aquecimento provocado por atrito entre dois objetos, como um esfregar de mãos , por exemplo.



Imagem: Lubyanka / Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

AS UNIDADES DE MEDIDA DO CALOR

A unidade oficial de calor no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Joule (J).

No entanto, na resolução de problemas de troca de calor, dá-se preferência, por razões históricas, à unidade caloria (cal).

PROCESSOS DE PROPAGAÇÃO DO CALOR

A mudança da energia térmica da região de maior temperatura para a de menor temperatura pode ser processada de três maneiras distintas:

- ✓ condução;
- ✓ convecção;
- ✓ Irradiação.

CONDUÇÃO TÉRMICA

É o processo de propagação de calor, no qual a energia térmica passa de partícula para partícula em um meio.



Condução de calor através de uma barra de metal.

Imagem: Clive M. Countryman / Forest Service
- United States Department of Agriculture / U.S.
Public Domain.

MAESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

UTFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CONDUTORES E ISOLANTES TÉRMICOS

Condutores térmicos são materiais nos quais o processo de condução do calor é acentuado.

Exemplo: os metais.



Imagem: granger / Creative
Commons Attribution 2.0
Generic.

MAESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

UTFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Isolantes térmicos são materiais nos quais ocorre pouca ou nenhuma transmissão de calor.

Exemplos: madeira e isopor.



Imagem: przykuta / Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.



Imagem: Eurthimia / Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Unported.

CONVECÇÃO TÉRMICA

É o processo de propagação de calor, no qual a energia térmica se propaga pela movimentação de massas líquidas ou gasosas, que alteram suas posições no meio devido à diferença de densidade.

A transferência de energia por convecção, só ocorre em materiais fluidos (líquidos ou gases).

É um fenômeno cíclico, no qual formam-se correntes de convecção, ou seja, o fluido (ar ou água) mais quente tende a subir e o mais frio tende a descer.

A refrigeração dos alimentos em refrigeradores domésticos, assim como o aquecimento da água em uma chaleira acontecem por correntes de convecção.



Imagem: SEE-PE, redesenhado a partir da imagem de Autor Desconhecido.

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

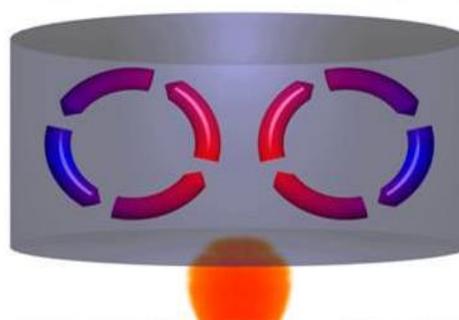


Imagem: Oni Luma / GNU Free Documentation License

IRRADIAÇÃO TÉRMICA

É o processo de propagação de calor em que a energia térmica se propaga sob a forma de ondas eletromagnéticas.

A energia chega até o indivíduo, por um tipo de radiação que se propaga tanto na matéria, como no vácuo.

A energia do Sol, que viaja no vácuo e aquece o nosso planeta, é transmitida por irradiação térmica.

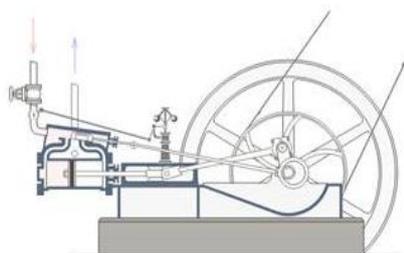


AS MÁQUINAS TÉRMICAS

Imagem: Nicolai Pérez /
GNU Free Documentation
License.



Imagem: Panther / GNU
Free Documentation
License.



MÁQUINAS TÉRMICAS são máquinas capazes de realizar um trabalho através da transferência de calor entre duas fontes: uma quente e outra fria. Através de ciclos, parte do calor retirado da fonte quente é transformado em trabalho e outra parte é transferido para a fonte fria.

UTFPR

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA
BRASIL

A importância da Revolução Industrial para o desenvolvimento da Termodinâmica

A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL teve início no século XVIII, na Inglaterra, com a mecanização dos sistemas de produção. Enquanto na Idade Média o artesanato era a forma de produzir mais utilizada, na Idade Moderna tudo mudou. A burguesia industrial, ávida por maiores lucros, menores custos e produção acelerada, buscou alternativas para melhorar a produção de mercadorias. Também podemos apontar o crescimento populacional, que trouxe maior demanda de produtos e mercadorias.

Com a Revolução Industrial, as máquinas substituíram várias ferramentas e eliminaram algumas funções antes exercidas pelos operários. Nessa época, as máquinas térmicas mais utilizadas foram trens, navios e os primeiros automóveis. Somente no século XVIII vieram a ser construídas as primeiras máquinas térmicas capazes de realizar trabalho em escala industrial.

UTFPR

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA
BRASIL

Fonte: <http://gptsunara2m2.wordpress.com/maquinas-termicas-e-a-revolucao-industrial/>

A máquina de Savery

Nascido por volta de 1650, na região de Devon, sudoeste da Inglaterra, Thomas Savery foi o primeiro a produzir um equipamento de uso prático para elevar água utilizando vapor. É referido como Capitão Savery, mas não se sabe exatamente o porquê desta designação, visto que não se tem conhecimento de uma nomeação oficial.

