

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO TEÓRICO-PRÁTICO SOBRE
MÁQUINAS TÉRMICAS USANDO MATERIAIS POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVOS

RENAN DA SILVA AMOR

Presidente Prudente

2022

Renan da Silva Amor

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO TEÓRICO-PRÁTICO SOBRE
MÁQUINAS TÉRMICAS USANDO MATERIAIS POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVOS

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Agda Eunice de Souza

Presidente Prudente
2022

A524s	Amor, Renan da Silva Sequência didática para o ensino teórico-prático sobre máquinas térmicas usando materiais potencialmente significativos / Renan da Silva Amor. -- Presidente Prudente, 2022 158 f. Dissertação (Mestrado profissional - Ensino de Física (MNPEF)) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientadora: Agda Eunice de Souza 1. Máquinas Térmicas. 2. Termodinâmica. 3. Aprendizagem Significativa. 4. Ensino de Física. 5. Metodologias Ativas. I. Título.
-------	---

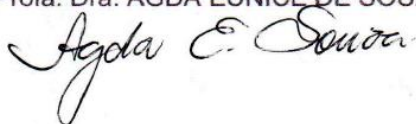
Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RENAN DA SILVA AMOR, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA.

Aos 22 dias do mês de dezembro do ano de 2022, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RENAN DA SILVA AMOR, intitulada **Sequência Didática para o ensino teórico-prático de máquinas térmicas usando materiais potencialmente significativos**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Prof. Dr. DEUBER LINCON DA SILVA AGOSTINI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Prof. Dr. JOÃO RICARDO NEVES DA SILVA (Participação Virtual) do(a) Instituto de Física e Química / Universidade Federal de Itajubá. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. AGDA EUNICE DE SOUZA ALBAS

A handwritten signature in black ink, reading "Agda Eunice de Souza Albas", is written over the printed name.

Dedico este trabalho às pessoas que acreditam na
Educação como objeto de esperança para um
mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

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

Agradeço, primeiramente, à minha avó Bernardina e a meu avô Antônio, (em memória), que são exemplos de vida e que hoje acredito que estejam felizes por mais uma vitória.

Agradeço à minha mãe Maria que sempre me incentivou para que eu pudesse trilhar meu caminho.

Agradeço à minha esposa Gabriele e ao meu filho Anthony, que esteve ao meu lado em toda essa jornada.

Agradeço aos meus professores, sem exceções, que me inspiraram e ensinaram que a educação é um processo de constante aprendizado.

Agradeço a minha orientadora, professora Agda que auxiliou, apoiou e cobrou na medida certa.

Agradeço a todos que positivamente ou negativamente fizeram parte da minha vida de alguma maneira.

"Não há saber mais ou saber menos: há saberes
diferentes". (Paulo Freire)

RESUMO

Este trabalho apresenta a construção de uma sequência didática (SD) usando metodologias ativas como alternativa aos modelos tradicionais de ensino. O tema escolhido foi Máquinas Térmicas, tendo em vista a sua interdisciplinaridade e sua presença no cotidiano. A sequência foi desenvolvida segundo a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel que proporciona uma assimilação do que o indivíduo traz consigo para a construção de algo novo. Foi aplicada em uma turma de 2º ano do ensino médio de uma escola estadual do estado de São Paulo, no modelo de ensino integral. A SD apresenta seis aulas com diferentes abordagens, atividades e metodologias, de modo que o aluno se torne protagonista de seu próprio aprendizado, sendo o professor o mediador do mesmo. Os alunos realizaram ativamente as atividades propostas, tais como, leituras e interpretação de textos, aulas experimentais, visualização e discussão de vídeos e utilização de simuladores. As atividades propostas foram desenvolvidas de forma a otimizar o tempo em sala de aula, priorizando argumentações e soluções de problemas contextualizados, permitindo, portanto, uma interação evidente entre professor e aluno. Em todas as aulas da sequência houve algum tipo de metodologia que evidenciasse a participação ativa do estudante, cuja avaliação do conhecimento ocorreu durante todo o processo de desenvolvimento da SD. Ao final, foi proposta uma avaliação contendo questionários abertos e dissertativos, além de uma pesquisa qualitativa de satisfação dos alunos para com a sequência. Os resultados de aplicação desta proposta de SD foi satisfatório, tendo em vista o desempenho dos alunos nas atividades desenvolvidas, bem como as opiniões reveladas pela turma. Para complementar o trabalho desenvolvido, os resultados de aplicação desta SD foram comparados a outros, apresentados por outra sala de 2º ano do ensino médio da mesma escola, porém, sem a utilização da sequência didática proposta. Novamente, pôde-se notar, mediante a performance dos alunos na avaliação final, que a SD pode ter sido um diferencial para os alunos, cujo aprendizado apresentou indícios de significância, como prevê a teoria de Ausubel, adotada neste trabalho.

Palavras-chave: Máquinas Térmicas, Termodinâmica, Aprendizagem Significativa, Ensino de Física, Metodologias Ativas.

ABSTRACT

This work presents the construction of a didactic sequence (DS) using active methodologies as an alternative to traditional teaching models. The theme chosen was thermal machines, in view of its interdisciplinarity and its presence in everyday life. The sequence was developed according to David Ausubel theory of meaningful learning, which provides an assimilation of what the individual brings with him to build something new. It was applied in a 2nd year high school class at a state school in the state of São Paulo, in the integral teaching model. SD presents six classes with different approaches, activities and methodologies, so that the student becomes the protagonist of his own learning, with the teacher as its mediator. The students actively carried out the proposed activities, such as reading and interpreting texts, experimental classes, viewing and discussing videos and using simulators. The proposed activities were developed in order to optimize the time in the classroom, prioritizing arguments and solutions to contextualized problems, allowing, therefore, an evident interaction between teacher and student. In all the classes in the sequence, there was some kind of methodology that evidenced the active participation of the student, whose knowledge assessment took place throughout the DS development process. In the end, an evaluation was proposed containing open and essay questionnaires, in addition to a qualitative survey of students' satisfaction with the sequence. The results of applying this SD proposal were satisfactory, considering the performance of the students in the activities developed, as well as the opinions revealed by the class. To complement the work carried out, the results of applying this SD were compared to others, presented by another 2nd year high school class at the same school, however, without using the proposed didactic sequence. Again, it could be noted, through the students' performance in the final evaluation, that the DS may have been a differential for the students, whose learning showed signs of significance, as predicted by Ausubel theory, adopted in this work.

Keywords: Thermal Machines, Thermodynamics, Meaningful Learning, Physics Teaching, Active Methodologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Composição dos códigos alfanuméricos para identificar as aprendizagens propostas da BNCC	6
Figura 2 – Teoria de Willian Glasser	14
Figura 3 – Sentido natural de um processo termodinâmico	19
Figura 4 – Expansão livre de um gás ideal, processo irreversível	19
Figura 5 – Diagrama esquemático do fluxo de energia de uma máquina térmica	22
Figura 6 – Representação dos quatro tempos de um motor à gasolina.....	24
Figura 7 – Diagrama pV de um modelo idealizado do ciclo de Otto	25
Figura 8 – Diagrama de um modelo idealizado do ciclo de Diesel.....	28
Figura 9 – Diagrama de esquemático do fluxo de energia de um refrigerador	29
Figura 10 – Diagrama do princípio de funcionamento do ciclo de um refrigerador ..	30
Figura 11 – Ciclo de Carnot para um gás ideal	31
Figura 12 – Experimento máquina de Herón	40
Figura 13 – Simulador da máquina de Herón	41
Figura 14 – Experimentação da máquina térmica à vapor	42
Figura 15 – Simulação de funcionamento do Ciclo de Otto	44
Figura 16 – Simulação de funcionamento do Ciclo de Diesel	44
Figura 17 – Demonstração de funcionamento de um monocilindro	45
Figura 18 – Mapa conceitual sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre máquinas térmicas, sala 1	52
Figura 19 – Mapa conceitual sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre máquinas térmicas, sala 2	52
Figura 20 – Máquina térmica de Herón reproduzida pelos estudantes	54
Figura 21 – Máquina térmica realizando efetivamente trabalho	55
Figura 22 – Aula expositiva sobre o rendimento de uma máquina térmica	56
Figura 23 – Vídeo do Simulador observado pelo grupo 1	57
Figura 24 – Protótipo de cilindro do motor com papelão realizado pelo grupo 2	57
Figura 25 – Simulador online observado pelo grupo 3	58
Figura 26 – Simulador online observado pelo grupo 4	59
Figura 27 – Questão 1 da atividade avaliativa	60
Figura 28 – Questão 2 da atividade avaliativa	62

Figura 29 – Questão 3 da atividade avaliativa	63
Figura 30 – Questão 4 da atividade avaliativa	64
Figura 31 – Questão 5 da atividade avaliativa	65
Figura 32 – Questão 6 da atividade avaliativa	66
Figura 33 – Mapa conceitual sobre as máquinas térmicas realizado pela sala 1	67
Figura 34 – Aula mais interessante e significativa, segundo a concepção do estudante	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características dos mapas conceituais segundo Ontoria (2005)	13
Quadro 2 - Enunciado da segunda lei da termodinâmica de Kelvin-Planck	20
Quadro 3 – Ciclo de um motor de combustao interna com quatro tempos	24
Quadro 4 – Etapas do funcionamento do ciclo de Carnot	31
Quadro 5 – Resultado e comentário da questão 1, em (Apêndice A)	48
Quadro 6 – Resultado e comentário da questão 2, em (Apêndice A)	48
Quadro 7 – Resultado e comentário da questão 3, em (Apêndice A)	49
Quadro 8 – Resultado e comentário da questão 4, em (Apêndice A)	50

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa conceitual das competências gerais da BNCC	8
Mapa 2 – Estruturação da teoria de aprendizagem de Ausubel	10
Mapa 3 – Mapa conceitual sobre a temática das Máquinas Térmicas	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CO ₂	Dióxido Carbônico
CNT	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
EJA	Educação de Jovens e Adultos
LDB	Leis de Diretrizes e Bases
LDBEN	Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
ONU	Organização das Nações Unidas
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TBL	Aprendizagem entre pares ou times
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
SD	Sequência Didática
MT	Máquina Térmica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	As principais mudanças do currículo do Ensino médio	1
1.2	Proposta da base nacional comum curricular	4
1.3	Estrutura da base nacional comum curricular	5
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	Um pouco sobre a vida de David Ausubel	9
2.1.1	Aprendizagem significativa de Ausubel	10
2.1.2	Mapa conceitual: Uma técnica para aprendizagem significativa	12
2.2	Metodologias ativas de ensino e aprendizagem	13
2.3	Sequências didáticas	16
3	FUNDAMENTOS DA TERMODINÂMICA APLICADOS ÀS MÁQUINAS	
TÉRMICAS		18
3.1	Segunda lei da termodinâmica	18
3.2	Máquinas térmicas	20
3.3	Máquinas de combustão interna	23
3.3.1	Ciclo de Otto	23
3.3.2	O ciclo de Diesel	27
3.4	Refrigerador	28
3.5	Ciclo de carnot	30
4	METODOLOGIA	35
4.1	Local e participantes da pesquisa	35
4.2	A sequência didática	35
4.3	Descrição das aulas	41
4.3.1	Aula 1: Levamentos dos conhecimentos prévios	38
4.3.2	Aula 2: Operando uma máquina térmica	39
4.3.3	Aula 3: Fundamentação dos conceitos sobre o funcionamento das máquinas térmicas	41
4.3.4	Aula 4: Rendimento de uma máquina térmica e funcionamento de um refrigerador	42
4.3.5	Aula 5: Máquinas de combustão interna	43
4.3.6	Aula 6: Questionário para avaliação dos conceitos abordados na sequência didática	45
5	RESULTADOS	47
5.1	Primeiro momento	50
5.2	Segundo momento	57
5.3	Terceiro momento	62

5.3.1	Comparativo de acertos relacionado a avaliação dos conceitos abordados	62
5.3.2	Produção final de mapa conceitual	69
5.3.3	Apresentação dos resultados de questionário investigativo sobre a sequência didática	70
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
	REFERÊNCIAS	74
	Apêndice A – Situações problemas para levantamento dos conhecimentos prévios para aula 1	75
	Apêndice B – Texto de apoio para aula 2	77
	Apêndice C – Texto de apoio para aula 3	81
	Apêndice D – Texto de apoio para aula 4	83
	Apêndice E – Texto de apoio para aula 5	86
	Apêndice F – Questionário para avaliação dos conceitos abordados na sequência didática	87
	Apêndice G – Produção de mapa conceitual sobre a sequência didática	95
	Apêndice H – Questionário investigativo sobre a aceitação de metodologias diferenciadas	91
	Apêndice 1 – Recurso necessário na aula 1	92
	Apêndice 2 – Material necessário para experimentação na aula 2	93
	Apêndice 3 – Material para utilização na aula 3	96
	Apêndice 4 – Material para utilização na aula 4	100
	Apêndice 5 – Material para necessário para demonstração na aula 5	104
	Apêndice 6 – Produto educacional	1

1 INTRODUÇÃO

1.1 AS PRINCIPAIS MUDANÇAS DO CURRÍCULO DO ENSINO MÉDIO

Há algum tempo, vem se pensando em uma reestruturação do Ensino Médio, visto que a evasão dos alunos após concluírem o Ensino Fundamental e a diferença gritante no número de matrículas dessas duas modalidades de ensino, mesmo após décadas, seguidas de readequações no Currículo, ainda é algo a ser discutido nos tempos atuais, o que parece não ter se chegado a um ideal para a atual contexto escolar.

O início da história da Educação Brasileira foi um movimento liderado pelos jesuítas dos séculos XVI e XVII, e o surgimento do Ensino Médio se deu com as escolas secundárias. Neste mesmo período, o governo criou um modelo de educação que beneficiava a elite, propiciando o ingresso de brasileiros em universidades europeias.

Na década de 1940, ocorre-se a divisão entre a formação geral e a específica, ao estabelecer a partilha do ensino secundário em dois ciclos, sendo o primeiro denominado, curso ginasial, e o segundo, dividido em dois cursos paralelos, curso clássico e o curso científico, contidos na promulgação da Lei Orgânica do Ensino Secundário de 1942, conforme os artigos 2º, 3º e 4º⁵ (BRASIL, 1942).

Após esse período, para fins de acesso ao Ensino Superior foi criada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação – Lei nº 4.024/61 (BRASIL, 1961) igualando o ensino secundário ao ensino profissionalizante. Assim, os egressos desse ciclo poderiam seguir os estudos na carreira acadêmica. Porém, o acesso às escolas de ensino secundário era muito restrito, pois não era obrigatório e, após a conclusão do ensino primário, único obrigatório na época, havia a exigência de um exame de admissão para acesso ao Ginásio, primeira etapa do nível secundário.

⁵Art. 2º O ensino secundário será ministrado em dois ciclos. O primeiro compreenderá um só curso: o curso ginasial. O segundo compreenderá dois cursos paralelos: o curso clássico e o curso científico. Art. 3º O curso ginasial, que terá a duração de quatro anos, destinar-se-á a dar aos adolescentes os elementos fundamentais do ensino secundário.

Art. 4º O curso clássico e o curso científico, cada qual com a duração de três anos, terão por objetivo consolidar a educação ministrada no curso ginasial e bem assim desenvolvê-la e aprofundá-la. No curso clássico, concorrerá para a formação intelectual, além de um maior conhecimento de filosofia, um acentuado estudo das letras antigas; no curso científico, essa formação será marcada por um estudo maior de ciências.

Somente no início dos anos 1970, foi promulgada a Lei de Diretrizes e Bases de – LDB 5.692/71 (Brasil, 1971), que definiu o direito social à Educação Básica, com a fusão do curso primário com o ciclo ginasial, tornando obrigatória a escolaridade de oito anos. Nesse mesmo período é extinto o exame de admissão, permitindo que o estudante avançasse nos estudos por direito (SÃO PAULO, 2020, p. 13).

A Constituição Federal de 1988 traz um marco importante para a educação nacional. Foi a partir dela que a educação se tornou um direito universal, conforme explicitado no artigo 205:

A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. (BRASIL, 1988).

Na década de 1990, as disposições legais sobre o Ensino Médio reconhecem a importância de uma sólida educação geral para levar o estudante a se constituir cidadão, fornecendo-lhes os meios para progredir no trabalho e/ou nos estudos.

Em 1996, com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LBDEN, 1996)⁶, houve a inclusão do Ensino Médio como etapa da então, educação básica e a universalização do Ensino Médio, acarretando numa maior oferta de matrículas e postos de ensino, conferindo a esse nível de ensino, o estatuto de direito de todo cidadão.

Segundo o Currículo Paulista sobre a LBDEN,

Alicerçada na concepção de uma educação comum necessária a todos os cidadãos, inclui o Ensino Médio como parte integrante da Educação Básica, isto é, como a formação essencial – científica, tecnológica, cultural e social – a ser garantida a todos os jovens, promovendo a possibilidade da continuidade dos estudos e/ou do ingresso no mercado de trabalho, por meio de uma sólida preparação para o mundo profissional. (SÃO PAULO, 2020, p. 14)

Segundo a LBDEN, em seu Art.36,

⁶1ª (Lei 9.394/96) Art. 4º O dever do Estado com educação escolar pública será efetivado mediante a garantia de: I - educação básica obrigatória e gratuita dos 4 (quatro) aos 17 (dezessete) anos de idade, organizada da seguinte forma: a) pré-escola; b) ensino fundamental; c) ensino médio;

Explicita que o ensino médio é a etapa final da educação básica, que contribui para a construção de sua identidade, o que caracteriza o ensino como aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino Fundamental, assim dotando o educando dos instrumentos que o permitam continuar aprendendo, tendo em vista desenvolvimento da compreensão dos “fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos”. (BRASIL, 1996).

As mudanças são certas de que algo precisa ser melhorado e analisado por novas perspectivas e modelos que se mostram eficazes. A BNCC, que muitas vezes ainda é motivo de insegurança por descaracterizar o ensino básico dando prioridades ao desenvolvimento de aprendizagens socioemocionais, lançada em 2015, quando surgiu em sua primeira versão, sendo divulgada progressivamente e aprovada sua redação final em 2018 para o ensino médio.

Além das ocorrências priorizadas acima a respeito do ensino médio, esta etapa representa um gargalo na garantia do direito à educação, se mostrando crucial para garantir a permanência e as aprendizagens dos estudantes, respondendo às suas demandas e aspirações presentes e futuras. (BRASIL, 2018, p. 461)

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular, no que diz respeito a finalidade do ensino médio no mundo contemporâneo,

Para atender às necessidades de formação geral, indispensáveis ao exercício da cidadania e à inserção no mundo do trabalho, e responder à diversidade de expectativas dos jovens quanto à sua formação, a escola que acolhe as juventudes tem de estar comprometida com a educação integral dos estudantes e com a construção de seu projeto de vida. (BRASIL, 2018, p. 465)

Segundo as propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 2000), pensar um novo currículo para o Ensino Médio coloca em presença estes dois fatores:

As mudanças estruturais que decorrem da chamada “Revolução do Conhecimento”, alterando o modo de organização do trabalho e as relações sociais; e a expansão crescente da rede pública, que deverá atender a padrões de qualidade que se coadunem com as exigências desta sociedade. (BRASIL, 2000, p. 6).

Em sua nova edição o Novo Currículo Paulista (2020), em consonância com a Base Nacional Comum Curricular, considera importante, independente da rede de ensino que frequenta e da jornada que cumpre, a Educação Integral como a base da formação do estudante, firmando, assim, o compromisso com seu próprio desenvolvimento nas dimensões intelectuais, física emocional e cultural. Essas considerações permitem, ainda, ao estudante, o desenvolvimento de maior autonomia, construção de pontos de vista frente ao volume substancial de informações e conhecimentos disponíveis, para buscar soluções criativas e fazer escolhas coerentes com seus projetos de vida e com o impacto dessas escolhas. (SÃO PAULO, 2020, p. 96).

Segundo Currículo Paulista (2020),

Outro pressuposto que se deve considerar da Educação Integral é que todo espaço escolar é um espaço de aprendizagem possibilitando à ampliação do conhecimento discente, seja ele, pátio, biblioteca, quadra poliesportiva, e a própria sala de aula, são de fatos espaços propícios à aprendizagem nos quais o estudante poderá pesquisar diferentes assuntos e situações que contribuam para sua formação, por meio de metodologias colaborativas. (SÃO PAULO, 2020, p. 27)

1.2 PROPOSTA DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR

A Base Nacional Comum Curricular é um documento de caráter normativo que define conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica (BRASIL, 2018, p. 07).

Esta base está ancorada, de acordo com o § 1º do Artigo 1º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996)⁷, que se refere aos princípios éticos, políticos e estéticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, como fundamentação nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica.

⁷Art. 1º A educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais. §1º Esta Lei disciplina a educação escolar, que se desenvolve, predominantemente, por meio do ensino, em instituições próprias.

A BNCC tem a função de fornecer a base de estruturação para os currículos dos sistemas Estaduais, Municipais e do Distrito Federal, a fim de estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza”. Estas características vão ao encontro das propostas da Agenda 2030, organizada pela ONU, no combate à desigualdade social e proteção da natureza (BRASIL, 2018, p. 08)⁸.

A relação entre o que é básico-comum e o que é diverso é retomada no Artigo 26 da LDB, que determina que,

Os currículos da Educação Infantil, do Ensino Fundamental e do Ensino Médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos. (BRASIL, 1996).

Com isso, espera-se que a proposta de um componente curricular auxiliador, ajude a superar a fragmentação das políticas educacionais, oportunizando o fortalecimento do regime de colaboração entre as três esferas de governo e servindo de sustentação para uma educação de qualidade. Assim, para além da garantia de acesso e permanência na escola, é necessário que sistemas, redes e escolas garantam um patamar comum de aprendizagens a todos os estudantes, tarefa para a qual a BNCC é instrumento fundamental.

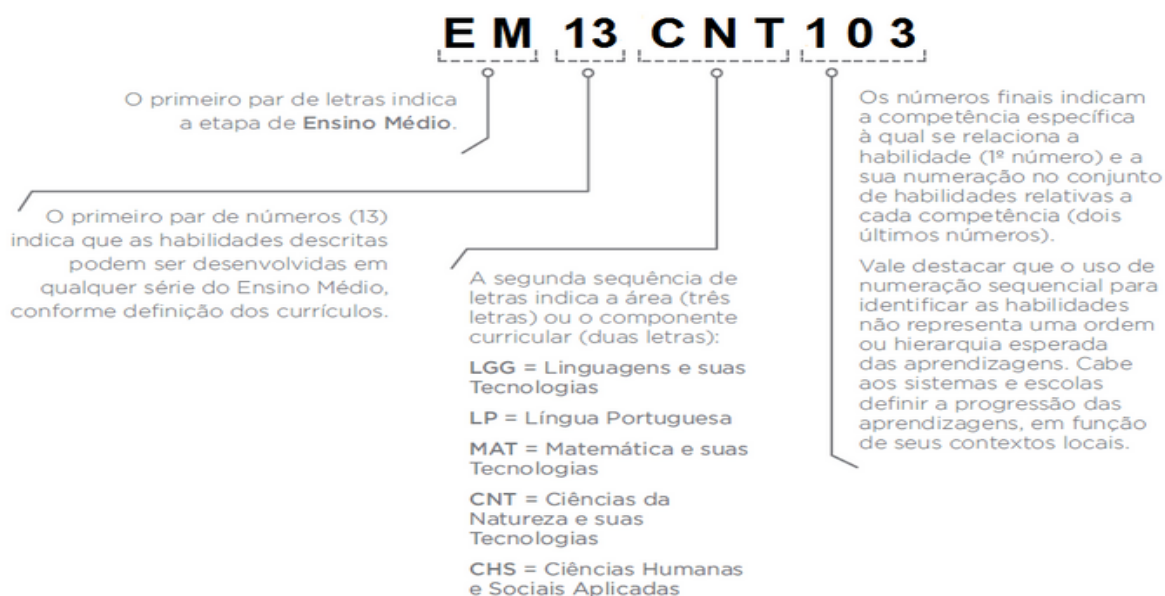
1.3 ESTRUTURA DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR

A BNCC se estrutura de modo a explicitar as competências que devem ser desenvolvidas ao longo de toda a Educação Básica e em cada etapa da escolaridade, como expressão dos direitos de aprendizagem e desenvolvimento de todos os estudantes.

⁸ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

Também se esclarece como as aprendizagens estão organizadas em cada uma dessas etapas e se explica a composição dos códigos alfanuméricos criados para identificar tais aprendizagens. A Figura 1 mostra como são interpretados os códigos adotados na BNCC para identificação da aprendizagem.

Figura 1 — Composição dos códigos alfanuméricos para identificar as aprendizagens propostas da BNCC



Fonte: Adaptado de BRASIL (2018, p. 36)

Foram definidas pela BNCC, Figura 1, as aprendizagens essenciais que devem concorrer para assegurar aos estudantes o desenvolvimento de dez competências gerais, que consubstanciam, no âmbito pedagógico, os direitos de aprendizagem e desenvolvimento.

Segundo Brasil (2018),

Competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (BRASIL, 2018, p. 08)

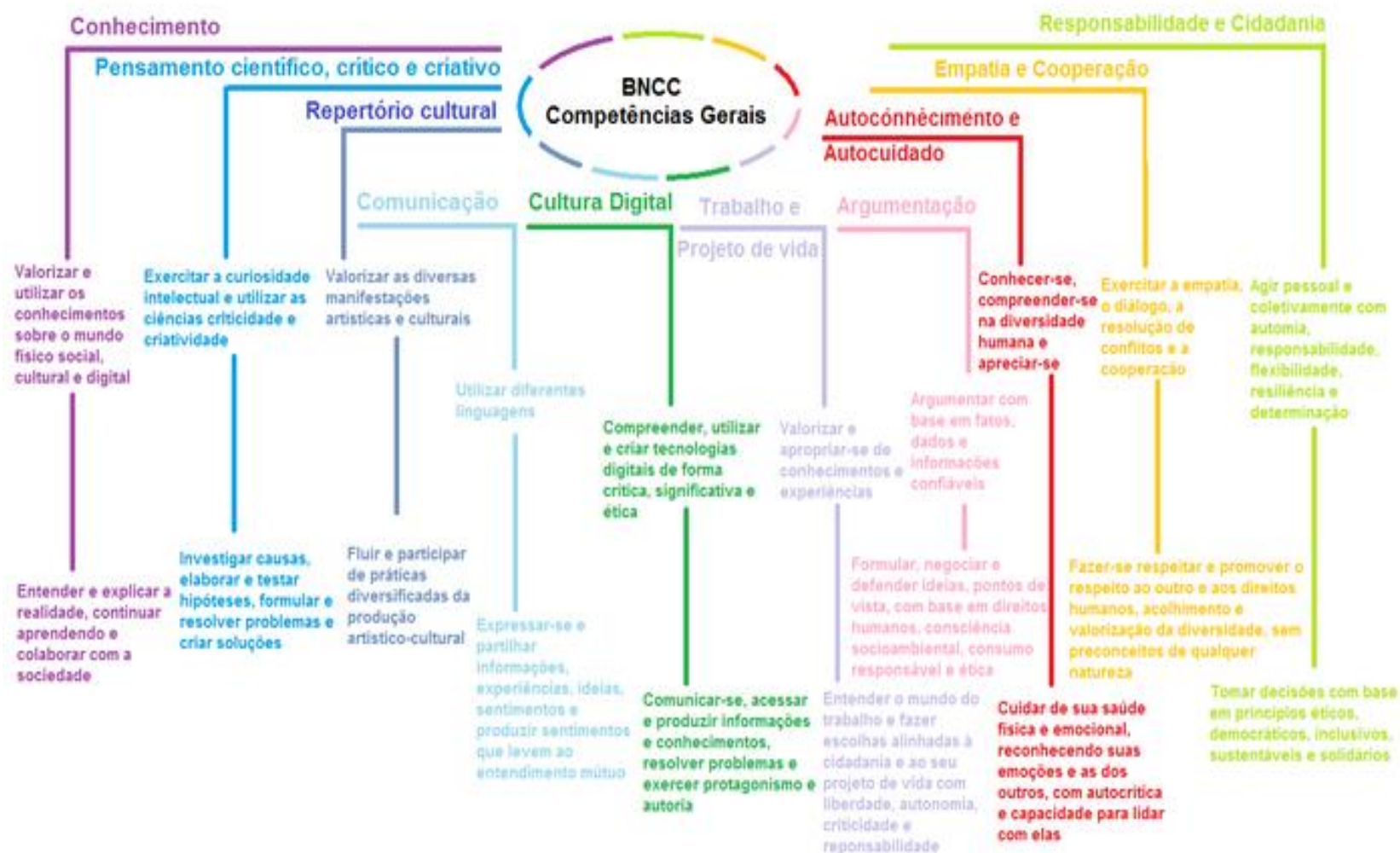
Ao definir essas competências, a BNCC reconhece que a “educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade,

tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza”. (BRASIL, 2013)

É imprescindível destacar que as competências gerais da Educação Básica, apresentadas no Mapa 1, inter-relacionam-se e desdobram-se no tratamento didático proposto para as três etapas da Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio), articulando-se na construção de conhecimentos, no desenvolvimento de habilidades e na formação de atitudes e valores, nos termos da LDB.

Definidas abaixo, as dez competências seguidas de seus objetivos as serem desenvolvidas em toda educação básica para uma formação integral do estudante, estruturada pela BNCC.

Mapa 1 — Mapa conceitual das competências gerais da BNCC



Fonte: Adaptado de BRASIL (2018, p. 08)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 UM POUCO SOBRE A VIDA DE DAVID AUSUBEL

David Paul Ausubel nasceu em 25 de outubro de 1918 na cidade de Nova Iorque, nos Estados Unidos e faleceu em 09 de julho de 2008. Filho de família judia, imigrantes vindos da Europa central dilacerada e empobrecida, gerado pela rivalidade econômica, conflitos religiosos e de preconceito, cresceu num meio escolar de castigos e humilhações acompanhadas de violência. Em um de seus relatos no livro *Psicologia educativa: um ponto de vista cognitivo*, Ausubel cita um dos acontecimentos marcantes na sua vida escolar:

Escandalizou-se (um professor) com um palavrão que eu, patife de seis anos, empreguei certo dia. Com sabão de lixívia lavou-me a boca. Submeti-me. Fiquei de pé num canto o dia inteiro, para servir de escarmento a uma classe de cinquenta meninos assustados. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 31).

Mesmo diante de uma vida escolar reprimida, Ausubel seguiu a vida acadêmica. Estudou na universidade da Pensilvânia, no curso de pré-médico e com especialização em psicologia e terminou sua residência clínica no hospital de Gouverneur, em Nova Iorque, no sudeste de Manhattan. Em 1973, se aposentou da vida acadêmica para se dedicar à prática psiquiátrica (psicopatologia geral, desenvolvimento do ego, vícios em drogas e psicologia forense). Três anos depois, recebeu o Prêmio Thorndike, da Associação Americana de Psicologia, pelas ilustres contribuições psicológicas à educação. Aposentou-se aos 75 anos da vida profissional para dedicar-se, em tempo inteiro, à escrita. Quatro livros resultaram de sua dedicação.

As teorias propostas por Ausubel foram adotadas e defendidas por diversos outros estudiosos e seguidores. Joseph D. Novak, por exemplo, professor de Educação da Universidade de Cornell, tem elaborado, refinado e divulgado sua teoria de “aprendizagem significativa”.

Segundo Moreira (1999), Ausubel abominava o ensino puramente mecânico, e propôs uma aprendizagem como um processo de armazenamento de informações que, ao agrupar-se na cognição do indivíduo, poderá ser manipulada e utilizada

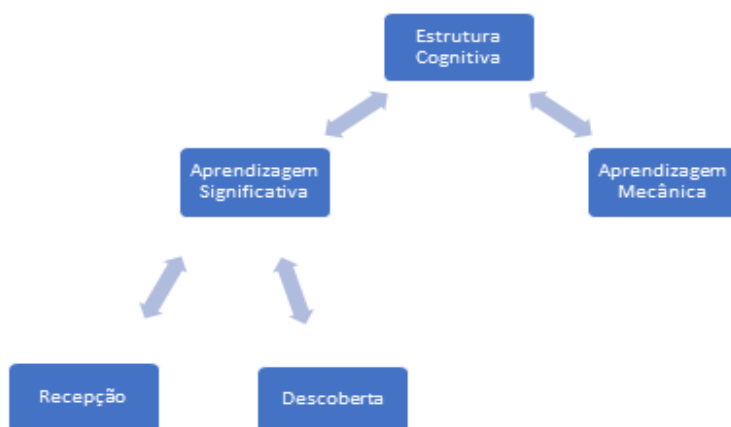
adequadamente no futuro, através da organização e integração dos conteúdos aprendidos significativamente.

Mesmo com sua formação em medicina e psiquiatria, Ausubel teve suas maiores contribuições em aspectos voltados à aprendizagem, em uma perspectiva cognitivista. Ausubel tinha um descontentamento com o ensino empregado em sua infância, por seus professores, que praticavam a teoria behaviorista de J. Watson. Essa teoria havia sido criada com base em experiências de Pavlov, no condicionamento de animais. Com isso, acreditava-se que o ser humano também pudesse ser condicionado da mesma forma. A teoria behaviorista focava somente no comportamento do indivíduo durante o processo de ensino-aprendizagem, não levando em conta o que o aprendiz trazia consigo, de forma arbitrária e literal. Ausubel mudou esta concepção de aprendizagem.

2.1.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

Para entendermos sua teoria, Ausubel (1968), define o conceito de aprendizagem subentendido na estrutura cognitiva, como tendo dois tipos, mecânica e significativa, sendo esse último, podendo ser contemplado na forma de recepção e descoberta. O Mapa 2, mostra esquematicamente como a teoria de aprendizagem de Ausubel, descrita anteriormente, é estruturada.

Mapa 2 — Estruturação da teoria de aprendizagem de Ausubel



Fonte: Adaptado pelo autor, MOREIRA (1999)

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) é o oposto dessa educação tradicionalista e árdua. Neste sentido, a edificação de seus conceitos teóricos restabelece a participação e as experiências que o aprendiz traz consigo. A assimilação, no sentido amplo do conhecimento, propicia ao indivíduo novas oportunidades de vivência fora do ambiente escolar. A assimilação dá sentido ao aprendizado, e não à memorização de fórmulas e conceitos descontextualizados.

Ausubel abominava um ensino puramente mecânico e defendia um ensino ancorado aos conhecimentos prévios do sujeito, descrevendo-a como base fundamental, como se observa:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. VIII)

Sobre aprendizagem significativa, Ausubel e Novak (1978) asseveram que:

A aprendizagem significativa envolve a aquisição de novos significados e os novos significados, por sua vez, são produtos da aprendizagem significativa. Ou seja, a emergência de novos significados no aluno reflete o complemento de um processo de aprendizagem significativa. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 34)

Segundo Moreira (1999),

A aprendizagem mecânica consiste na absorção de novas informações com mera ou nenhuma associação a conceitos relevantes da estrutura cognitiva do aluno, não havendo interação entre o que já sabe, com a nova informação, um exemplo muito comum é a decoreba de fórmulas para resolver exercícios, sem atribuir um significado lógico para tal aplicação. O conhecimento assim concebido pelo aprendiz, fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. (MOREIRA, 1999, p. 154)

Ausubel não faz uma separação entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, como sendo algo opositor um ao outro e sim, como um continuum. Do mesmo modo, essa distinção não deve ser interpretada entre a aprendizagem por meio de descobertas e aprendizagem por meio de recepção.

Para Ausubel, na aprendizagem por meio de descobertas, o assunto principal a ser aprendido deve ser localizado pelo aluno, enquanto a aprendizagem por recepção, deve ser apresentada ao discente em sua conclusão.

De acordo com Moreira, quando o indivíduo carece de subsunçores para uma aprendizagem significativa, quando se pretende adquirir novas informações em uma área nova, a forma mecânica de ensinar é necessária até o momento que alguns elementos de conhecimentos relevantes à nova informação existam na estrutura cognitiva e sirva de ancoragem. Mesmo que pouco elaborados, à medida que a aprendizagem se torna significativa, as ideias-âncoras vão se tornando mais elaboradas e os indivíduos tornam-se cada vez mais capazes de assimilarem as novas informações. (MOREIRA, 1999, p. 155)

Ausubel indica a utilização de organizadores prévios a fim de manipular a estrutura cognitiva, que devem ser abordados de maneira introdutória aos assuntos, mesmo que de forma abstrata ou genérica. Pode-se destacar apenas certos aspectos do tema, de forma a despertar a mente do aluno, buscando assim, os subsunçores.

2.1.2 MAPA CONCEITUAL: UMA TÉCNICA PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Joseph Novak, após a aposentadoria acadêmica de Ausubel, foi responsável, com base na aprendizagem significativa, por dar um aspecto mais humanista, mostrando que as experiências significativas são o alicerce para crescimento humano, e refinando a sua teoria, desenvolvendo uma ferramenta auxiliadora na localização dos subsunçores na estrutura cognitiva. Esta ferramenta poderia, assim, facilitar a assimilação dos conceitos estudados, além de ser útil na avaliação, análise curricular das temáticas e, também, podendo ser utilizada de instrumento de metacognição. Estamos falando, portanto dos denominados “mapas conceituais”.

Os mapas conceituais, em sua estrutura gráfica, correspondem à diagramas hierárquicos que mostram a organização e correspondência entre conceitos, que, por sua vez, são apresentados por uma diferenciação progressiva ou por uma reconciliação integrativa. (MOREIRA, 2012, p. 08)

Ontoria (2005), destaca três características próprias dos mapas conceituais, as quais são mostradas no Quadro 1.

Quadro 1 — Características dos mapas conceituais segundo Ontoria (2005).

Hierarquização: Os conceitos se encontram dispostos em ordem de importância, sendo que os mais inclusivos estão na parte superior e ligados a distintos níveis de concretude;
Seleção: Contém uma síntese gráfica dos aspectos mais importantes de um texto;
Impacto Visual: Unidimensional com apenas alguns conceitos dispostos de forma vertical; Bidimensional: com conceitos dispostos vertical e horizontalmente; Tridimensional: com conceitos e suas relações em três dimensões;

Fonte: Adaptado pelo autor, ONTORIA (2005).

Segundo Novak e Cañas (2010), “O professor tem papel fundamental na estruturação metodológica para conduzir a essa aprendizagem, e a utilização de mapas conceituais é imprescindível”. (NOVAK; CAÑAS, 2010, p. 08)

Os mapas conceituais como forma de apoio a aprendizagem significativa servem de localização de subconçores na estrutura cognitiva do indivíduo de forma a correlacionar conceitos importantes sobre determinado tema, promovendo uma melhor assimilação de um conhecimento prévio com algo novo.

2.2 METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

O modelo de aula tradicional, a qual o professor apenas transmite o conhecimento ao aluno, que, por sua vez, passivamente tenta assimilar os conceitos transmitidos pelo docente, ainda é empregada nos dias de hoje. Na contramão dessa ideia, as metodologias ativas são práticas que posicionam o discente no topo da cadeia educacional, no intuito de torná-lo a peça principal da sua aprendizagem. Esta participação ativa gera, assim, um protagonismo que antes era do professor e que agora, o torna um mentor do aprendiz.

Embora vários pensadores e teóricos citavam essa importância da aprendizagem ativa, este modelo se evidenciou apenas recentemente com a proposta da reestruturação da educação brasileira em tornar a participação do estudante no processo de ensino participativa, e que realmente faça sentido para sua vida e carreira

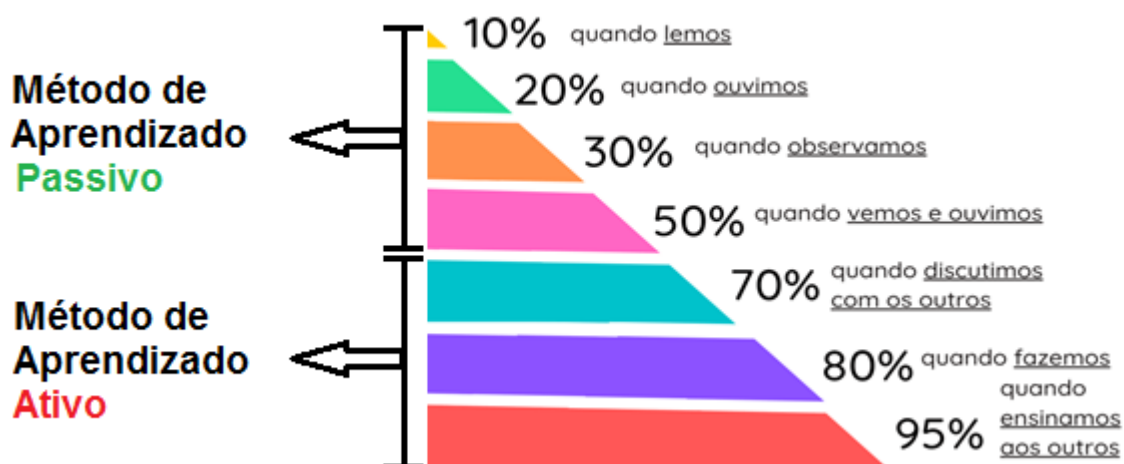
profissional, essa prática pode ser caracterizada na inserção do estudante como peça principal de sua aprendizagem.

Segundo Dias e Volpato (2017), “A educação está sendo forçada a ser repensada, pois os métodos tradicionais de ensino e aprendizagem, não conseguem suprir as necessidades de uma forma significativa e contextualizada”. (VOLPATO; DIAS, 2017, p. 05)

Os estudos de Edgar Dale (1969), mostraram que depois de duas semanas, o cérebro humano lembra 10% do que leu; 20% do que ouviu; 30% do que viu; 50% do que viu e ouviu; 70% do que disse em uma conversa/debate; e 90% do que vivenciou a partir de sua prática. O estudo ficou conhecido pelo nome “*The cone of learning*”.

Alinhado a sua pesquisa, o americano Willian Glasser (2017) afirma que, entre os meios utilizados para a aquisição do conhecimento, existem alguns processos que fazem a assimilação ocorrer mais facilmente. Dentre eles, os métodos ativos de aprendizagem são destacados, como mostra a Figura 2.

Figura 2 — Teoria de Willian Glasser



Fonte: Adaptado de Amorim, 2020.

Da Figura 2, pode-se observar que a prática do método ativo proporciona um maior aprendizado ao indivíduo, ou seja:

- 70 % Discutindo;
- 80 % Praticando;
- 90% Ensinando.

Segundo Moran (2017), metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida. (MORAN, 2017, p. 02)

Isso quer dizer que o aluno precisa estar incluído no seu processo de ensino, sendo protagonista e transformador efetivo desta prática. Este contexto não significa que a orientação e a supervisão, papel do professor no método ativo, seja dispensável, mas que ainda é de suma importância para que o aluno atinja uma aprendizagem esperada. (MORAN, 2017, p. loc. cit)

Dentre as várias possibilidades de se ensinar ativamente, algumas metodologias são destacadas neste trabalho, tendo em vista que serão recomendadas para serem exploradas ao longo da aplicação do material didático elaborado como produto.