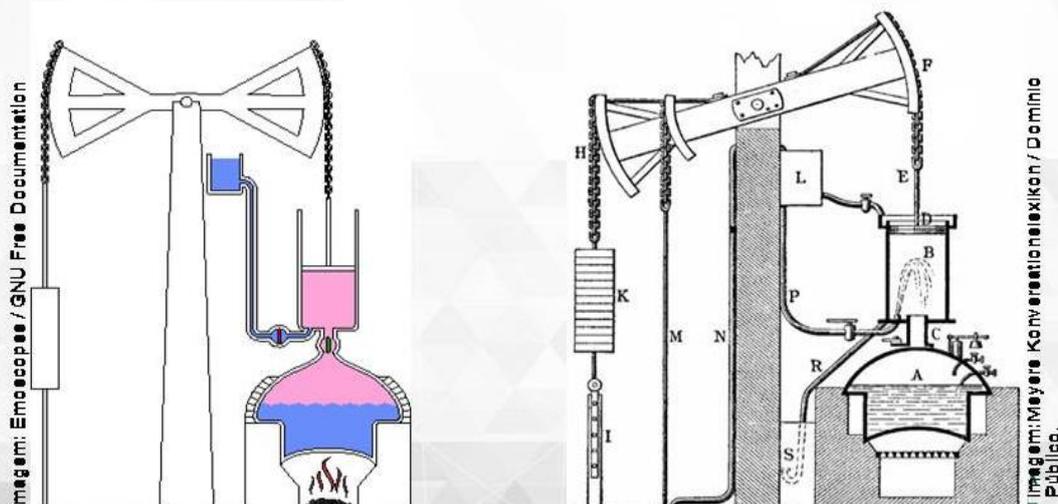
A máquina de Thomas Savery apresentava sérios problemas em relação ao seu projeto e ao seu funcionamento. Um desses problemas era o seu baixíssimo rendimento, uma vez que boa parte da energia era perdida quando havia enorme perda de calor na troca entre vapor e água. Além disso, a máquina necessitava de muita pressão de vapor, o que aumentava a temperatura e consequentes acidentes graves (PASCOAL, 2016).

A máquina a vapor de Thomas Newcomen

Thomas Newcomen, ao melhorar o sistema da máquina a vapor produzida anteriormente por Savery, elaborou um sistema composto por um cilindro e um pistão móvel que se destacava pela diversificação de uso, fazendo mais do que bombear água nas minas, pois elevava pesos e gerava movimento através do vapor de água, destaca Pascoal (2016).

O motor de Newcomen consistia de uma caldeira, situada diretamente abaixo do cilindro e, diferente da máquina de Savery, ao construir cilindros polidos, os pistões (êmbolos) se ajustavam.