Uma das metodologias ativas mais comuns utilizadas atualmente, é a Sala de Aula Invertida. Nesta metodologia, como próprio nome diz, inverter a sala de aula, ou seja, o aluno é despertado a estudar fora do ambiente escolar, seja na internet, no transporte ou em casa, mediante pesquisas sobre o assunto ou material pré-definido. O intuito da Sala de Aula Invertida é proporcionar ao aluno um conhecimento prévio sobre o conteúdo a ser estudado, realizando, assim, uma otimização do tempo em sala de aula.

Para Moran (2017), essa mescla entre a sala de aula e ambientes virtuais é fundamental para abrir a escola ao mundo e, ao mesmo tempo, trazer o mundo para dentro da escola.

Outra importante metodologia ativa é o Estudo de Caso. Essa metodologia oferece aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem, enquanto exploram seus conhecimentos em situações relativamente complexas. São relatos de situações do mundo real, apresentadas aos estudantes com a finalidade de ensiná-los, preparando-os para a resolução de problemas reais.

Também, a Aprendizagem entre pares ou *Team-Based Learning* (TBL), tem por finalidade o debate e a reflexão com a formação de equipes dentro da turma. O ato de trabalhar em conjunto, ou em equipes, proporciona um aprendizado de forma bilateral no compartilhamento de ideias e exposições.

Podemos observar, portanto, que estas três metodologias ativas, se trabalhadas em conjunto e com planejamento, são promissoras no desenvolvimento

educacional do aluno. Note que, ao mesmo tempo que o aluno se torna capaz de buscar o próprio conhecimento, ele também adquire competência para contextualizar conteúdos adquiridos e apontar soluções para problemas amplos, além de desenvolver sua capacidade de trabalhar em equipe, compartilhando conhecimentos e explorando o convívio social e emocional.

De uma maneira geral, o uso das metodologias ativas pode ser benéfico tanto para o aluno, quanto para a instituição de ensino, acarretando uma transformação substancial no sistema de educação no país.

Segundo Montessori, que mesmo não tendo intitulado em seu método a nomenclatura “Metodologia Ativa”, teve como seu foco em sua metodologia a participação ativa do indivíduo no processo de ensino aprendizagem, apontando os seguintes benefícios desse emprego.

Os pontos mais importantes desses benefícios para os alunos são:

- Adquirem maior autonomia;
- Desenvolvem confiança;
- Passam a enxergar o aprendizado como algo tranquilo;
- Tornam-se aptos a resolver problemas;
- Tornam-se profissionais mais qualificados e valorizados;
- Tornam-se protagonistas do seu aprendizado.

Os benefícios para as instituições são:

- Maior satisfação dos alunos com o ambiente da sala de aula;
- Melhora da percepção dos alunos com a instituição;
- Aumento do reconhecimento no mercado;
- Aumento da atração, captação e retenção de alunos.

2.3 SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Para que seja possível uma abordagem de todas as teorias supracitadas, é necessária uma organização concisa de cada tópico, discriminando suas competências e habilidades, para que possa inter-relacionar a teoria das metodologias de ensino com os conceitos físicos. Para isso necessitamos alinhar cronologicamente todos os levantamentos em uma sequência didática, desencadeando assim, numa aprendizagem mais eficiente e clara para o aluno.

De acordo com Ausubel (1978, p. 189), “A estrutura cognitiva pode ser influenciada de forma programaticamente, isto é, pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino.”

O diferencial de uma sequência didática, é ter como princípio uma elaboração de atividades sequenciais, seguindo uma lógica de compartilhamento e evolução do conhecimento, dando mais sentido ao seu processo de ensino e aumentando o engajamento dos alunos.

Oliveira (2013, p.39), define sequência didática como “um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades conectadas entre si, e necessita de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para uma melhor dinâmica no processo ensino-aprendizagem”. (OLIVEIRA, 2013, p. 39)

Sequência didática é definida por Zabala como, “Um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. (ZABALA, 2015, p. 18)

Pode-se perceber, nas concepções de Zabala (2015) e Oliveira (2013), que uma sequência didática deve ser desenvolvida na perspectiva do ensino de conteúdos por meio de atividades sequenciadas, organizadas com objetivos bem definidos e esclarecidos para os professores e alunos. As sequências didáticas contribuem, portanto, para a aprendizagem e construção do conhecimento e de novos saberes. Deve, também, servir para a reflexão sobre a prática docente mediante a observação do seu processo de desenvolvimento e interação entre todos os envolvidos.

3 FUNDAMENTOS DA TERMODINÂMICA APLICADOS ÀS MÁQUINAS TÉRMICAS

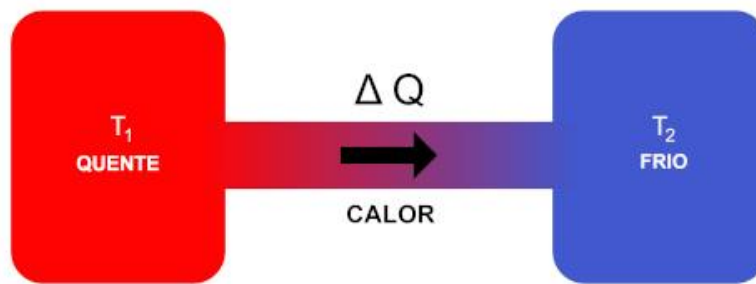
As máquinas térmicas impulsionaram a grande revolução industrial da Inglaterra e seus efeitos eclodiram mundialmente na corrida da guerra fria. Em menos de cem anos de suas descobertas, os carros, por exemplo, evoluíram incrivelmente em suas performances, velocidades e eficiência, graças às contribuições dos importantes estudiosos que fizeram parte dessa história, desde a criação de máquinas à definição de postulados.

Para fundamentar os conceitos termodinâmicos envolvidos nas máquinas térmicas e sua evolução, partiremos da segunda lei da termodinâmica, sendo este, o princípio que rege o funcionamento de qualquer máquina térmica. Em seguida, aprofundaremos nosso entendimento sobre as máquinas térmicas e seus ciclos, e por fim, abordaremos o funcionamento dos refrigeradores, que são máquinas que realizam o processo inverso de uma máquina convencional. Finalizaremos a abordagem teórica, acerca do ciclo de Carnot, que impõe limites para o rendimento de uma máquina térmica idealizada.

3.1 SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

A segunda lei da termodinâmica determina limites fundamentais para o funcionamento de máquinas térmicas, sendo importante para esclarecer muitas situações que ocorrem em nosso cotidiano. Ela enfatiza que muitos processos termodinâmicos ocorrem naturalmente em um determinado sentido, e nunca em sentido contrário, como na Figura 3. É fácil converter toda energia mecânica em calor, quando utilizamos o freio de um veículo para pará-lo. No sentido inverso do processo, existem muitos dispositivos que convertem parte do calor em energia mecânica. Isso acontece porque os processos termodinâmicos tendem a seguir apenas um sentido, porém, nem o mais brilhante inventor conseguiu criar uma máquina que transformasse toda quantidade de calor em trabalho mecânico.

Figura 3 – Sentido natural de um processo termodinâmico.

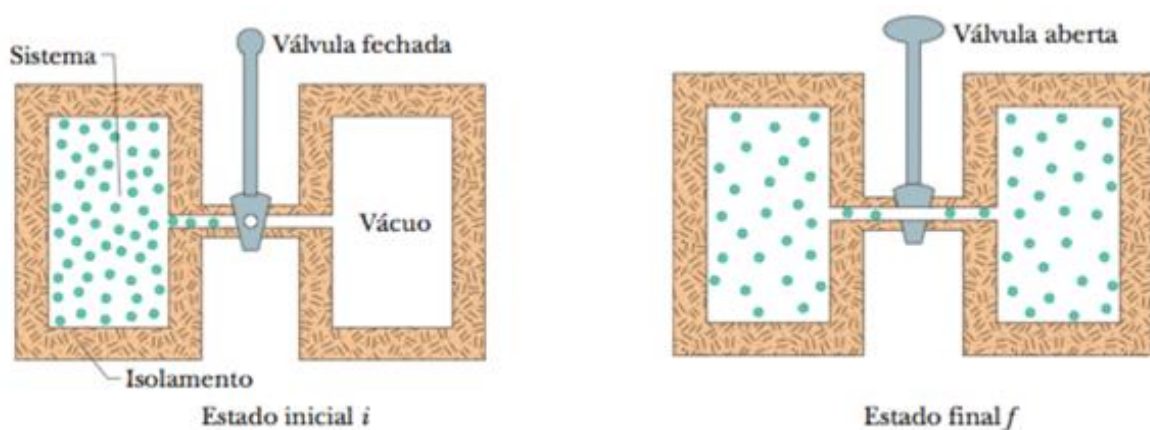


Fonte: Adaptado de Daryl Ariawan, 2019.

Esta lei impõe fronteiras para o rendimento de uma máquina térmica, estipulando limites de energia mínima que deve ser fornecida ao sistema. Podemos, também, conceituar a segunda lei em forma de entropia, que tem a função de calcular o grau de desordem de um sistema. Essa ideia ajuda a entender, por exemplo, que quando misturarmos água em um recipiente com tinta, de maneira espontânea, a mistura jamais poderá ser separada naturalmente e que alguns processos que ocorrem na natureza aparentemente possíveis, nunca acontecem (YOUNG; FREEDMAN, 2003, p. 202).

Os processos termodinâmicos que ocorrem na natureza são irreversíveis, Figura 4, de forma a ocorrer em apenas um sentido e nunca de forma inversa. Quando um livro desliza sobre uma mesa, sua energia mecânica é convertida em calor pelo atrito, da mesa com o livro, porém o inverso não ocorre. Em outras palavras, o calor dissipado pelo atrito não diminui durante o movimento do livro sobre a mesa (YOUNG; FREEDMAN, 2003).

Figura 4 – Expansão livre de um gás ideal, processo irreversível.



Fonte: Adaptado de Ronai Lisboa, 2016.

Apesar dos processos termodinâmicos que ocorrem na natureza terem um sentido, dizemos que em um sistema reversível ideal, há um equilíbrio termodinâmico. Neste caso, não pode haver mudança de estado e o calor não flui nem para dentro e nem para fora do sistema, sendo impossível sua idealização com precisão no mundo real.

Processos irreversíveis, como a expansão livre de um gás ou a conversão de trabalho em calor pelo atrito, por exemplo, de forma são processos irreversíveis, mesmo se houvesse uma pequena alteração de temperatura, não ocorreria o inverso. Nesses processos dizemos que o sistema não está em equilíbrio termodinâmico, nos quais não acontecem em nenhuma etapa, somente atinge o equilíbrio no final do processo. (YOUNG; FREEDMAN, 2003, p. 203)

Com base nessas colocações acima se deu o primeiro enunciado da segunda lei da termodinâmica segundo Kelvin- Planck, localizado no Quadro 2:

Quadro 2 - Enunciado da segunda lei da termodinâmica de Kelvin-Planck.

<i>“É impossível construir uma máquina que, operando em ciclos termodinâmicos, tenha como único efeito converter integralmente em trabalho todo o calor recebido. “</i>
--

Fonte: Adaptado pelo autor de YOUNG; FREEDMAN, 2003, p. 210.

A evidência experimental sugere fortemente que é impossível construir uma máquina térmica que converta completamente calor em trabalho, ou seja, uma máquina que possua eficiência térmica de 100%. Estes conceitos são a base para formulação da segunda lei da termodinâmica.

É impossível para qualquer sistema sofrer um processo no qual ele absorve calor de um reservatório a uma dada temperatura e converte o calor completamente em trabalho mecânico, de modo que o sistema termine em um estado idêntico no inicial. (YOUNG; FREEDMAN, 2003, p. 210)

3.2 MÁQUINAS TÉRMICAS

Nos dias atuais é imprescindível o uso de máquinas térmicas para os afazeres, facilitando nossas tarefas diárias. Grande parte da energia disponível para o

funcionamento das máquinas térmicas, ou seja, para realização do trabalho, é proveniente de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) e, também, de reações nucleares.

Qualquer dispositivo que converta, parcialmente, calor em trabalho mecânico denomina-se máquina térmica. Todas elas absorvem calor de uma fonte com temperatura relativamente alta, realizam algum trabalho e rejeitam parte desse calor a outra fonte com temperatura mais baixa. Geralmente uma quantidade dessa matéria se expande ou comprime, recebe ou rejeita calor, ou algumas vezes sofre transições de fase. Essa matéria é chamada de substância de trabalho da máquina (YOUNG; FREEDMAN, 2003, p. 204).

Uma sequência de processos que, eventualmente faz uma substância de trabalho retornar a seu estágio inicial, é denominada processo cíclico. Neste caso, tem-se o tipo mais simples de máquina térmica. Como exemplo podemos citar uma turbina à vapor em que a água é reciclada. Já em uma máquina de combustão interna não se utiliza sempre o mesmo ar, mas, mesmo assim conseguimos analisá-la da mesma forma, a qual opera em um processo cíclico aproximadamente igual ao real (YOUNG; FREEDMAN, 2003).

Quando um sistema executa um processo cíclico, sua energia interna inicial (U_1) é igual à energia interna final (U_2), caracterizando, portanto, a primeira lei da termodinâmica, a qual é representada pela equação 1.

$$U_2 - U_1 = \Delta U = Q - W \quad (1)$$

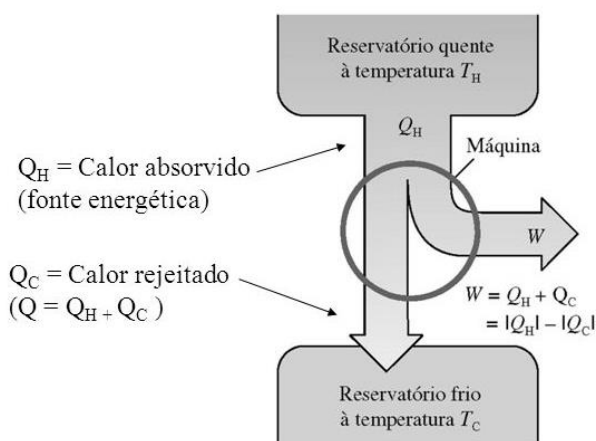
Ou seja, o calor total (Q) que flui é igual ao trabalho líquido realizado (W) pela máquina. Na equação 1, todas as grandezas físicas são medidas em Joule (J), no Sistema Internacional de Unidades (SI).

Ao estudar máquinas térmicas, é válido pensar que em sua estrutura há uma interação entre dois corpos: um chamado de reservatório quente, que representa a fonte de calor que realizará parcialmente trabalho, fornecendo à substância de trabalho, quantidades de calor a uma temperatura constante T_H , sem alterá-la; o outro corpo, denominado de reservatório frio, é responsável por absorver a quantidade do calor rejeitado pela máquina a uma temperatura T_C (YOUNG; FREEDMAN,

2003). Devemos considerar também, o calor transferido para o reservatório quente Q_H , e o calor transferido para o reservatório frio Q_C . Logo, em uma máquina térmica, Q_H , é positivo e, Q_C , é negativo, pois representa uma energia que sai da substância de trabalho (YOUNG; FREEDMAN, 2003, p. 204).

Podemos representar as transformações de energia de uma máquina térmica usando um diagrama de fluxo de energia, mostrada na Figura 5.

Figura 5 — Diagrama esquemático do fluxo de energia de uma máquina térmica



Fonte: Young e Freedman (2003, p. 204)

De acordo com a Figura 5, a quantidade de calor Q_H , fornecida pela máquina à fonte quente é proporcional à largura do “tubo”, que entra na máquina na parte superior do diagrama. A largura do tubo na saída da máquina na parte inferior é proporcional ao módulo $|Q_C|$. Assim, o ramo que sai pelo lado direito representa a parcela do calor que foi fornecido para a realização de trabalho mecânico W .

Quando uma máquina térmica opera de forma cíclica, repete indefinidamente o mesmo processo. Como já mencionado, Q_H e Q_C , representam, respectivamente, o calor absorvido (positivo) e o calor rejeitado (negativo) pela máquina num ciclo. A equação 2 mostra o calor total (Q) absorvido no ciclo.

$$Q = Q_H + Q_C = |Q_H| - |Q_C| \quad (2)$$

A saída útil da máquina térmica é o trabalho líquido (W), realizado pela substância de trabalho. De acordo com a primeira lei, a equação 2 pode ser reescrita considerando-se, portanto, o trabalho realizado, resultando na equação 3.

$$W = Q = Q_H + Q_C = |Q_H| - |Q_C| \quad (3)$$

Como todo calor Q_H , não pode ser convertido em trabalho (se fosse possível, teríamos $Q_H = W$ e $Q_C = 0$), existe sempre um calor dissipado e Q_C , nunca é igual a zero.

A eficiência térmica (e) representa a fração do calor Q_H que é convertida em trabalho, sendo um valor sempre menor do que um. A máquina mais eficiente é aquela para qual o tubo da exaustão que representa o calor rejeitado é o mais estreito possível. A eficiência térmica de uma máquina pode ser determinada pela equação 4.

$$e = \frac{W}{Q_H} \quad (4)$$

Quando substituimos as duas expressões de W fornecidas pela equação 3 e na equação 4, obtemos a equação 5, equivalente para eficiência térmica (e) de uma máquina:

$$e = \frac{W}{Q_H} = 1 + \frac{Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_C|}{|Q_H|} \quad (5)$$

Observe que e , é o resultado do quociente entre duas energias, W e Q_H , e, portanto, é uma grandeza adimensional. Notadamente, fica evidenciado o uso das mesmas unidades para W , Q_H e Q_C .

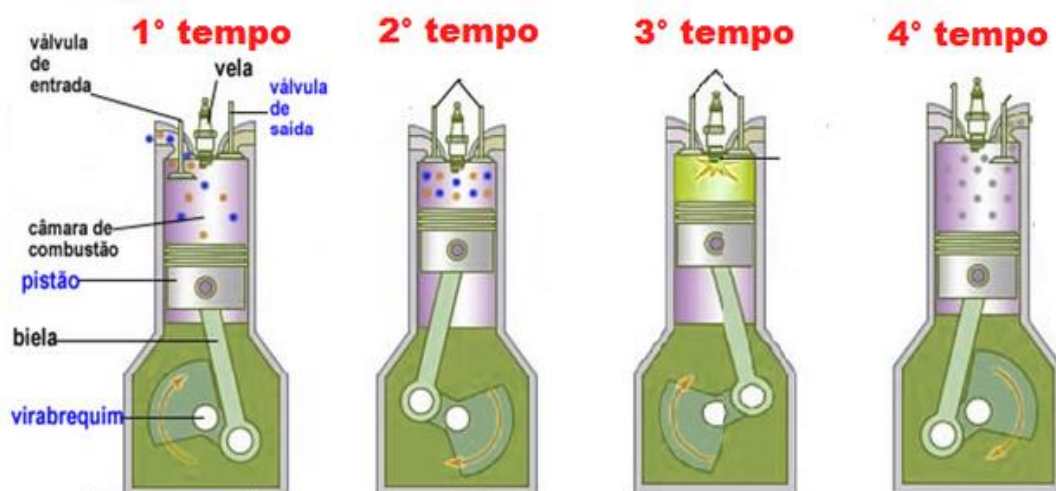
3.3 MÁQUINAS DE COMBUSTÃO INTERNA

3.3.1 CICLO DE OTTO

Um exemplo familiar de uma máquina térmica é o motor à gasolina usado em automóveis e outras máquinas. A Figura 6 representa um tipo de motor à gasolina de quatro tempos, enquanto a Figura 7 mostra um diagrama pV (pressão em função do volume), de um modelo idealizado para os processos termodinâmicos que ocorrem

neste tipo de motor que usam a gasolina como fonte de combustível. O ciclo representado na Figura 6 é chamado de ciclo de Otto.

Figura 6 — Representação dos quatro tempos de um motor à gasolina



Fonte: Adaptado de FOGAÇA.

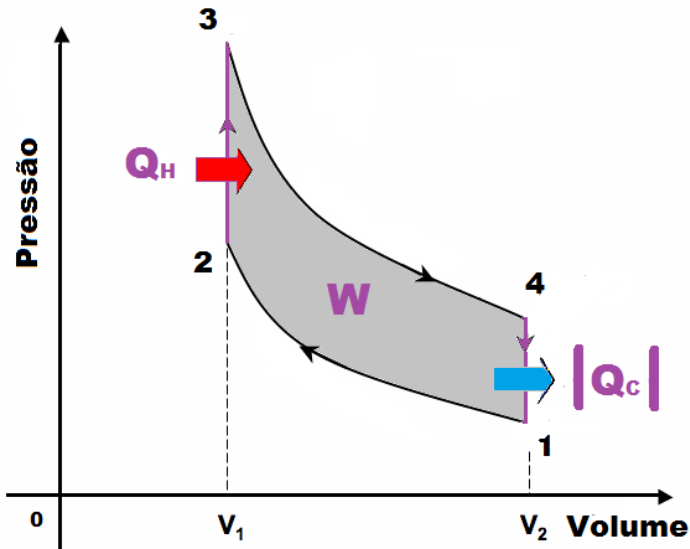
O Quadro 3, abaixo representa os acontecimentos ocorridos em cada tempo num motor que opera no ciclo de Otto.

Quadro 3 – Ciclo de um motor de combustão interna com quatro tempos

1º tempo - Inicialmente uma mistura de ar e gasolina flui para o interior de um cilindro por meio da abertura de uma válvula de admissão, enquanto o pistão desce, fazendo o volume do cilindro aumentar de um valor mínimo V até um volume máximo rV ; r representa a razão de compressão , em automóveis modernos essa razão possui valores entre 8 – 10.
2º tempo - Após o tempo de admissão, a válvula se fecha e a mistura passa a ser comprimida, de modo aproximadamente adiabático, até atingir o volume V durante o tempo de compressão.
3º tempo - A mistura a seguir sofre ignição causada por uma vela e o gás se expande, de modo aproximadamente adiabático, voltando para o volume rV , empurrando o pistão e realizando o trabalho; esta etapa é o tempo da potência.
4º tempo - Finalmente a válvula da exaustão se abre e os produtos da combustão são empurrados para fora deixando o cilindro livre para o próximo tempo de admissão, reiniciando o ciclo.

Fonte: Adaptado pelo autor, (Young e Freedman, 2003, p. 206).

Figura 7 — Diagrama pV de um modelo idealizado do ciclo de Otto.



Fonte: Adaptado pelo autor Young e Freedman (2003, p. 207).

O rendimento do ciclo idealizado na Figura 7 pode ser calculado, lembrando que os processos 1-2 e 4-1, ocorrem a um volume constante, de modo que os calores Q_H e Q_C são relacionados de modo simples com as temperaturas, conforme equações 6 e 7.

$$Q_H = nCv(T_3 - T_2) > 0 \quad (6)$$

$$Q_C = nCv(T_1 - T_4) < 0 \quad (7)$$

Usando a equação 5, que representa a eficiência térmica, e cancelando o fator comum nCv , obtemos a equação 8.

$$e = \frac{Q_H + Q_C}{Q_H} = \frac{T_3 - T_2 - T_1 - T_4}{T_3 - T_2} \quad (8)$$

Podemos utilizar a relação entre temperatura e volume para um processo adiabático de um gás ideal, simplificando a expressão (8), para dois processos adiabáticos 1-2 e 3-4, conforme equações (9) e (10).

$$T_1(rV)^{\gamma-1} = T_2V^{\gamma-1} \quad (9)$$

$$T_4(rV)^{\gamma-1} = T_3V^{\gamma-1} \quad (10)$$

Observado o fator comum das expressões anteriores ($V^{\gamma-1}$), ao realizarmos a divisão e substituirmos as relações obtidas pela T_2 e T_3 na equação (8), obtemos a equação (11).

$$e = \frac{T_4r^{\gamma-1} - T_1r^{\gamma-1} + T_1 - T_4}{T_4r^{\gamma-1} - T_1r^{\gamma-1}} = \frac{(T_4 - T_1)(r^{\gamma-1}) + (T_1 - T_4)(r^{\gamma-1})}{(T_4 - T_1)r^{\gamma-1}} \quad (11)$$

Excluindo o fator comum ($T_4 - T_1$), encontramos a eficiência térmica no ciclo de Otto, discriminada pela equação 12.

$$e = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}} \quad (12)$$

Sua eficiência térmica (Equação 12) é sempre menor que uma unidade (1 ou 100%), mesmo no caso de um modelo idealizado. A eficiência pode ser aumentada caso o valor de r (razão de compressão) seja maior, como numa gasolina *premium*, que é de aproximadamente igual a 10. Outras razões mais elevadas, ou seja, valores maiores de "e," podem ser obtidas usando-se combustíveis mais exóticos⁹, porém, isso ocasionaria em um aumento de temperatura no final do processo da compressão da mistura de ar-combustível, podendo ocorrer a explosão antecipadamente, ao invés da vela produzir a ignição.

⁹ São combustíveis com alta quantidade de energia, como: Hidrogênio, Pentaborano.

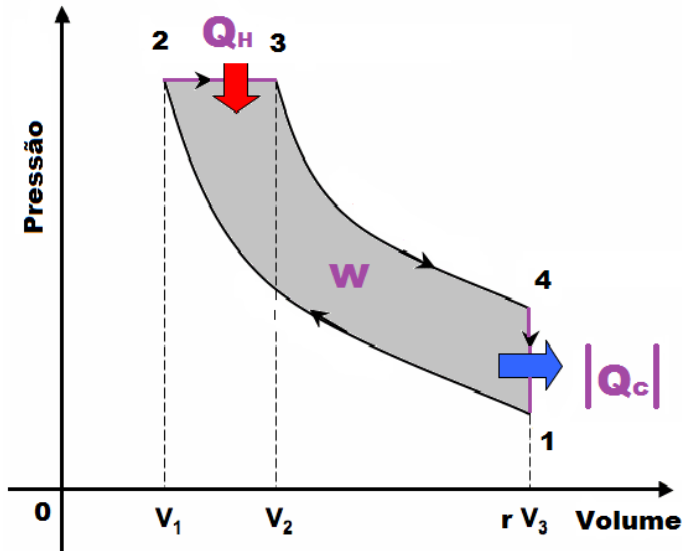
O ciclo de Otto descrito trata de um modelo altamente idealizado. Nele supõe-se que a mistura se comporta como um gás ideal, desprezando, assim, atrito, turbulência, perda de calor para as paredes do cilindro e muitos outros efeitos que a máquina real está sujeita. Outra fonte de ineficiência é a falha na combustão, uma mistura de ar e gasolina pode não sofrer a ignição necessária, mesmo em quantidade adequadas para combustão completa, ocasionando no último tempo do motor (exaustão) a produção de CO_2 e hidrocarbonetos que não queimam, pois, o calor obtido da gasolina é menor que o calor total de combustão, contribuindo assim para a poluição. Os motores reais a gasolina possui eficiências na ordem de 35% (YOUNG; FREEDMAN, 2003, p. 207).

3.3.2 O CICLO DE DIESEL

Semelhante ao ciclo do motor à gasolina, o ciclo de Diesel possui uma diferença que torna fundamental para sua maior eficiência. No ciclo de Diesel não existe combustível no cilindro no início do tempo de compressão. Pouco antes do início do tempo da potência, os injetores começam a injetar o combustível direto no cilindro, com uma velocidade suficiente para manter a pressão constante durante a primeira parte do tempo da potência. Por consequência da elevada temperatura resultante da compressão adiabática, o combustível explode espontaneamente à medida que é injetado, não dependendo de uma vela de ignição, como no caso do ciclo de Otto.

A Figura 8 mostra as etapas do ciclo de Diesel. Começando em um ponto 1 (primeiro tempo), o ar é comprimido adiabaticamente até o ponto 2. Em seguida, é aquecido, à pressão constante, até o ponto 3, a partir do qual, expande adiabaticamente até o ponto 4. Para finalizar, o ar é resfriando, a volume, constante até o ponto 1, fechando o ciclo. Como não existe nenhum combustível no cilindro durante a maior parte do tempo de compressão, não pode ocorrer pré-ignição. Logo, a razão de compressão r pode ser muito maior do que a existente no motor à gasolina. Isso faz aumentar a eficiência e garante uma ignição confiável quando o combustível é injetado. Valores de r em torno de 15 até 20, com $\gamma = 1,4$ são típicos. O motor à diesel geralmente é mais eficiente que o motor à gasolina.

Figura 8 — Diagrama de um modelo idealizado do ciclo de Diesel



Fonte: Adaptado de Young e Freedman (2003, p. 208)

3.4 REFRIGERADOR

A máquina térmica recebe calor de uma fonte quente e rejeita calor para uma fonte fria. No caso do refrigerador, podemos dizer que ele realiza um trabalho inverso, ou seja, ele recebe calor de uma fonte fria (a parte interna do refrigerador) e transfere o calor para uma fonte quente (geralmente o ar extenso no local onde refrigerador se encontra). A máquina térmica fornece trabalho mecânico líquido, já o refrigerador necessita de trabalho mecânico líquido.

Para um refrigerador, Q_C é positivo, porém W e Q_H são negativos, isto é, $|W| = -W$ e $|Q_H| = -Q_H$.

Um diagrama do fluxo de energia de um refrigerador é esquematizado na Figura 9. De acordo com a primeira lei da termodinâmica, para um processo cíclico, consideremos as equações 13 e 14.

$$Q_H + Q_C - W = 0 \quad (13)$$

ou

$$-Q_H = Q_C - W \quad (14)$$

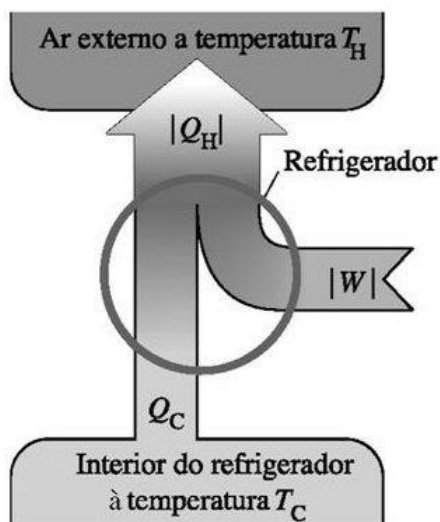
Como Q_H e W são negativos, obtemos a equação (15).

$$|Q_H| = Q_C + |W| \quad (15)$$

Logo, como o diagrama mostra, o calor $|Q_H|$ que deixa a substância de trabalho e se transfere para o reservatório quente é sempre maior do que calor Q_C , retirado do reservatório frio. Observe que a equação 16 envolve os valores absolutos e, por isso, é válida tanto no caso do refrigerador quanto no da máquina térmica.

$$|Q_H| = |Q_C| + |W| \quad (16)$$

Figura 9 — Diagrama de esquemático do fluxo de energia de um refrigerador.



Fonte: Young e Freedman (2003, p. 208).

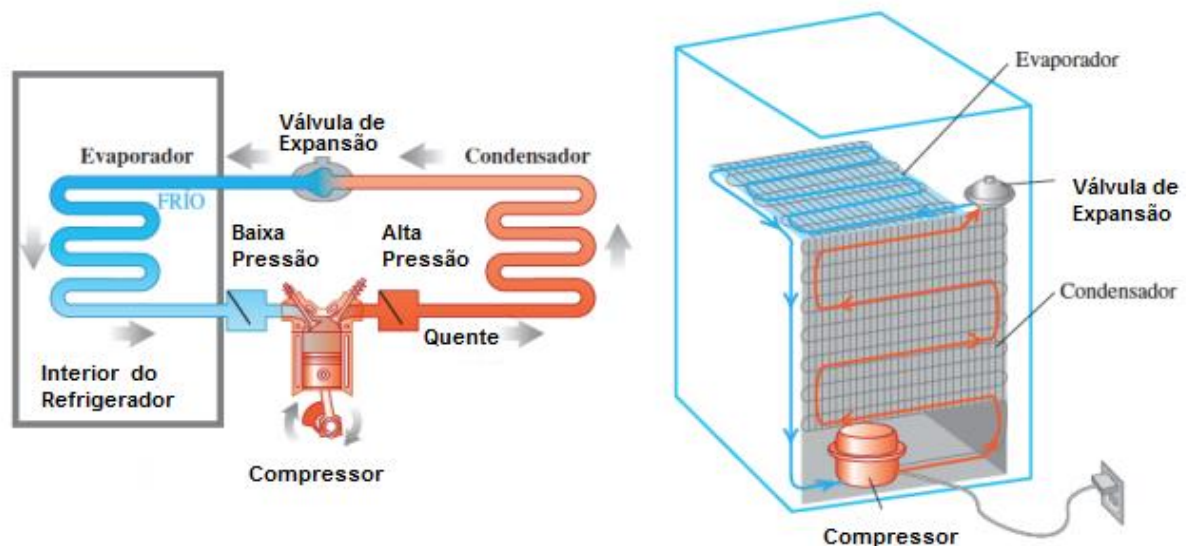
É certo que pelo ponto de vista econômico, o melhor ciclo de refrigeração é aquele que retira maior quantidade de calor $|Q_C|$ do interior do refrigerador com menor esforço possível, ou seja, menor trabalho realizado $|W|$. A razão relevante é, portanto, $|Q_C|$ pelo $|W|$, ou seja, quanto maior for essa razão, melhor será a eficiência desse refrigerador. Esta razão é chamada de coeficiente de performance,

designado por K_P usando a equação 16, e deixando $|W|$ em evidência o, obtemos, $|W| = |Q_H| - |Q_C|$. Então, o coeficiente de performance (K_P) de um refrigerador pode ser determinado pela equação 17.

$$K_P = \frac{Q_c}{|W|} = \frac{|Q_C|}{|Q_H - Q_C|} \quad (17)$$

Como já mencionado, nas máquinas térmicas, o sentido do calor é fluir espontaneamente de um corpo mais quente para um corpo mais frio. Para um fluxo inverso, nos refrigeradores, é preciso realizar trabalho para transferir calor de um corpo frio para um corpo quente, pois o calor dessa forma não flui espontaneamente. Caso não fosse necessário nenhum trabalho, o coeficiente de performance seria infinito. A Figura 10 mostra, esquematicamente, o funcionamento de um refrigerador de forma detalhada.

Figura 10 — Diagrama do princípio de funcionamento do ciclo de um refrigerador.



Fonte: Young e Freedman (2003, p. 209).

3.5 CICLO DE CARNOT

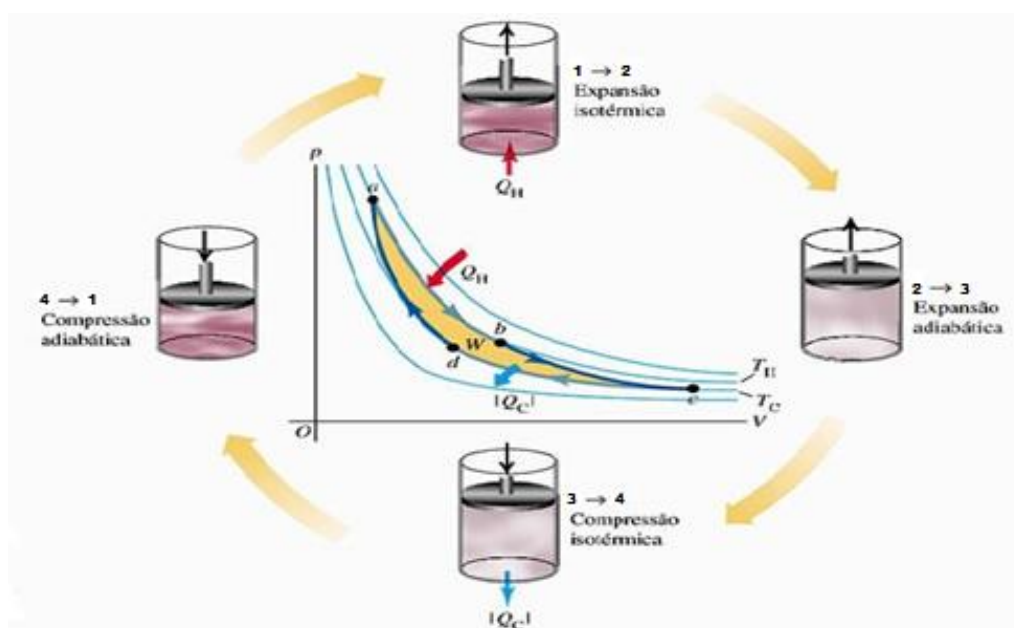
Qual seria a eficiência máxima que uma máquina pode ter, a partir de um reservatório quente a uma temperatura T_H e de um reservatório frio a uma temperatura

T_c ? Esta é uma questão intrigante, pois, que de acordo com a segunda lei, nenhuma máquina térmica poderia ter eficiência de 100%.

Em 1824, essa pergunta foi respondida por Sadi Carnot, que desenvolveu uma máquina hipotética que operava em ciclos com máxima eficiência, permitida pela segunda lei da termodinâmica, ficando conhecido como ciclo de Carnot.

O ciclo de Carnot é construído por meio por duas isotérmicas reversíveis e dois processos adiabáticos reversíveis. A Figura 11, mostra um ciclo de Carnot usando, como substância de trabalho, um gás ideal dentro de um cilindro com um pistão.

Figura 11 — Ciclo de Carnot para um gás ideal



Fonte: Adaptado de Young e Freedman (2003, p. 212).

No diagrama pV , mostrado na Figura 11, as linhas finas representam isotérmicas (temperatura constante) e as linhas mais grossas representam adiabáticas (curvas com transferência de calor igual a zero). O ciclo de Carnot, possui, portanto, quatro etapas, que são descritas no Quadro 4.

Quadro 4 — Etapas do funcionamento do Ciclo de Carnot

1 – O gás se expande isotermicamente na temperatura T_H absorvendo um calor Q_H (1 – 2).

2 – O gás se expande adiabaticamente até que sua temperatura cai para T_C (2 – 3).
3 – Ele é comprimido isotermicamente na temperatura T_C rejeitando o calor $ Q_C $ (3 – 4).
4 - Ele é comprimido adiabaticamente, retornando ao seu estado inicial na temperatura T_H (4 – 1).

Fonte: elaborado pelo autor.

Para calcularmos a eficiência térmica da máquina de Carnot precisamos considerar que a substância de trabalho é um gás ideal. Para fazer este cálculo, acharemos inicialmente a razão (Q_C/Q_H) entre as quantidades de calor transferidas durante os dois processos isotérmicos e a seguir usaremos a equação 5 para determinar "e".

Num processo isotérmico, para um gás ideal a energia interna U permanece constante dependendo apenas da temperatura. Para expansão isotérmica (1 – 2), $\Delta U = 0$ e Q_H é igual ao trabalho W_{1-2} realizado sobre o gás durante sua expansão isotérmica, a uma temperatura T_H como mostrado na equação 18.

$$Q_H = W_{1-2} = nRT_H \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (18)$$

$$Q_C = W_{4-3} = nRT_C \ln \frac{V_4}{V_3} = -nRT_C \ln \frac{V_3}{V_4} \quad (19)$$

Como V_4 é menor que V_3 , Q_C é negativo ($Q_C = - |Q_C|$) e, com isso, o calor flui para fora do gás durante a compressão isotérmica na temperatura T_C .

A razão entre duas quantidades de calor é dada pela equação 20.

$$\frac{Q_C}{Q_H} = -\frac{T_C}{T_H} \cdot \frac{\ln \frac{V_3}{V_4}}{\ln \frac{V_2}{V_1}} \quad (20)$$

Podemos simplificar o resultado da equação 20, usando a relação entre volume e a temperatura em um processo adiabático, equação ($T_1V_1^{y-1} = T_2V_2^{y-1}$). Para os dois processos adiabáticos encontramos, portanto, as equações 21 e 22:

$$T_H V_2^{y-1} = T_3 V_3^{y-1} \quad (21)$$

$$T_H V_1^{y-1} = T_3 V_4^{y-1} \quad (22)$$

Dividindo membro a membro as duas equações anteriores (21 e 22), obtemos as equações 23 e 24.

$$\frac{V_2^{y-1}}{V_1^{y-1}} = \frac{V_3^{y-1}}{V_4^{y-1}} \quad (23)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4} \quad (24)$$

Modulando a equação 23, obtemos, ainda, a equação 24, que corresponde à transferência de calor na máquina térmica de Carnot.

$$\frac{Q_C}{Q_H} = -\frac{T_C}{T_H} \quad (25)$$

Modulando a equação 25, obtemos, ainda, a equação 26, que corresponde à transferência de calor na máquina térmica de Carnot.

$$\frac{|Q_C|}{|Q_H|} = -\frac{T_C}{T_H} \quad (26)$$

Na equação 27, observamos que a razão entre o calor rejeitado à temperatura T_C e o calor absorvido a uma temperatura T_H é igual a T_C / T_H . Logo pela equação (5), a eficiência térmica da máquina de Carnot pode ser determinada pela equação 24.

$$e = 1 - \frac{T_C}{T_H} = \frac{T_H - T_C}{T_H} \quad (27)$$

Dado este resultado aparentemente simples, nota-se que a eficiência depende das temperaturas dos dois reservatórios. Quando a diferença de temperatura é grande, a eficiência também é grande, e, quando essa diferença se torna muito pequena (temperaturas próximas), a sua eficiência é menor.

Vale lembrar que a eficiência de uma máquina de Carnot mesmo, em um gás ideal, nunca será igual a 1 (ou 100%).

4 METODOLOGIA

4.1 LOCAL E PARTICIPANTES DA PESQUISA

A SD foi aplicada em uma escola estadual de tempo integral, para uma turma do 2º ano do Ensino Médio, contendo 18 alunos regularmente matriculados. Esta sala foi denominada Sala 1.

Para fins de comparação dos métodos utilizados, foi desenvolvido a mesma temática da SD em outra sala, também do 2º ano do Ensino Médio, contendo 22 estudantes. Porém, nesta, o conteúdo foi abordado com base no currículo paulista, sem as atividades propostas para os momentos da SD.

4.2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática é composta de seis aulas, cada uma com 45 minutos, organizada e desenvolvida de forma a possibilitar uma aprendizagem significativa e colocando o aluno como protagonista do seu próprio processo de ensino.

De forma geral a sequência está dividida em três momentos:

O primeiro momento

Formado por duas aulas, consiste no levantamento dos conhecimentos prévios, tendo em vista, o uso das metodologias ativas, como a sala de aula invertida. Neste momento, haverá apresentação expositiva, pelo professor de um mapa conceitual sobre o tema a ser trabalhado nas sequências, com objetivo de associá-los com os conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva do aluno. Em outras palavras, averiguar os conceitos básicos (subsunçores) necessários à aprendizagem significativa.