A máquina a vapor de Newcomen

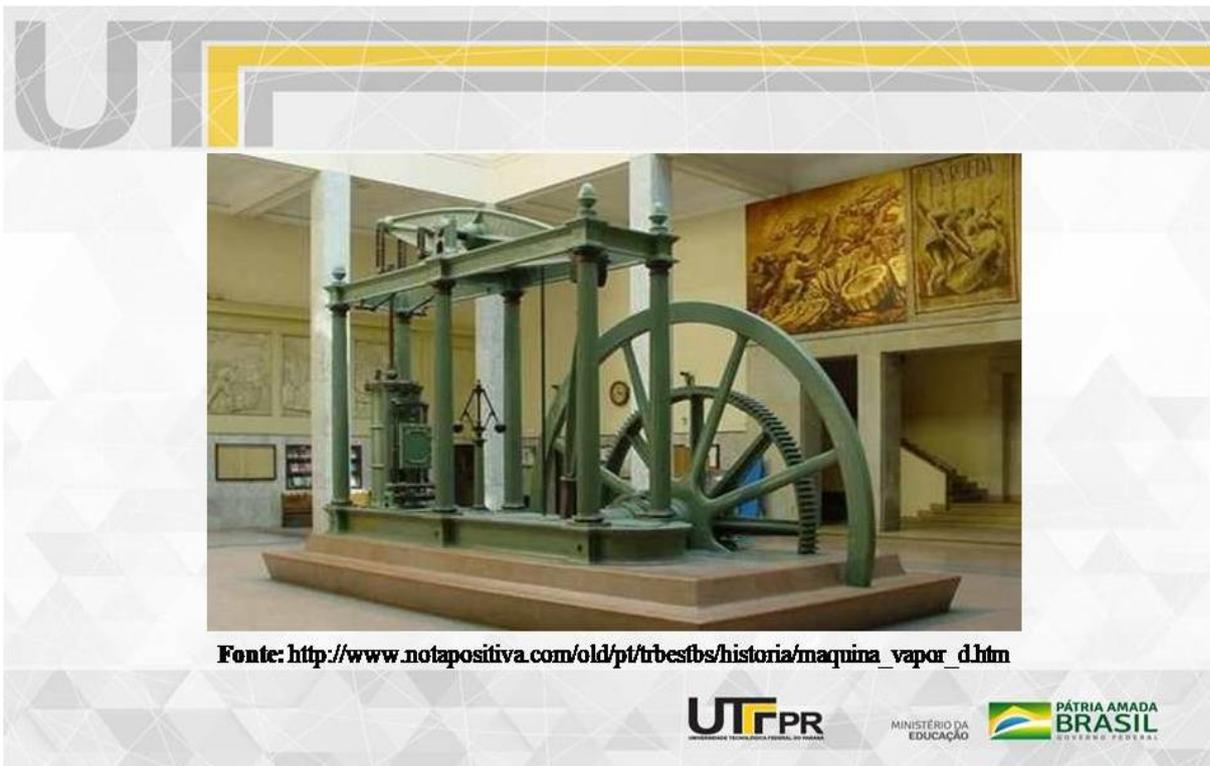


A máquina a vapor de James Watt

James Watt foi um matemático e engenheiro escocês que se interessou pela tecnologia dos motores a vapor, realizando melhorias no modelo da máquina de Newcomen, que não funcionou de forma satisfatória.

O interesse e a descoberta de Watt estavam na importância do calor latente para o funcionamento da máquina. Ele também construiu um modelo igual ao de Newcomen que também apresentava os mesmos problemas.

Watt adicionou um segundo cilindro onde ocorreria a condensação do vapor, ou seja, separou o condensador do cilindro principal, e essa pequena modificação aumentou em cinco vezes a eficiência da máquina, além de reduzir o seu consumo.



Fonte: http://www.notapositiva.com/old/pt/trbesfbs/historia/maquina_vapor_d.htm

UTFPR

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

A clear glass filled with water and several ice cubes is shown. The ice is melting, and the water level is rising. The background is a warm, golden-brown color.

Imagem: Myeld / Domínio Público.

ENTROPIA é a medida de quanto um sistema se desorganiza. Para processos reversíveis ela permanece constante enquanto que nos irreversíveis ela aumenta. Dessa forma os sistemas tendem a degradar energia naturalmente. Nas transformações irreversíveis a ENTROPIA é a medida da parte da energia que não é convertida em trabalho.

TRANSFORMAÇÕES REVERSÍVEIS E IRREVERSÍVEIS

Chamamos de **TRANSFORMAÇÕES REVERSÍVEIS** aquela que após o seu final o sistema retorna às suas condições iniciais pelo mesmo caminho, passando pelos mesmos estágios na sequência inversa sem a interferência de fatores externos. Já nas **TRANSFORMAÇÕES IRREVERSÍVEIS** isso não ocorre.

UTFPR

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

RENDIMENTO DE UMA MÁQUINA TÉRMICA (η)

O Rendimento de qualquer sistema é sempre representado pela relação entre a quantidade útil da grandeza e a quantidade total. Assim também acontece com as máquinas térmicas. Dessa forma, a quantidade útil se refere ao trabalho realizado e a quantidade total refere-se à quantidade de calor retirada da fonte quente.

$$\eta = \frac{\tau}{Q_q} \quad \longrightarrow \quad \eta = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q} \quad \longrightarrow \quad \eta = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$$

Observe que a máquina ideal deveria ter rendimento de 100% ($\eta=1$). Para que isso acontecesse seria necessário que a quantidade de calor rejeitado para a fonte fria fosse zero. Como mostrou Carnot, isso é impossível. Na prática, os valores do rendimento são baixos, por exemplo, em motores a gasolina (entre 21% e 25%).



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



Fonte: FUKUI, Ana. *Física: Ensino Médio*. 2ª série. 1ª ed. Edições SMA, 2009.

Referencias Bibliográficas

ARTUSO, Alysson Ramos. *Física para o Ensino Médio*. V. 2. Curitiba: Positivo, 2013.

GREGIO, Nivaldo de Oliveira. *Termodinâmica, um tutorial para entendimento do conceito de entropia*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2016.

HALLIDAY, David. *Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica*. Volume 2, Rio de Janeiro: LTC, 2013.

HEWITT, Paul A. *Física Conceitual* [recurso eletrônico]. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MANTOUX, Paul. *A Revolução Industrial*. São Paulo: Editora Hucitec, 2ª edição, 1927.

OLIVEIRA, Rosane Machado de. *Revolução Industrial na Inglaterra: Um Novo Cenário na Idade Moderna*. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Edição 07. Ano 02, Vol. 01. pp 89-116, outubro de 2017.

PÁDUA, Antônio Braz de. *A história da termodinâmica clássica: uma ciência fundamental*. Londrina: EDUEL, 2009.

PASCOAL, Alexandre dos Santos. *A evolução histórica da máquina térmica de Carnot como proposta para o ensino da segunda lei da termodinâmica*. Dissertação [Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática]. Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2016.

QUADROS, Sérgio. *A Termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas*. 1. São Paulo: Scipione, 2008.



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