Segundo Ausubel (1968),

“O aluno deve buscar uma participação completa através de um aprendizado crítico e ativo, tentando compreender e reter o que é ensinado, integrando novas informações às informações obtidas em experiências anteriores, traduzindo novas proposições para uma linguagem própria”. (AUSUBEL, 1968, p. 30)

A temática a ser trabalhada neste momento, se trata na contextualização da história das máquinas térmicas e seu princípio básico de funcionamento, analisando de forma crítica os acontecimentos, mediante diálogos e reflexões.

Segundo momento

Dividido em três aulas, marca a abordagem conceitual das máquinas térmicas, para qual se fará o uso da metodologia de sala de aula invertida. Este passo está marcado por conta das experimentações, apresentadas nos APÊNDICES 3 e 4.

Terceiro momento

O último momento da sequência didática, representa a avaliação da sequência, que aborda questões dissertativas e abertas para a devida exposição do aluno em relação ao roteiro proposto. O foco principal da avaliação será a produção de um mapa mental a ser comparado com aquele produzido inicialmente pelo professor no primeiro momento, no desenvolvimento de conceitos.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2012), as competências e habilidades a serem trabalhadas nesta sequência didática são:

- Impactos sociais e econômicos das máquinas térmicas no processo histórico de desenvolvimento da sociedade (revolução industrial).
- Caracterização do funcionamento das máquinas térmicas em termos de ciclos fechados;
- Cálculo da potência e do rendimento de máquinas térmicas reais;

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2020), define três competências específicas para a área de Ciências da Natureza. Associada a cada uma dessas competências, há diversas habilidades. A seguir, são apresentadas as três competências atrelada à habilidade a qual permeia o contexto de máquinas térmicas:

Competência Específica I: 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.

Habilidade (EM13CNT102): Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

Competência Específica II: Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

Habilidade (EM13CNT203): Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Competência Específica III: 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).

Habilidade (EM13CNT303): Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Habilidade (EM13CNT309): Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

4.3 DESCRIÇÃO DAS AULAS

Neste tópico será descrita a metodologia utilizada em cada aula. Essa descrição está detalhada em APÊNDICE 5, que mostra o produto educacional, ou seja, a sequência didática na íntegra.

As aulas foram organizadas de forma individualizada, caso o professor tenha duas aulas em um mesmo dia, precisa-se organizar para a disponibilização dos materiais aos alunos, antecipadamente.

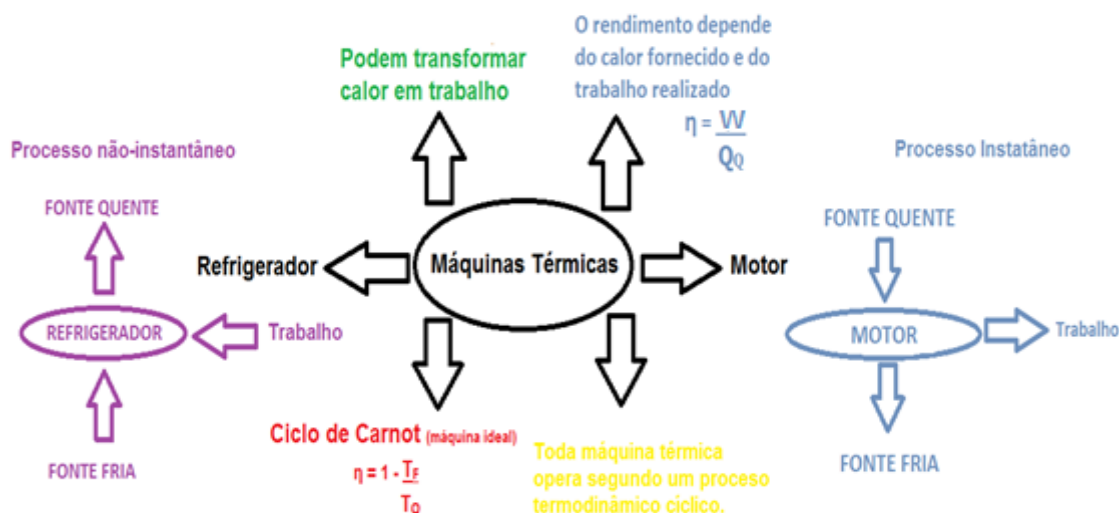
4.3.1 AULA 1: LEVAMENTOS DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

A aula foi elaborada para aferir os conhecimentos prévios dos alunos sobre as máquinas térmicas em relação ao seu emprego no cotidiano e sua evolução, de forma bastante superficial. Por isso, é necessária uma metodologia que insira o aluno como peça principal do seu processo de ensino.

Para iniciar a formalização do assunto, foi ser entregue antecipadamente aos alunos, uma atividade com questões abertas em APÊNDICE A, relacionando o uso das máquinas térmicas em situações cotidianas. Mesmo que de forma superficial, foi avaliado os conhecimentos dos alunos, a fim de planejar os próximos passos a serem tomados.

Durante a aula o professor deve discutir de forma geral, as respostas dadas pelos alunos, e fazer arguição expositiva, apresentando as competências e habilidades a serem trabalhadas. Também, deve expor as ideias principais da sequência didática contidas no Mapa 3. Antes do término da aula, é necessário que os alunos criem seu próprio mapa de conceitos sobre as máquinas térmicas.

Mapa 3 — Mapa conceitual sobre a temática das Máquinas Térmicas



Fonte: elaborado pelo autor.

Antes do término da aula o professor deve disponibilizar aos alunos um material de apoio para a próxima aula em APÊNDICE B, sobre a história das máquinas térmicas.

4.3.2 AULA 2: OPERANDO UMA MÁQUINA TÉRMICA

Na segunda aula, após os levantamentos prévios da aula inicial, é importante que o professor discuta, com os alunos, sobre a leitura e interpretação do material de apoio disponível em APÊNDICE B, pois se faz necessário o seu entendimento para contemplar das competências e habilidades a serem notadas.

Para início da conversa, o professor pode posicionar a classe da forma em que achar mais viável para a discussão do texto. Uma forma de organização recomendada, seria no formato de U e o professor ao centro. A atividade extraclasse de interpretação, é uma forma de otimizar o tempo docente, podendo realizar atividades práticas, solucionar dúvidas e discussões mais abrangentes sobre o assunto.

O texto de apoio, disponível no APÊNDICE B, conta uma breve história dos principais acontecimentos do surgimento das máquinas térmicas, seus conflitos e os tipos de máquinas térmicas construídas na época, de forma detalhada e bem simples.

É importante que o professor aborde em sala de aula cada etapa do texto para que os alunos exponham sua reflexão e sua análise de forma crítica.

Na metade da aula, deverá ser reservado um tempo para que o docente demonstre a máquina de Herón à vapor, disponível no APÊNDICE 1 que traz o material para sua fabricação, descrito de forma simples e prática, como na Figura 12. O professor pode pedir para que os alunos realizem a montagem e exposição do experimento, auxiliando-o na manipulação do fogo.

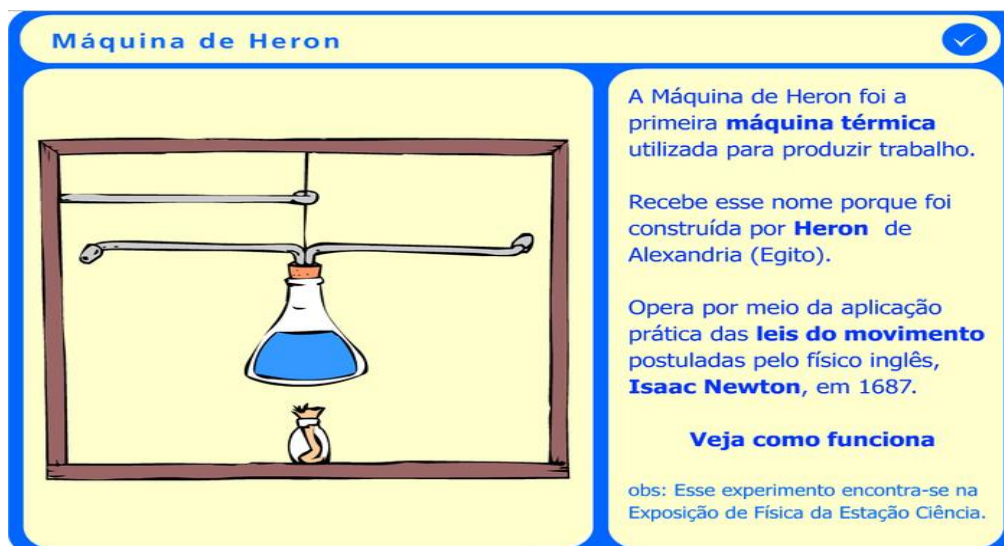
Figura 12 — Experimento máquina de Herón



Fonte: elaborado pelo autor.

Outra possibilidade caso o docente tenha recursos tecnológicos é a utilização de simuladores, como na Figura 13, que também demonstrem de forma bastante eficaz o funcionamento da máquina de Herón, visto que otimização do tempo foi pensada em toda a sequência.

Figura 13 — Simulador da máquina de Herón



Fonte: Máquina... (2002)

Ao final da aula, o professor deve disponibilizar o material de apoio para a próxima aula, disponível no APÊNDICE C.

4.3.3 AULA 3: FUNDAMENTAÇÃO DOS CONCEITOS SOBRE O FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS

Esta aula, caracteriza o segundo momento da SD, evidenciando a abordagem de conceitos teóricos sobre as máquinas térmicas, sem deixar de usar uma metodologia diferente da tradicional, inserindo o discente como principal componente da sua aprendizagem.

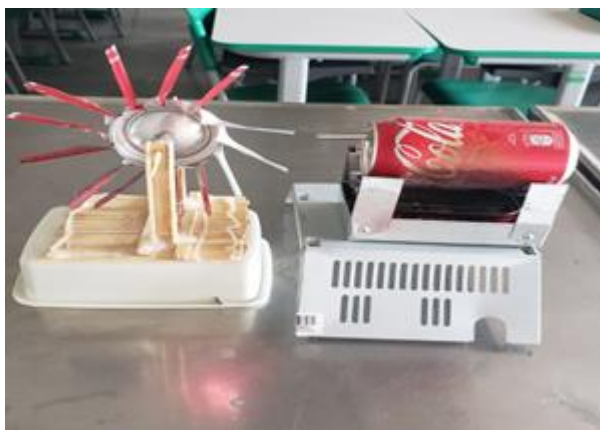
A discussão em classe, de forma a entender os conceitos estudados fora do período escolar sobre os princípios básicos de funcionamento de uma Máquina Térmica, devem ser discutidos na ocorrência de seus acontecimentos, cronologicamente, baseados no texto de apoio. A aula é finalizada com a demonstração feita pelo docente, podendo optar pela montagem em aula, ou apenas a exposição da experiência que mostra a semelhança da máquina utilizada por Herón (I a.C), que na época foi esquecida, e aperfeiçoada apenas no século XVII.

Outro fator primordial é uma visão clara da transformação de energia térmica em energia mecânica com o movimento do miniventilador.

É importante, também, o professor equiparar os acontecimentos ocorridos na experiência aos acontecimentos do dia a dia, associando, assim com outras máquinas térmicas como: panela de pressão, trens a vapor, usinas termoeletricas e as de combustão interna.

A Figura 14, mostra a montagem final da experimentação, para exposição aos alunos.

Figura 14 — Experimentação da máquina térmica à vapor



Fonte: elaborado pelo autor.

Antes do término da aula o professor, deve disponibilizar o material do APÊNDICE D, sobre o funcionamento de um refrigerador, caracterizando a sala de aula invertida.

4.3.4 AULA 4: RENDIMENTO DE UMA MÁQUINA TÉRMICA E FUNCIONAMENTO DE UM REFRIGERADOR

Das aulas anteriores, essa aula é a considerada a mais expositiva, por isso, é importante que o professor seja claro em suas afirmações.

A forma que o docente explana influencia na aceitação do novo na estrutura cognitiva do aluno. Por isso, iniciamos a aula definindo dois enunciados de Kelvin-Planck, referentes à segunda lei da termodinâmica aplicados diretamente no funcionamento de uma máquina térmica. É importante que o princípio de conservação de energia esteja claro na mente do aluno, caso seja necessário, retome.

De forma bem contextualizada, o professor abordará e poderá usar de modelo as definições citadas acima (Kelvin-Planck) à comprovação que Carnot realizou ao definir uma máquina térmica idealizada, que opera com maior rendimento possível.

Após as atividades realizadas, o professor deve discutir, em sala, fazendo alguns questionamentos sobre a leitura e análise de texto do APÊNDICE D, sobre a história e funcionamento dos refrigeradores, que, embora seja uma máquina térmica, opera em um ciclo “inverso”.

Alguns desses questionamentos podem ser discutidos em classe:

1. Segundo Clausius, o fluxo de calor ocorre espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, isso ocorre em um sistema de refrigeração?
2. Qual a importância do gás refrigerante para o funcionamento do refrigerador?
3. De forma resumida como funciona o refrigerador?

Ao final da aula, o professor deve disponibilizar antecipadamente aos alunos, o material do APÊNDICE E, essencial para utilização na próxima aula.

4.3.5 AULA 5: MÁQUINAS DE COMBUSTÃO INTERNA

Nesta última aula prática da sequência didática, o docente poderá usar diversas formas de apresentar os ciclos termodinâmicos. Pode ser por meio de simulação, vídeos e até uma maquete composta por um cilindro, como proposto aqui, para demonstração de seu funcionamento.

É importante discutir o material de apoio, disponibilizado na aula anterior (APÊNDICE E), na intenção de preparar os alunos, otimizando assim o tempo em sala.

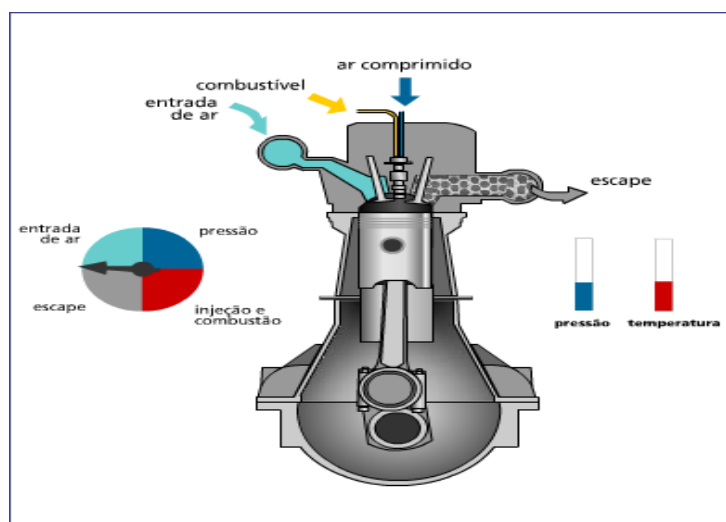
Caso haja recursos, o professor pode fazer uso de simulações para mostrar o ciclo de Otto e ciclo de Diesel. As Figuras 15 e 16 mostram um exemplo de simuladores computacionais de fácil acesso, seguidos de seus links.

Figura 15 — Simulação de funcionamento do Ciclo de Otto



Fonte: Schulz (2009)

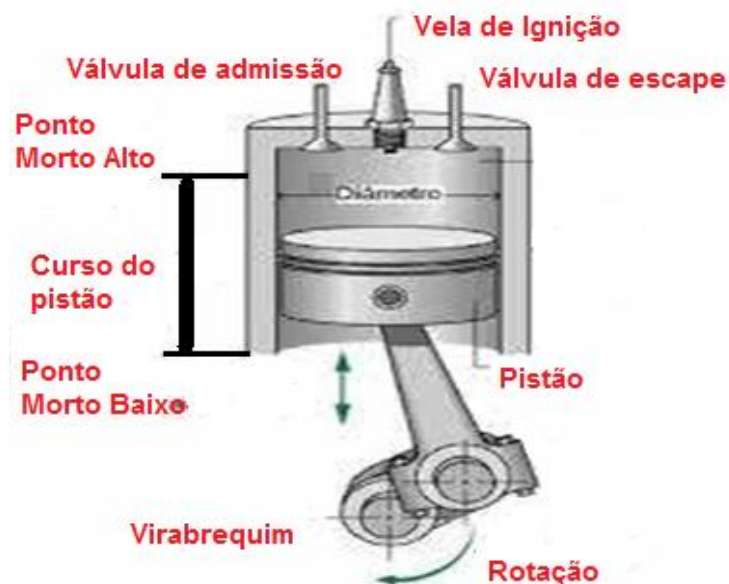
Figura 16 — Simulação de funcionamento do Ciclo de Diesel



Fonte: SCHULZ (2009)

A Figura 17, representa o modelo de maquete a ser produzida pelo professor. Pode-se sugerir que os alunos tragam para escola um protótipo parecido, para ser produzido com materiais de fácil acesso apenas para demonstração. A sugestão de materiais necessários para sua confecção está disponível no APÊNDICE 5.

Figura 17 — Demonstração de funcionamento de um monocilindro



Fonte: Retirado de (Local) e complementado pelo autor (2020)

Como uma das formas de avaliação de toda a sequência em virtude da otimização do tempo, o professor pode entregar aos alunos o material disponível no APÊNDICE G, para a produção de um mapa conceitual a respeito das máquinas térmicas. Esta atividade será utilizada para comparação com aquela realizada no início da sequência didática como forma de avaliação da sequência didática.

4.3.6 AULA 6: QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DOS CONCEITOS ABORDADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesta última aula, o professor deverá recolher os mapas conceituais produzidos pelos alunos, e como forma de avaliar os conceitos abordados durante a sequência, deverá ser utilizada uma atividade disponível no APÊNDICE F, que possui questões abertas e dissertativas, sobre os conceitos aprendidos.

É importante que o professor dê assistência aos alunos, auxiliando-os em algumas dúvidas e permitindo que eles resolvam as questões propostas no tempo que precisarem.

A avaliação do aprendizado dos alunos deverá ser feita pelo professor em cada aula, por meio dos questionários da última aula (APÊNDICE F), da produção de mapa conceitual (APÊNDICE G), e do desenvolvimento dos roteiros entregues, além do

comportamento frente às questões apresentadas. O professor deve tomar nota das observações dos estudantes, bem como de seus questionamentos ao longo da sequência.

Também, deverá ser entregue aos alunos uma pesquisa (APÊNDICE H), para que as aulas da sequência didática sejam avaliadas, estabelecendo um comparativo com o modelo tradicional de ensino na maioria das escolas.

Além de avaliar a sequência, os alunos escolheram entre as ferramentas didáticas que foram utilizadas ao longo das aulas, aquela que foi mais relevante para o seu aprendizado, seu posicionamento em relação ao método utilizado e em relação ao conhecimento adquirido.

Como comparativo pode ser usado os dados obtidos pela classe que não terá a aplicação dessa sequência de forma a aferir as principais diferenças e opiniões sobre a metodologia tradicional e significativa.

5 RESULTADOS

A SD foi aplicada com uma turma de 18 alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública de período integral, no ano de 2022. A SD foi aplicada em período regular de aula. Para fins de comparação, o mesmo tema foi abordado de forma tradicional em outra sala do 2º ano na mesma escola, sala essa contendo 22 alunos, ou seja, sem utilizar as atividades e metodologias de ensino proposta na SD.

Inicialmente, como proposta do primeiro momento, a sequência didática (SD) foi apresentada de forma breve, descrevendo as principais etapas do processo, como forma de instigá-los. Como ideia fundamental no ensino de “algo novo”, a aprendizagem significativa necessita do levantamento de informações prévias sobre o assunto, para que sirva de subsídios como forma de ancoragem para o docente. Por isso, também foi ouvida a arguição dos estudantes sobre o assunto, para averiguar seus conhecimentos prévios sobre o assunto a ser tratado na SD, como planejado.

De uma forma geral, alguns grupos tentaram ser bem cirúrgicos, procurando discutir a melhor resposta aos questionamentos, outros tiveram certa resistência em realizar a leitura e interpretação das situações problema.

5.1 Primeiro Momento

Nos minutos iniciais da aula foi exposto, pelo docente, as habilidades a serem contempladas com a SD, assim como, a competência essencial para o ano-série e os objetivos a serem alcançados. Em seguida, os educandos foram submetidos a um questionário (Apêndice A), divididos em grupos personalizados de até quatro alunos.

Esse formulário é composto de quatro situações problema, com questões argumentativas e contextualizada, evidenciando acontecimentos ocorridos em nossa sociedade, todas relacionadas ao surgimento e evolução das máquinas térmicas. Essa proposta tem como objetivo principal ativar os subsunçores, ou seja, conhecimentos prévios sobre o assunto visando a preparação ao tema.

Na primeira situação, trata-se de um momento de investigação, interligado à interdisciplinaridade entre os assuntos trabalhados na área de ciências humanas a respeito da revolução industrial do século XVIII e seus impactos.

Nas contribuições dos educandos ficou evidenciada a mudança do trabalho manual para a maquinofatura acarretando no desemprego em massa. O Quadro 3 mostra uma sinopse das respostas dadas pelos alunos, bem como comentários sob a perspectiva pedagógica do professor da sala.

Quadro 5 – Resultado e comentário da questão 1, em (Apêndice A).

Pergunta	1) A grande produção das máquinas térmicas se deu na revolução industrial no século XVIII, que você já deve ter ouvido falar, este acontecimento ficou marcado pela demissão em massa de trabalhadores das indústrias têxteis da época e, concomitante, na produção em massa de máquinas térmicas, qual é a relação desses dois marcos?
Respostas	Todos os alunos de uma forma ou outra relataram a troca da manufatura para maquinofatura como a responsável pelo desemprego. Alguns até analisaram a eficiência e a maior rentabilidade para os patrões.
Comentários	Esse questionamento visa relacionar a interdisciplinaridade das áreas do conhecimento. De forma simples, os estudantes conseguiram relacionar os dois marcos que se resumem na grande revolução industrial.

Fonte: elaborado pelo autor.

A segunda questão se refere às locomotivas a vapor, que, de forma simples, traduz o seu funcionamento, evidenciando a importância para o Brasil e seu investimento. Porém, com a fabricação de caminhões e carros utilitários, esse meio de transporte foi sendo esquecido e privatizada. De forma objetiva, esta situação provoca no aluno, pensar nas principais vantagens e desvantagens de uma locomotiva a vapor e o porquê da desvalorização desse meio de transporte.

De forma geral, com base nas respostas encontradas, os alunos evidenciaram algumas das características de funcionamento e motivos norteadores para a privatização da malha ferroviária, além do investimento em rodovias e em automóveis e caminhões. Alguns erros possivelmente causados pela falta de interpretação correta do que estava pedindo.

Quadro 6 – Resultado e comentário da questão 2, em (Apêndice A).

Pergunta	2) Antigamente, as Maria Fumaças, assim, carinhosamente apelidadas, em virtude da densa nuvem de vapor e da fuligem
----------	---

	expelida por sua chaminé, as locomotivas a vapor, que se utilizava de uma fornalha e carvão para sua locomoção, onde no Brasil fora investido pesado no início e com a chegada de caminhões, o governo brasileiro deixou de lado, privatizando, e deixando de investir na malha ferroviária que hoje, se pensa na possibilidade de investimento e na volta desse meio de transporte. Pense e classifique as principais vantagens e desvantagens desses dois meios de transportes, na sua opinião o que houve para essa desvalorização do transporte ferroviário e investimento no rodoviário.
Respostas	Das principais vantagens da locomotiva, a maioria dos alunos relataram da praticidade em transportar um número expressivo de cargas com os vagões e baixo índice de acidentes. Como desvantagem, abordaram assuntos como o custo em manutenção, a necessidade de outros veículos para finalizarem a entrega, a poluição, a eficiência do combustível usado. Já com sistema rodoviário, os alunos relataram como desvantagens as colocações foram a respeito da poluição pelo número excessivo de caminhões e carros, trânsito intenso nos grandes centros, risco maior de acidentes. As principais vantagens estão relacionadas à sua mobilidade, custo de produção e fabricação menor.
Comentários	Nesta situação pode-se observar, em algumas, respostas a repetição da palavra poluição em ambos os casos. Porém, sem conhecimento teórico de comparação, embora todos relataram características importantes de cada ramo de transporte.

Fonte: elaborado pelo autor.

Na penúltima questão, é induzido de forma superficial o princípio básico para que uma máquina térmica funcione, logo, o estudante precisa refletir e observar máquinas que se utilizam desse processo.

Quadro 7 – Resultado e comentário da questão 3, em (Apêndice A).

Pergunta	3) Um dos princípios básicos de funcionamento de uma máquina térmica, é a transformação de energia térmica em energia mecânica, em outras palavras, uma máquina térmica necessita de um combustível para que, em uma dada temperatura, transforme em um
----------	--

	movimento. Com base nestas definições, pense em diferentes máquinas térmicas que são utilizadas no dia a dia e como ocorre essa transformação.
Respostas	Em grande parte das respostas a este questionamento, os alunos citaram a locomotivas, automóveis, refrigeradores e ar-condicionado. Alguns alunos mencionaram outros equipamentos que não tem relação alguma com o conceito de máquinas térmicas, como, por exemplo, micro-ondas, umidificador e forno elétrico.
Comentários	É observado a familiarização de algumas máquinas térmicas no início do questionário, o que mostra a assertividade nas respostas, mas por se tratar de uma investigação superficial alguns grupos citaram equipamentos elétricos que não se utilizam de uma fonte de combustível e de uma fonte fria para seu funcionamento, mostrando a falta de conhecimento teórico compreendido na SD proposta.

Fonte: elaborado pelo autor.

No último questionamento, trata-se da evolução das máquinas térmicas, no que se refere o primeiro enunciado da segunda lei de termodinâmica de Kelvin-Plank, a qual evidência experimentalmente a seguinte condição: *“É impossível construir uma máquina que, operando em ciclos termodinâmicos, tenha como único efeito converter integralmente em trabalho todo o calor recebido.”*

Quadro 8 – Resultado e comentário da questão 4, em (Apêndice A).

Pergunta	4) Com a tecnologia avançando a cada dia, carros supermodernos aparecendo no mercado automobilístico vem se tornando cada vez mais frequentes, e a evolução de combustíveis limpos, menos agressivos ao meio ambiente também está presente. Com base no que você conhece sobre o tema, é possível criar um automóvel ou combustível altamente eficiente?
Respostas	A maioria das respostas reflete a impossibilidade de criar uma máquina térmica que não dissipe calor ou que seja 100% eficiente. Três respostas colocaram como a possibilidade de criar um veículo altamente eficiente como os carros elétricos ou movidos à energia solar, com o avançar da tecnologia.

Comentários	Mesmo não sendo abordado no questionamento a segunda lei da termodinâmica ou tendo-a como requisito prévio, os estudantes a evidenciaram em outras palavras. Três respostas, com relação a sua eficiência, relatou a criação de carros mais eficientes.
-------------	---

Fonte: elaborado pelo autor.

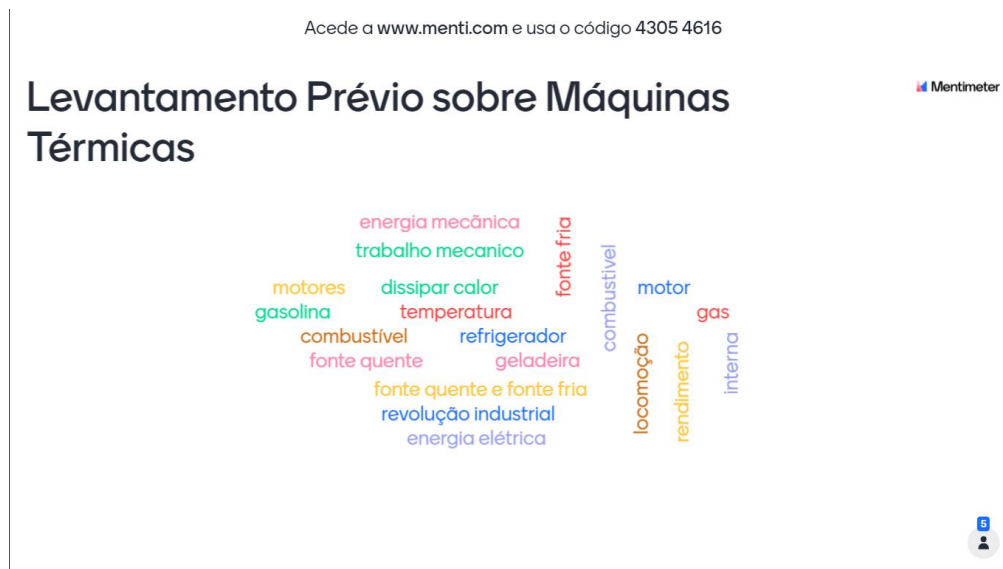
Mesmo que de forma superficial, essa situação leva o estudante a se questionar sobre as diferentes máquinas existentes e os diferentes combustíveis, tendo um olhar para seu funcionamento, além de refletir sobre sua eficiência como algo “ideal” nas transformações de energia para realização de trabalho. Em sua totalidade ficou evidenciado essa impossibilidade através da contextualização da situação.

Como forma de finalização na aferição dos conhecimentos prévios do estudante, após a realização em grupos da socialização dos questionamentos discutidos acima, foi proposta a criação de um “Brainstorm” ou “tempestade de ideias”. Esta proposta foi realizada de forma conjunta com toda a classe, como forma de identificar os subsunçores relacionados ao tema. A atividade foi, portanto, composta da construção de um folheto elaborado de forma online, usando a plataforma “Menti Meter”.

Nesta plataforma, é necessário inserir um código de acesso que é disponibilizado ao docente e é necessário ser compartilhado para que o estudante consiga participar.

As Figuras 17 e 18, mostram as informações sobre os conhecimentos prévios com relação às máquinas térmicas, das duas salas em que fora aplicado a SD.

Figura 17 – Mapa conceitual sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre máquinas térmicas, sala 1.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 18 – Mapa conceitual sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre máquinas térmicas, sala 2.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na segunda aula, ainda relacionado ao primeiro momento da SD proposta, foi disponibilizado aos alunos um texto (Apêndice B), que traz informações sobre a história das máquinas térmicas desde seus primeiros relatos em Alexandria na Grécia, por Héron, que eram utilizadas para fins de entretenimento. A história ainda passa pelas adaptações, para realização de trabalho nas máquinas de Newcomam e James Watt, até sua eclosão na revolução industrial.

A disponibilização e leitura do material, foi realizada de forma compartilhada em sala de aula, em uma disciplina de práticas experimentais que compõe o currículo na escola. Essa leitura compartilhada teve o propósito de colaborar para uma aprendizagem significativa, visto que a escola de período integral proporciona vários espaços para que isso ocorra. A adaptação desta atividade foi necessária, tendo em vista que os alunos permanecem na escola por quarenta horas semanais, dificultando assim a participação extraclasse e a utilização da metodologia da sala de aula invertida, para efetuar a leitura prévia do texto utilizado.

A curiosidade dos alunos, já instigada no primeiro momento da SD por meio dos questionamentos sobre o que eles entendiam a respeito das máquinas térmicas, foi imediata em ambas as turmas. Ao longo da leitura realizada de forma compartilhada, alguns discentes relacionaram algumas palavras escritas no “Brainstorm”. Ao final da leitura, os alunos se reuniram em grupos de até quatro pessoas para responderem a alguns questionamentos em relação ao texto. Neste momento, vale destacar que, na separação dos grupos, os estudantes tiveram total liberdade de escolha, visto que a imposição era apenas a limitação ao número de participantes.

Nesta segunda aula, nos dez minutos iniciais, foi questionado aos estudantes sobre a história das máquinas térmicas e seus principais idealizadores. O intuito desta discussão inicial, era levar os alunos a aterem os conceitos históricos para serem utilizados na atividade seguinte, que se trata da realização de um experimento. O objetivo é que ocorra uma associação histórica com a máquina produzida por Herón, mesmo que na época (1 d.C) não tivesse o pensamento da transformação de energia para obtenção de trabalho útil. Com isso, esperava-se que os alunos pudessem observar essa aplicação em nosso cotidiano.

Para realização do experimento, os materiais previamente separados, foram entregues aos grupos para que eles pudessem, com o auxílio do professor, produzirem a bola de “Aeolus” idealizada para entretenimento em Alexandria, na Grécia. A Figura 19 mostra a montagem do experimento realizado em uma das turmas.

Figura 19 – Máquina térmica de Herón de Alexandria reproduzida pelos estudantes.



Fonte: elaborado pelo autor.

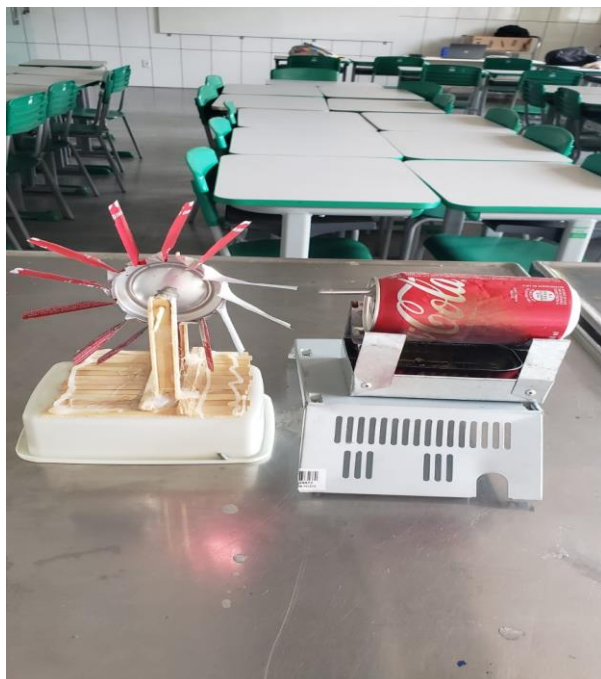
5.2 Segundo Momento

Como proposta, composto por três aulas este momento é evidenciado pela experimentação aliada à teoria, ambas, ancoradas na metodologia de sala de aula invertida, na qual se insere o estudante como protagonista da sua própria aprendizagem.

Com a proposta de otimizar o tempo em sala de aula foi disponibilizado ao aluno um texto de apoio, Apêndice C, para atividade extraclasse, que na ocasião, fora abordado na disciplina de apoio às disciplinas da base comum, onde visa explicar, de forma detalhada, o princípio de funcionamento de uma máquina térmica

Nesta primeira aula do segundo momento da SD, os minutos iniciais foram destinados às considerações importantes vistas até o momento. De posse destas discussões e do texto de apoio, foi proposto aos alunos a construção de uma máquina térmica, que mostrasse, com maior clareza, a realização de trabalho e, ao mesmo tempo, que fosse evidente o princípio de funcionamento da máquina realizada por Héron. A Figura 20 mostra a máquina térmica construída junto com os alunos de uma das salas onde a SD foi aplicada.

Figura 20 – Máquina térmica realizando efetivamente trabalho

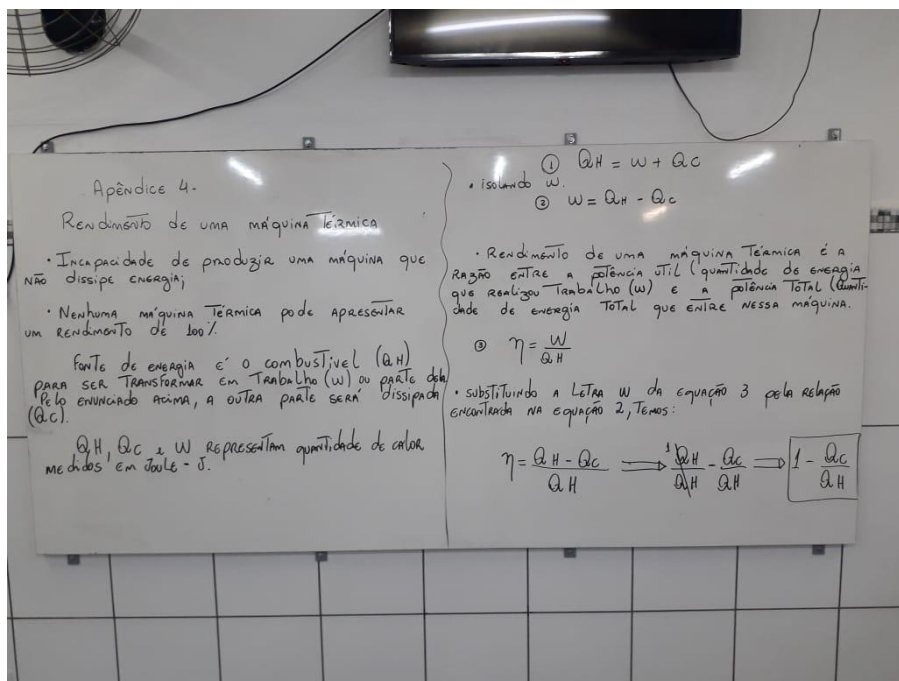


Fonte: elaborado pelo autor.

Neste momento, a socialização dos conceitos já abordados foi imprescindível para não restar dúvidas do funcionamento da máquina térmica.

Já na segunda aula, nos quinze primeiros minutos, o professor realizou questionamentos sobre o texto de apoio entregue antecipadamente (disposto no Apêndice D), visto que não seria abordado com afincamento o funcionamento do refrigerador, mas para solução de dúvidas e algumas considerações sobre sua história e funcionamento. Posteriormente, foi disponibilizado o material para leitura compartilhada com a sala (Apêndice 4) e, então, foram realizadas possíveis considerações e assimilações ao longo do processo. A Figura 21, ilustra o processo de rendimento de uma máquina térmica e o ciclo de Carnot.

Figura 21 – Aula expositiva sobre o rendimento de uma máquina térmica.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na terceira aula do segundo momento, foram utilizadas todas as opções metodológicas propostas no Apêndice 5. Para essa etapa foi reservado, inicialmente, vinte minutos. Inicialmente, a turma foi dividida em quatro grupos produtivos para realizar a investigação e análise do funcionamento de um ciclo termodinâmico em um sistema fechado. Cada grupo ficou responsável pela realização de uma atividade, ordenadas da seguinte maneira:

Grupo 1: Vídeo de um simulador que demonstra o funcionamento do motor de um carro, foi disponibilizado o link para o acesso no YouTube.

Figura 22 – Vídeo do Simulador observado pelo grupo 1

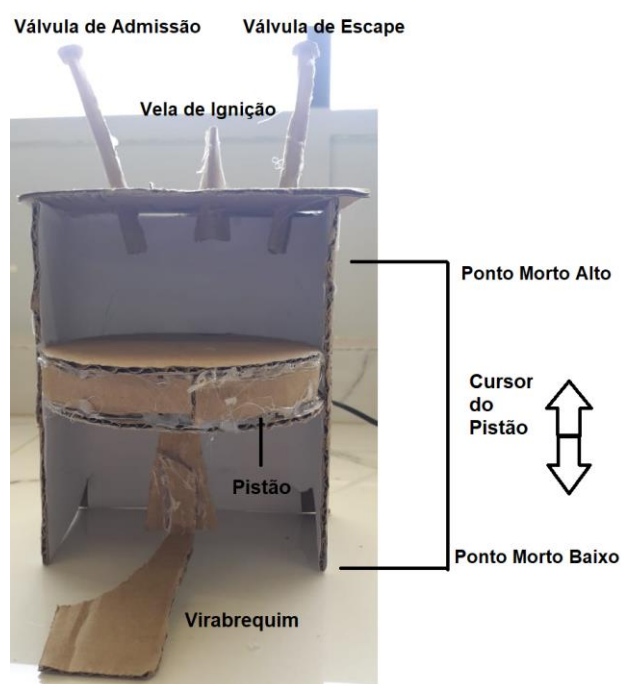


Fonte: Animagraffs, canal do Youtube.

Na plataforma de vídeos estão disponíveis de forma gratuita vários simuladores em três dimensões sobre o funcionamento, porém destes o link acessado pelos estudantes, <https://www.youtube.com/watch?v=ZQvfHyfgBtA>, do canal “Animagraffs”, acesso em 18 de maio de 2022.

Grupo 2: Montagem de um protótipo do cilindro do motor com papelão.

Figura 23 – Protótipo de cilindro do motor com papelão realizado pelo grupo 2.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os grupos 3 e 4 abaixo, realizaram uma investigação em um aplicativo do grupo *Mozaik Education*, disponível na loja de aplicativo dos smartphones que disponibiliza de forma parcialmente gratuita centenas de simulações sobre diversas áreas do conhecimento, bastando apenas realizar um cadastro na plataforma de ensino.

Grupo 3: Simulador online sobre o funcionamento de um motor de um automóvel, funcionamento no ciclo de Otto.

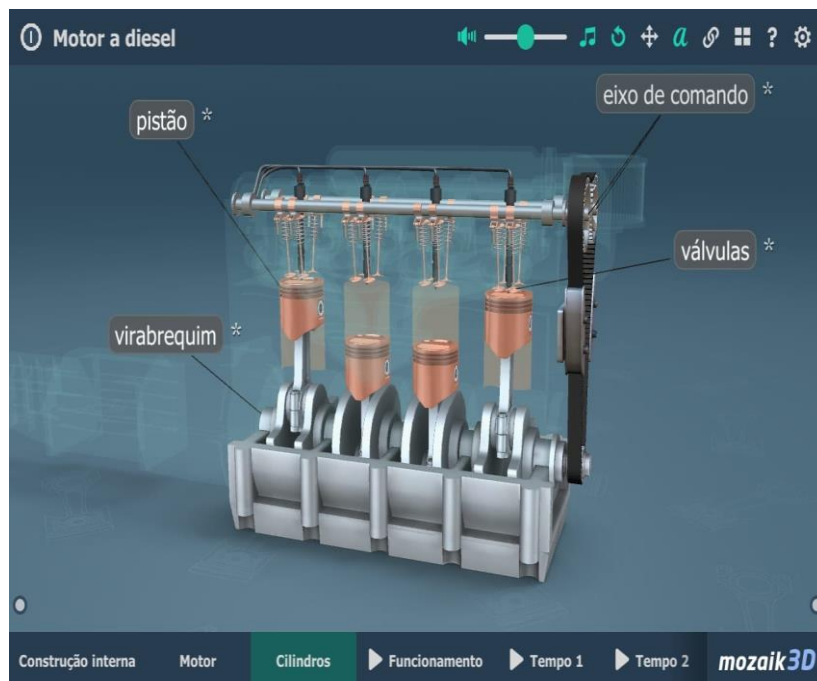
Figura 24 – Simulador online observado pelo grupo 3.



Fonte: Mozaik education.

Grupo 4: Simulador online sobre o funcionamento de um motor de um automóvel, funcionamento no ciclo de Diesel.

Figura 25 – Simulador online observado pelo grupo 4.



Fonte: Mozaik education.

Após o tempo estipulado foi organizado um breve seminário para finalização e considerações sobre o funcionamento de um motor operando nos diferentes ciclos, Otto e Diesel, no que se refere ao comportamento dos cilindros nos processos de admissão, compressão, combustão e exaustão dos combustíveis.

5.3 Terceiro Momento

5.3.1 Comparativo de acertos relacionado a avaliação dos conceitos abordados

Esta etapa foi o momento de avaliar a turma onde foi desenvolvida a SD. A avaliação também foi aplicada à outra turma em que o mesmo assunto foi desenvolvido, porém, utilizando a metodologia de ensino tradicional, sem o uso dos recursos dessa SD. A seguir, foi realizado uma comparação do número de acertos de cada questão entre as duas classes da mesma série (2º ano), em que apenas uma delas tiveram a experiência da respectiva SD.

A avaliação aplicada em ambas as salas contou com algumas questões referentes ao tema de máquinas térmicas abordado, disponível no Apêndice F. A

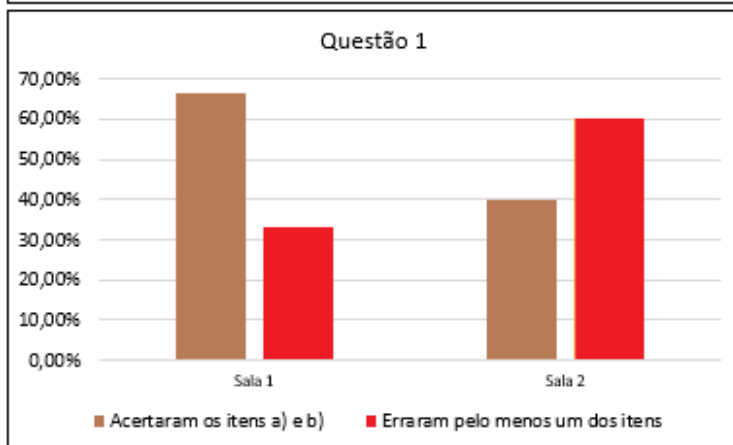
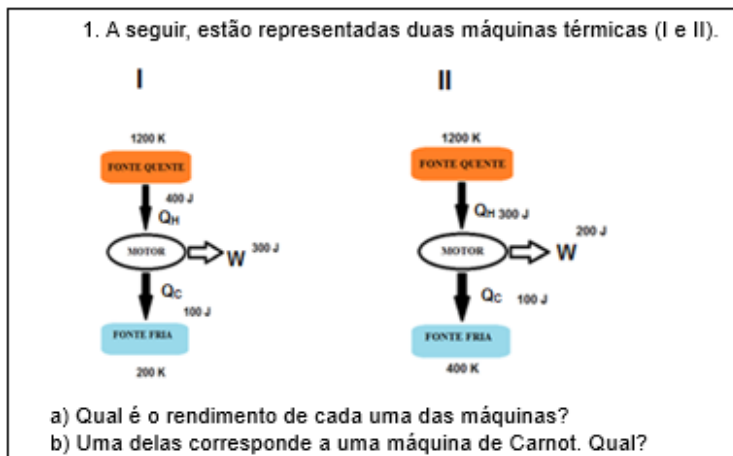
atividade avaliativa conta com seis questões, as quais se referem à arguição dos conhecimentos adquiridos na SD, incluindo cálculos do rendimento das máquinas térmicas.

A questão 1 apresentada na atividade avaliativa se refere ao rendimento de duas máquinas térmicas diferentes e sugere a comparação delas de forma a operar num ciclo de Carnot. A Figura 26 mostra a questão e os resultados obtidos em ambas as salas.

Observou-se que, na sala 1, onde foi tiveram a experiência da SD desenvolvida, o número de acertos dos dois itens (a e b) da questão 1 foi de 66,6%, ou seja, os alunos responderam, sem dificuldades, efetuando adequadamente os cálculos do item (a) e associando a máquina de Carnot do item (b) a um dos itens esquematizados na figura apresentada a eles. O restante da turma, cerca de 33,3%, erraram pelo menos uma das alternativas.

Na sala 2 onde não foi aplicada a SD, o número de acertos dos dois itens da questão 1 foi de 40%, contra 60% que erraram pelo menos uma das perguntas apresentadas nos itens a) e b) da questão.

Figura 26 – Questão 1 da atividade avaliativa.



Fonte: elaborado pelo autor.

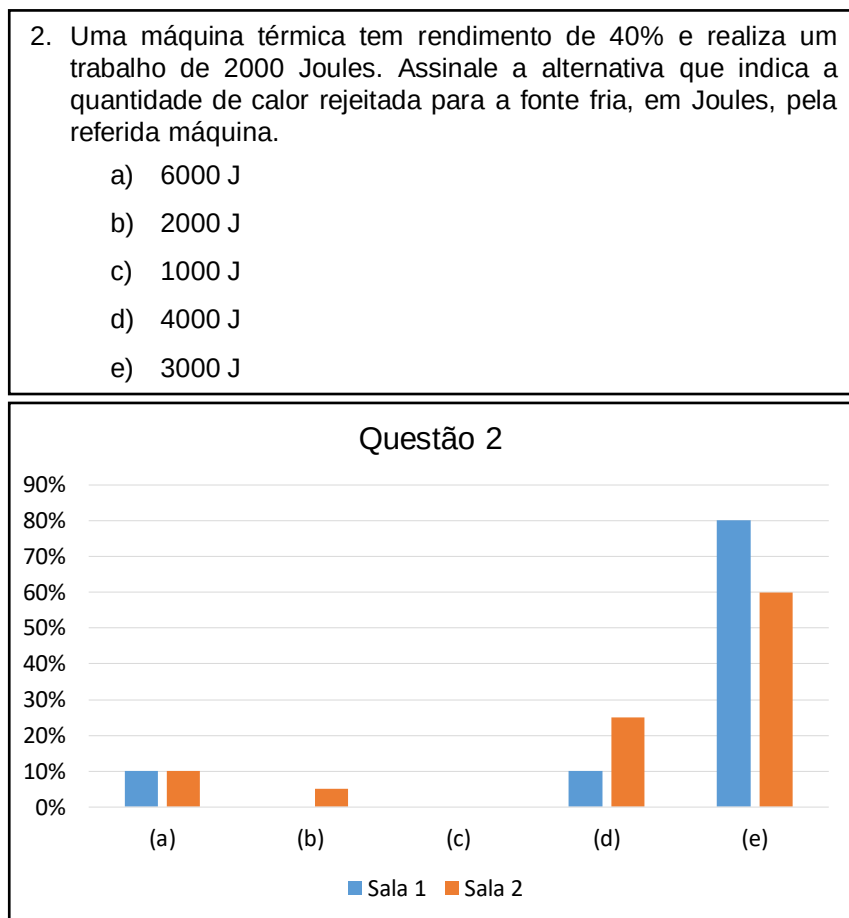
Na questão 2, era necessário encontrar a quantidade de calor em joules da energia da fonte fria rejeitada, utilizando a equação explorada nas aulas e realizando algumas transformações algébricas. A Figura 27 mostra a questão 2 pertencente à esta etapa da avaliação e, também, os resultados obtidos em ambas as salas onde foi abordado o tema.

A sala 1, para a qual foi aplicada a SD, 80% dos alunos acertaram os cálculos, escolhendo corretamente a alternativa (e). Os demais alunos erraram os cálculos, sendo que 10% deles escolheram a alternativa (a) e os outros 10%, escolheram a alternativa (d). Percebeu-se que estes percentuais de alunos que erraram a questão, tiveram dificuldades em realizar os cálculos, principalmente ao usarem algumas operações matemáticas simples, e, portanto, não conseguiram chegar numa resposta coerente e correta.

Na sala 2, onde não houve aplicação da SD, cerca de 60% dos alunos acertaram a respectiva questão, escolhendo corretamente a alternativa (e), enquanto o restante (40%) dos alunos erraram a questão, sendo que 25% escolheram a

alternativa (d), 10% a alternativa (a) e o restante, 5%, escolheram a alternativa (b), como observado na Figura 27.

Figura 27 – Questão 2 da atividade avaliativa.



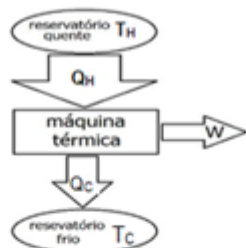
Fonte: elaborado pelo autor.

A questão 3 (Figura 28), é mostrada a representação de uma máquina térmica seguida das suas respectivas temperaturas. Então, pede-se para expressar a energia da fonte quente de modo que ela realize um trabalho de 600J.

Na sala 1, um total de 90% dos alunos fez os cálculos corretamente, optando pela alternativa (c). Os demais alunos (10%) assinalaram os itens (b) ou (e), errando os cálculos efetuados. Na Sala 2, onde não foi aplicada a SD, houve 60% de acertos contra 40% de erros, para os quais 15% dos alunos optaram pelo item (b), outros 15%, pelo item (a) e 10% optaram erroneamente pelo item (e).

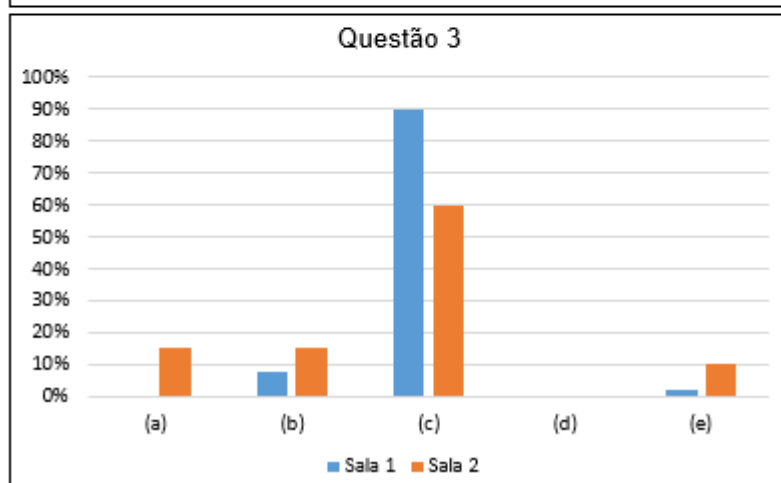
Figura 28 – Questão 3 da atividade avaliativa.

3. Uma máquina térmica, representada na figura abaixo, opera na sua máxima eficiência, extraindo calor de um reservatório em temperatura $T_H = 527^\circ\text{C}$, e liberando calor para um reservatório em temperatura $T_C = 327^\circ\text{C}$.



Para realizar um trabalho (W) de 600 J, o calor absorvido deve ser de:

- a) 2400 J
- b) 1800 J
- c) 1581 J
- d) 967 J
- e) 800 J



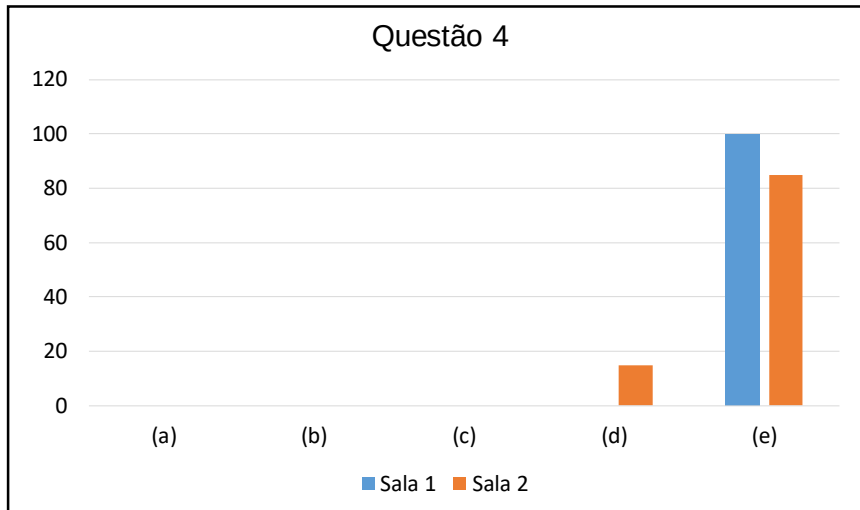
Fonte: elaborado pelo autor.

Na questão 4, procurou-se abordar conceitos sobre as máquinas térmicas inversas, neste caso, o refrigerador, cujo objetivo foi verificar os conhecimentos adquiridos em relação ao seu modo de operação. Na Figura 29, são mostradas a questão e os resultados obtidos para ambas as salas onde foi aplicada a atividade avaliativa em discussão.

Observa-se, da Figura 29, que a sala 1, onde foi aplicada a sequência didática, 100% dos alunos acertaram o conceito explorado, escolhendo corretamente o item (e). Já na sala 2, onde não foi aplicado a SD, 15% dos alunos ainda erraram a questão, optando pelo item (d).

Figura 29 – Questão 4 da atividade avaliativa.

4. (PUC-MG 2004) A respeito do que faz um refrigerador, pode-se dizer que:
- a) Não é uma máquina térmica.
 - b) Produz frio.
 - c) Anula o calor.
 - d) Converte calor em frio.
 - e) Remove calor de uma região e o transfere a outra.



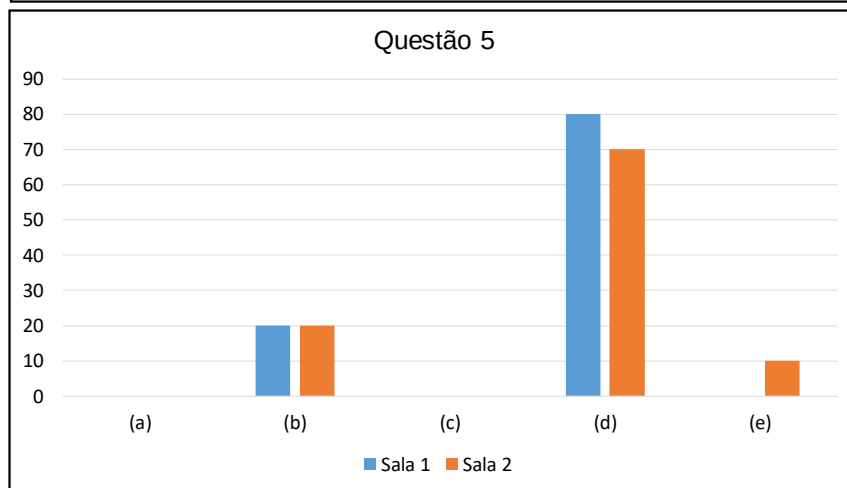
Fonte: elaborado pelo autor.

Na questão 5 da atividade avaliativa, ainda de forma conceitual, tratou-se de algumas condições acerca de determinados postulados para formulação da segunda lei da termodinâmica. Nesta questão, os itens (1) e (2) estão corretos, e, portanto, a alternativa (d) deveria ser escolhida como correta. Tanto a questão 5, quanto os resultados obtidos, são mostrados na Figura 30.

Observa-se que na sala 1, onde houve a aplicação da SD, 80% dos alunos optaram pela alternativa correta (d), enquanto 20% julgaram como correta a alternativa (b) e erraram. Na sala 2, o percentual de acerto foi, novamente, menor, comparado à sala 1, ou seja, 70% dos alunos responderam corretamente, assinalando o item (d), enquanto o restante ficou distribuído entre as alternativas (b) e (e), com 20 e 10%, respectivamente.

Figura 30 – Questão 5 da atividade avaliativa.

5. (UFPR 2008) Os estudos científicos desenvolvidos pelo engenheiro francês Nicolas Sadi Carnot (1796-1832) na tentativa de melhorar o rendimento de máquinas térmicas serviram de base para a formulação da segunda lei da termodinâmica. Acerca do tema, considere as seguintes afirmativas:
- 1) O rendimento de uma máquina térmica é a razão entre o trabalho realizado pela máquina num ciclo e o calor retirado do reservatório quente nesse ciclo.
 - 2) Os refrigeradores são máquinas térmicas que transferem calor de um sistema de menor temperatura para outro a uma temperatura mais elevada.
 - 3) É possível construir uma máquina, que opera em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e transformá-lo integralmente em trabalho.
- Assinale a alternativa correta.
- a) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
 - b) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
 - c) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
 - d) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
 - e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.



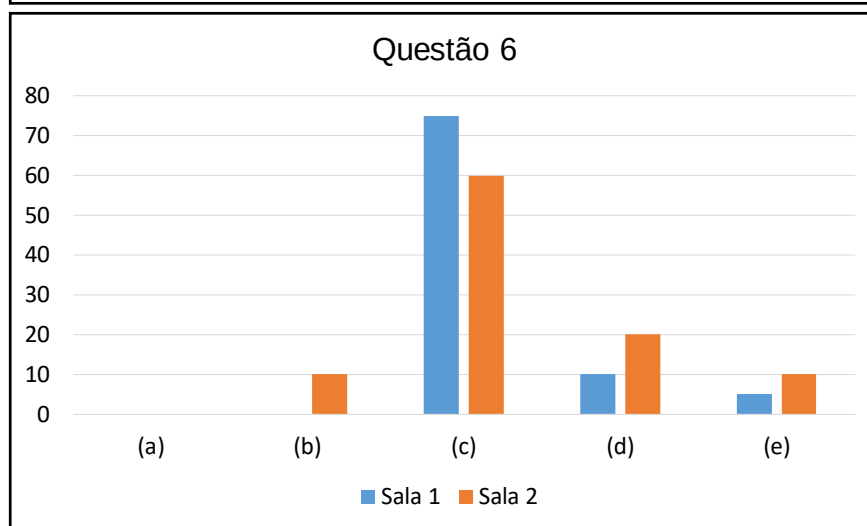
Fonte: elaborado pelo autor

Por fim, na questão 6, exemplifica uma máquina térmica operando num rendimento ideal, no ciclo de Carnot, como mostrado na Figura 31.

Os resultados obtidos para a sala 1 mostraram que 75% dos estudantes optaram pelo item correto (c), enquanto o restante da sala errou a questão, escolhendo os itens (d) e (e), com 20% e 5% respectivamente. Na sala 2, onde não foi aplicada a SD, 60% dos alunos assinalaram a opção correta, e o restante (40%) errou a questão, sendo 10% assinalando o item (b), 20% o item (d) e 10% optando pelo item (e).

Figura 31 – Questão 6 da atividade avaliativa.

6. Determine o trabalho realizado por uma máquina de Carnot que recebe 2000 J de calor de uma fonte quente e trabalha sob as temperaturas de 400 K e 700 K.
- a) 1000 J
 - b) 780 J
 - c) 860 J
 - d) 930 J
 - e) 653 J



Fonte: elaborado pelo autor.

Dos resultados da avaliação apresentados e discutidos anteriormente, pôde-se notar claramente o melhor desempenho dos alunos da sala 1, onde foi desenvolvida a SD. Na sala 2, cujo conteúdo foi abordado de acordo com as orientações do currículo paulista, sob uma metodologia tradicional, os alunos apresentaram desempenho bom ou regular. Porém, ficaram nítidas algumas falhas na assimilação do conteúdo, tendo em vista que, em boa parte das aulas, os alunos apenas ouviram a explicação do professor. Neste caso, não houve realização de experimentos, nem leitura e contextualização de textos e vídeos, como ocorreu para a turma da sala 1.

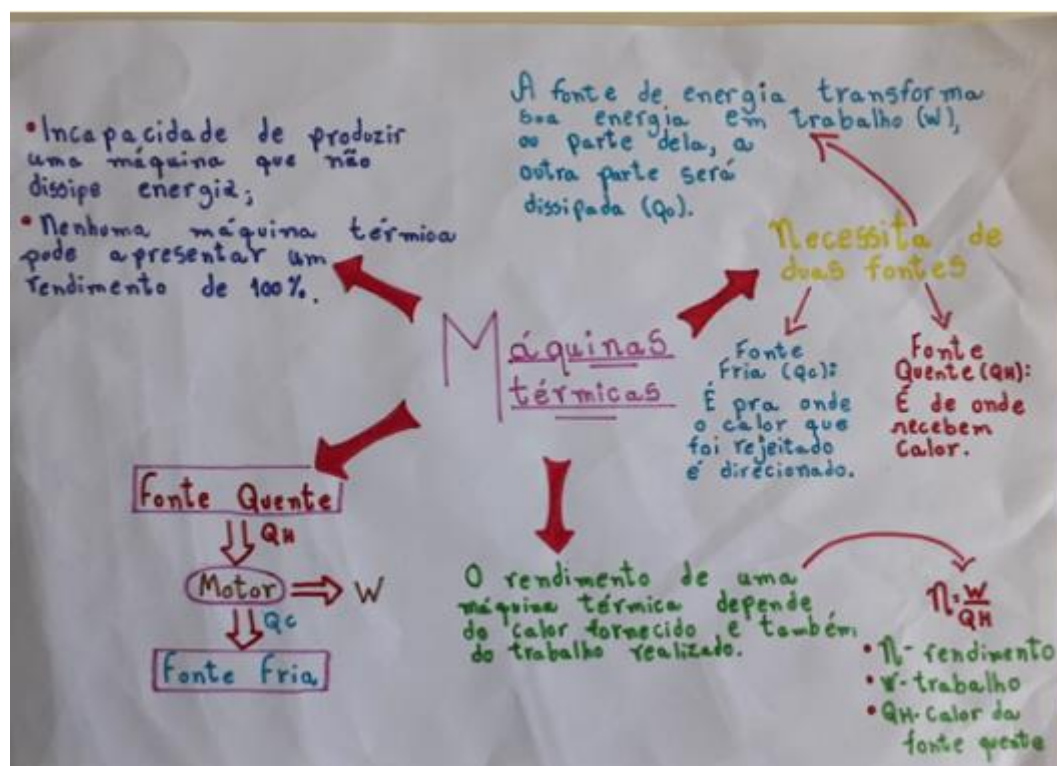
Diante destes resultados, pode-se dizer que, para este caso de estudo, a SD foi uma ferramenta adequada para o desenvolvimento do tema, proporcionando um indício de aprendizado significativo, em que os alunos puderam expressar seus conhecimentos adquiridos de forma ativa ou participativa durante a execução de cada aula.

5.3.2 Produção final de mapa conceitual

Como proposta final da SD, em (Apêndice G) o estudante de depara com a problemática de expor em forma de mapa conceitual as principais ideias sobre as máquinas térmicas. Em aula posterior a aplicação ao questionário avaliativo, para efeitos de observação em relação a aprendizagem significativa o professor orientou aos alunos para que se agrupassem de forma produtiva no sentido de haver uma maior discussão sobre o assunto durante a produção, pois não teriam a utilização dos recursos tecnológicos.

A Figura 32, escolhida para representar os estudantes, retrata a sala onde fora aplicada essa metodologia e os novos conceitos presentes na estrutura cognitiva deles, visto que não tiveram nenhum tipo de apoio para realizá-lo.

Figura 32: Mapa conceitual sobre as máquinas térmicas realizado pela sala 1.



Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3 Apresentação dos resultados de questionário investigativo sobre a sequência didática

Em uma aula posterior à aplicação da atividade avaliativa do conteúdo, foi realizada uma abordagem sobre a satisfação dos alunos em relação ao

desenvolvimento da SD. Essa abordagem foi feita na forma de socialização com a sala anotando as principais ideias e colocações dos alunos. Para isso, foram utilizadas as questões propostas no Apêndice H. Essa investigação foi realizada sem a intenção de ter um caráter somente estatístico, mas sim de um bate-papo para uma avaliação didática e pedagógica do professor.

A seguir, é descrita uma síntese dos relatos das experiências dos alunos em relação à SD proposta.

Na primeira discussão foi relatado pelos alunos qual das aulas foi mais interessante e significativa. Este resultado é mostrado na Figura 33.

Figura 33: Aula mais interessante e significativa, segundo a concepção do aluno.



Fonte: elaborado pelo autor.

As opiniões foram diversificadas em relação as aulas, sendo a experimentação a aceitação maior pelos alunos, incluindo as produções das máquinas térmicas, nas aulas 2 e 3, e a produção do cilindro para o motor de quatro tempos, desenvolvido na aula 4. Algumas das justificativas feitas pelos alunos, ao escolherem a experimentação foram: “(...) pois as aulas ficam mais descontraídas(...)”, “(...)foi muito legal pois não tinha entendido na leitura do texto mais consegui entender com o experimento”.

Também foi debatida com a sala a qualidade das aulas ministradas. Um estudante relatou que as aulas “foram muito boas e que não teria que ser melhorada”. Outro aluno comentou que havia faltado em uma das aulas experimentais e

demonstrou o arrependimento pela sua ausência. Também, houve relatos positivos sobre a dinâmica de como os assuntos foram tratados.

A respeito da metodologia utilizada, a opinião foi generalizada entre os alunos, os quais afirmaram ter um aprendizado melhor com o modelo adotado pelo professor. Ainda sobre a utilização desta metodologia, alguns alunos disseram que, às vezes outros professores utilizam metodologias diferentes, mais ativas.

Sobre a avaliação da própria aprendizagem, os alunos se autoavaliaram em sua maioria com notas maiores de 7, relatando o bom desempenho. Porém, ainda reconheceram a necessidade de poder ter aproveitado melhor as oportunidades e atividades desenvolvidas nas aulas.

Por fim, a respeito de um possível aumento do interesse dos alunos pelo assunto ao se depararem com o uso de diferentes metodologias, alguns alunos disseram que o interesse foi o mesmo em todo o desenvolvimento da SD, devido ao tema interessante, segundo eles. Outros disseram que seus interesses aumentaram, principalmente após as experimentações. Nesta abordagem, um aluno da turma comentou não ter se interessado pelo assunto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da SD proposta neste trabalho trouxe um tema comum do dia a dia – as máquinas térmicas. Porém, a sugestão diferenciada de abordagem em sala de aula, tornou o assunto mais atrativo e contextualizado. Usando metodologias ativas e atividades que despertaram o interesse dos alunos, pôde-se notar um engajamento e comprometimento dos alunos para com o conteúdo. Esta afirmação é pautada na comparação dos resultados aplicados com as duas turmas, em que, em uma delas não houve o desenvolvimento da SD proposta. Todas as atividades propostas, tais como, leituras e interpretação de textos, aula experimental, visualização e discussão de vídeos e utilização de simuladores, por exemplo, envolveram a participação ativa dos alunos e, conseqüentemente, uma interação diferenciada entre o professor e a turma. O aprendizado dos alunos foi investigado e acompanhado durante todo o desenvolvimento da SD. Ao final, fazendo uso de uma avaliação diagnóstica pôde-se perceber um melhor desempenho dos alunos, quando comparados à turma em que não se fez o uso da SD.

Os resultados encontrados neste trabalho mostraram que estratégias diferenciadas, incluindo o modo ativo de participação dos alunos na sala de aula, vem ao encontro de uma desejada educação de qualidade, já que os alunos se mostram totalmente interessados e com bons desempenhos.

Nossos objetivos, inicialmente propostos foram, portanto, contemplados ao desenvolver a SD com uma turma heterogênea, porém, com dificuldades cognitivas comuns entre eles. Verificamos que as atividades propostas, desde a contextualização histórica sobre o assunto, até suas aplicações cotidianas, foram atrativas e interativas. Espera-se que, de fato, que os conhecimentos adquiridos pelos alunos, tenham a significância proposta por David Ausubel. Os resultados obtidos nos remetem a este indício.

REFERÊNCIAS

AMORIM, C. **Metodologias Ativas: O que são, modelos e desafios**. Blog Jovens Gênios. 16/03/2020. Disponível em: <https://blog.jovensgenios.com/metodologias-ativas/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Tradução EVA NICK. 2. ed. Rio de Janeiro: INTERAMERICANA, f. 313, 1978. 625 p. Tradução de: Educational Psychology.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da educação e cultura. 2018. 26 p. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 20 jul. 2022.

BRASIL. **Caderno de Educação em Direitos Humanos: Educação em Direitos Humanos: Diretrizes Nacionais**. 1. ed. Brasília: Secretária de Direitos Humanos da Presidência da República SDH-PR, 2013. 76 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=32131-educacao-dh-diretrizesnacionais-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 20 jan. 2022.

BRASIL. Casa Civil. Decreto n. 2º, 3º e 4º, de 09 de abril de 1942. **Diário Oficial da União**. Rio Janeiro, 10 de abril de 1942.

BRASIL. Congresso Nacional. Artigo n. 26, de 20 de dezembro de 1996. **Diário Oficial da União**. Brasília, 20 de dezembro de 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 10. fev. 2022.

BRASIL. **Constituição**. República Federativa do Brasil de 1988. Da Ordem Social: da Educação, da Cultura e do Desporto. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm. Acesso em: 12 jan. 2021.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Decreto n. 4.024, de 20 de dezembro de 1971. **Diário Oficial da União**. Brasília, 27 de dezembro de 1961. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro-1961-353722-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 27 dez. 2021.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Decreto n. 5.692, de 11 de agosto de 1971. **Diário Oficial da União**. Brasília, 12 de agosto de 1971. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-5692-11-agosto-1971-357752-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 06 nov. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Decreto. Livro. **Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica**. Brasília. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>. Acesso em: 02 fev. 2022.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**: Ensino médio. Brasília, 2000. 109 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 19 out. 2021.

CARDOSO, Mayara. **Ciclos termodinâmicos**. Info Escola. 2006. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/ciclos-termodinamicos/>. Acesso em: 16 jul. 2022.

DARRY TOOLS. **Experimentação da máquina térmica à vapor**. Youtube, 25 de maio de 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jywA55Fie4Q>. Acesso em: 20 jul. 2022.

FOGAÇA, V. R. J. **Funcionamento do Motor de Combustão**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/funcionamento-motor-combustao.htm>. Acesso em: 11 set. 2022.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**. 2. ed. São Paulo: ÁTICA, v. 2, 2002.

HARBOR, Themes. Método Montessori: **Lar Montessori**. Disponível em: <https://larmontessori.com/o-metodo/>. Acesso em: 02 dez. 2022.

HELERBROCK, Rafael. **"Termodinâmica"**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/termodinamica.htm>. Acesso em: 20 set. de 2022.

MÁQUINA a Vapor de Herón de Alexandria: Experimento de Física. Direção de Alex Amorim. 2018. **Experiência (2m11s)**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=l_wL_mc10fc. Acesso em: 12 set. 2022.

MÁQUINA de Herón: **Laboratório virtual**. Direção de Ernest W. Hamburger. Produção de Desirée D. M. Ferreira. São Paulo: Estação Ciência - Centro de Difusão Científica, Tecnológica e Cultural da Pró-reitoria de Cultura e Extensão Universitária da USP, 2002. Animação. Disponível em: <http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/heron>. Acesso em: 18 jun. 2022.

MORAN, J. **Metodologias ativas e modelos híbridos na educação: Novas Tecnologias Digitais: Reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento**. YAEHASHI, Curitiba, p. 23-35, 2017. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2018/03/Metodologias_Ativas.pdf. Acesso em: 15 mar. 2022.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**: (Concept maps and meaningful learning). **Instituto de Física - UFRGS**. Porto Alegre, 2012. 14 p. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teoria de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1999. 151 p.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. **Teorias de aprendizagem**: COGNITIVISMO - HUMANISMO - COMPORTAMENTISMO. 1. ed. SÃO PAULO: Editora Pedagógica e Universitária, f. 124, 1999. 195 p.

NOVAK, Josep D.; CAÑAS, Alberto J. **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los***. Práxis Educativa. Ponta Grossa, 2010. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/1298/944>. Acesso em: 11 jul. 2022.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis: Editora Vozes Limitada, v. 2, f. 144, 2013. 288 p.

ONTORIA, A. **Mapas conceituais - Uma técnica para aprender**. São Paulo: Edições Loyola, v. 1, 2005.

PATIDAR, Lalit. **Um esboço típico de um motor de combustão interna alternativo**. Quora. Tradução O autor. Índia, 2017. Tradução de: A typical sketch of a reciprocating internal combustion engine. Disponível em: <https://www.quora.com/Thermodynamics-What-is-cut-off-ratio-How-does-it-affect-the-thermal-efficiency-of-a-diesel-engine>. Acesso em: 20 set. 2022.

SCHULZ, Daniel. **Aprendizagem significativa de termodinâmica no ensino médio através do estudo de máquinas térmicas como tema motivador**. UFRGS. Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_otto.htm. Acesso em: 19 set. 2022.

SÃO PAULO. **Currículo Paulista etapa Ensino Médio. 1. ed. São Paulo**, v. 1, 2020. 300 p. Disponível em: <https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/2020/08/CURR%C3%8DCULO%20PAULISTA%20etapa%20Ensino%20M%C3%A9dio.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2021.

VOLPATO, N. A (Org.); DIAS, R. S (Org.). **Práticas inovadoras em metodologias ativas**. Contexto Digital, 2017. Disponível em: <https://novo.unihorizontes.br/wp-content/uploads/2019/07/Praticas-inovadoras-em-metodologias-ativas.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Sears & Zemansky física II:** termodinâmica e ondas, f. 165. 2007. 329 p.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Sears & Zemansky física II:** termodinâmica e ondas. Tradução Adir Moysés Luiz. 10. ed, f. 165. 2003. 329 p.
Tradução de: University with Modern Physics.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Penso Editora, v. 3, f. 112, 2015. 224 p.

APÊNDICE A – SITUAÇÕES PROBLEMAS PARA LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS PARA AULA 01

Nome: _____ N° _____ __/__/2022

As situações problemas relacionadas ao cotidiano propostas abaixo, visa refletir sobre os conceitos que serão abordados na sequência didática, podendo não ter resposta inicialmente, ou ter mudança de pensamento ao final da sequência.

1) Antigamente, as Maria Fumaças, assim, carinhosamente apelidadas, em virtude da densa nuvem de vapor e da fuligem expelida por sua chaminé, as locomotivas a vapor, que se utilizava de uma fornalha e carvão para sua locomoção, onde no Brasil fora investido pesado no início e com a chegada de caminhões, o governo brasileiro deixou de lado, privatizando, e deixando de investir na malha ferroviária que hoje, se pensa na possibilidade de investimento e na volta desse meio de transporte. Pense e classifique as principais vantagens e desvantagens desses dois meios de transportes, na sua opinião o que houve para essa desvalorização do transporte ferroviário e investimento no rodoviário.

2) Com a tecnologia avançando a cada dia, carros supermodernos aparecendo no mercado automobilístico vem se tornando cada vez mais frequentes, e a evolução de combustíveis limpos, menos agressivos ao meio ambiente também está presente, com base no que você conhece sobre o tema, é possível criar um automóvel ou combustível altamente eficiente?

3) A grande produção das máquinas térmicas se deu na revolução industrial no século XVIII, que você já deve ter ouvido falar, este acontecimento ficou marcado pela demissão em massa de trabalhadores das indústrias têxteis da época e, concomitante, na produção em massa de máquinas térmicas, qual é a relação desses dois marcos?

4) Um dos princípios básicos de funcionamento de uma máquina térmica, é a transformação de energia térmica em energia mecânica, em outras palavras, uma máquina térmica necessita de um combustível para que em uma dada temperatura transforme em um movimento. Com base nestas definições, pense em diferentes máquinas térmicas que são utilizadas no dia a dia e como ocorre essa transformação.

APÊNDICE B – TEXTO DE APOIO PARA AULA 2

A história das máquinas térmicas a vapor

Hoje sabemos que diversos tipos de equipamentos do nosso cotidiano foram construídos utilizando o princípio básico da máquina térmica, como, por exemplo, nos meios de transportes e nas indústrias, sendo impossível imaginar nossa vida sem esses dispositivos, que estão sendo cada vez mais aprimorados ao passar do tempo.

A primeira ideia de máquina térmica, ilustrada pela Figura 1, foi construída por Herón, de Alexandria, no Egito, por volta do ano de I d.C. Essa máquina teve o nome de “Aeolipile” derivado da palavra grega, traduz-se para “a bola de Aeolus”; Aeolus sendo o deus grego do ar e do vento.



Figura 1 – Representação da “Aeolipile”

Como funcionava a máquina de Herón

Esse instrumento consistia em uma esfera metálica, pequena e oca montada sobre um suporte de cano proveniente de uma caldeira sobre um tripé.

Na esfera era fixada dois canos em forma de L e, quando a água colocada no interior da esfera chegava ao estado de ebulição, o vapor proveniente deste processo escapava por estes dois canos, provocando um movimento de rotação na esfera. Apesar desse mecanismo realizar movimento, não produzia trabalho útil, o que

propiciou ao esquecimento do experimento, tornando-se apenas um objeto de entretenimento.

No final do século XVII, Thomas Savery e Denis Papin, criaram as primeiras máquinas com utilidade prática e de interesse industrial. Sua função era retirar águas das minas, que inundavam frequentemente e dificultavam a exploração. Decorrente disto, em 1712, a mesma foi aperfeiçoada por Thomas Newcomen, utilizadas tanto para minas profundas, quanto para elevação de cargas, se tornando um sucesso na Europa durante o século XVIII. A Figura 2 ilustra a máquina aperfeiçoada por Newcomen.

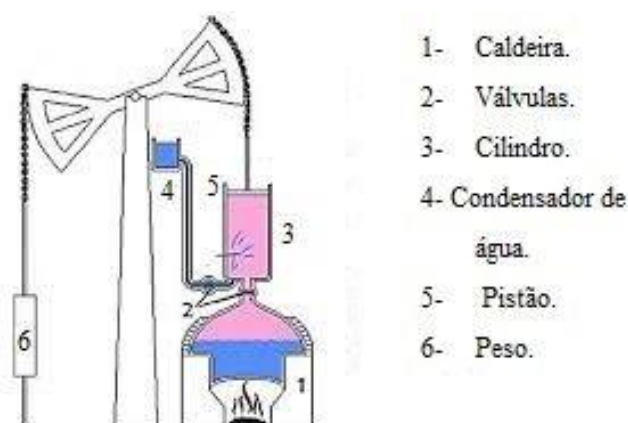


Figura 2 – Representação da máquina de Newcomen

Em 1763, James Watt, um fabricante de instrumentos matemáticos da Escócia, foi enviado pelo seu professor para fazer manutenção de uma máquina de Newcomen, “como um mero mecânico”. Mas, ao terminar, notou que o modelo funcionava mecanicamente de modo tão perfeito, que Watt foi além do processo puramente mecânico do problema e o modelo tornou-se ciência em suas mãos. O que mais lhe impressionou era o grande desperdício de combustível o que, para ele, foi que seu maior problema. A partir daí, estudando a causa disso, chegou à conclusão de que os problemas eram os sucessivos aquecimentos e resfriamentos do cilindro. No ano 1765, com ajuda de um patrocinador, John Roebuck, elaborou uma máquina com um condensador que minimizava as perdas de calor economizando até três vezes menos carvão. Essa máquina possuía outras finalidades, como propulsão de moinhos e tornos, pois o movimento de rotação substituiu o de sobe e desce das máquinas

anteriores, como ilustrada pela Figura 3. Esta foi a primeira e mais importante criação de Watt. Posteriormente, em 1775, Watt encerrou sua sociedade com Roebuck para ter apoio financeiro de Matthew Boulton, dono de uma indústria de brinquedos, que tinha uma visão revolucionária de expansão. De acordo com a pesquisadora Jeniffer Tann, até o ano de 1800, foram fabricadas cerca de quinhentas unidades por toda Inglaterra, o que foi de enorme contribuição para a Revolução Industrial.

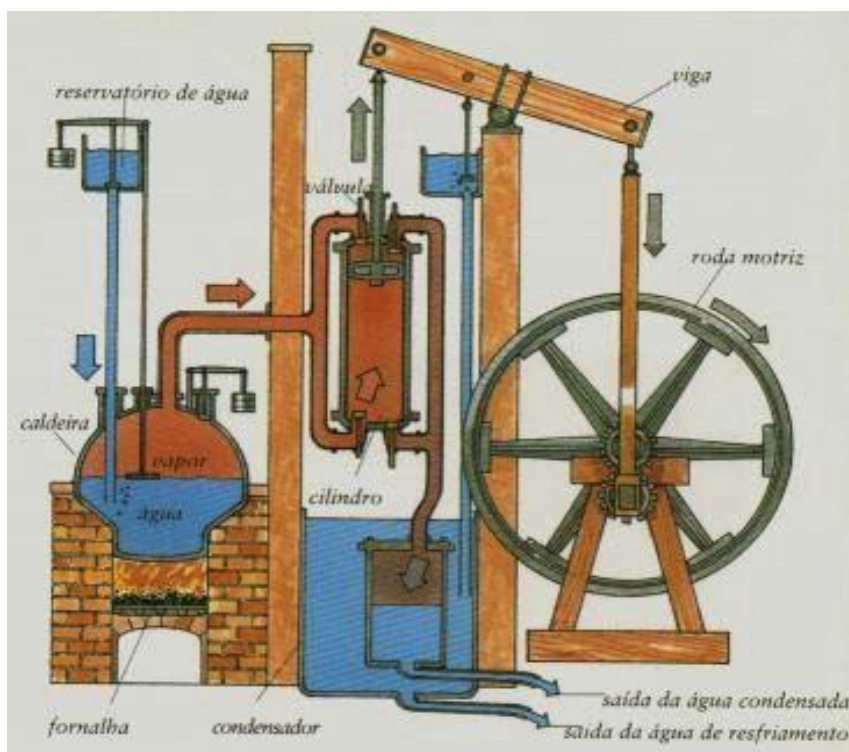


Figura 3: Representação da máquina de James Watt

No início do século XIX, as máquinas a vapor passaram a ser utilizadas para locomoção. A locomotiva a vapor, construída por Richard Trevithick, tinha a função de transportar pessoas, materiais retirados das minas e produtos-finais por longa distância. Depois da locomotiva, em 1807, vieram os barcos a vapor. O primeiro deles, de êxito comercial, foi criado pelo norte-americano Robert Fulton, permitindo, assim, que o transporte de mercadorias na travessia pelo oceano Atlântico se tornasse mais rápido. Antes dos barcos a vapor, as viagens entre continentes poderiam durar várias semanas, pois os barcos dependiam das forças dos ventos para se chegar ao destino. Com o barco a vapor, estes transportes passaram a ser realizados em alguns dias, impulsionando o aumento ainda mais do 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.

Com esse exponencial crescimento na indústria inglesa, e se espalhando por todo continente, ocorreu uma grande relação marcada por vários conflitos entre a sociedade e o meio. Esta fase foi marcada especialmente pela substituição da energia produzida pelo homem por energias como a vapor, eólica e hidráulica; a substituição da produção artesanal (manufatura) pela indústria (maquinofatura) e, também, pela existência de novas relações de trabalho. Esse acontecimento foi denominado como a Primeira Revolução Industrial.

APÊNDICE C – TEXTO DE APOIO PARA AULA 3

Funcionamento de uma máquina térmica

Desde a máquina produzida por Herón, experimento que na época era tratado como um entretenimento, embora não tendo utilidade prática, já eram utilizados os princípios básicos das máquinas térmicas. Como visto na última aula, a máquina térmica é um dispositivo que visa a transformação da energia térmica em trabalho mecânico, ou seja, elas funcionam em ciclos e utilizam duas fontes de temperaturas diferentes. A primeira, é uma fonte quente que é de onde recebem calor e, a segunda, uma fonte fria, que é para onde o calor é dissipado (rejeitado).

A Figura 1 mostra o princípio de funcionamento básico de uma máquina térmica a vapor, material disponibilizado ao aluno na aula anterior para estudo extraclasse.

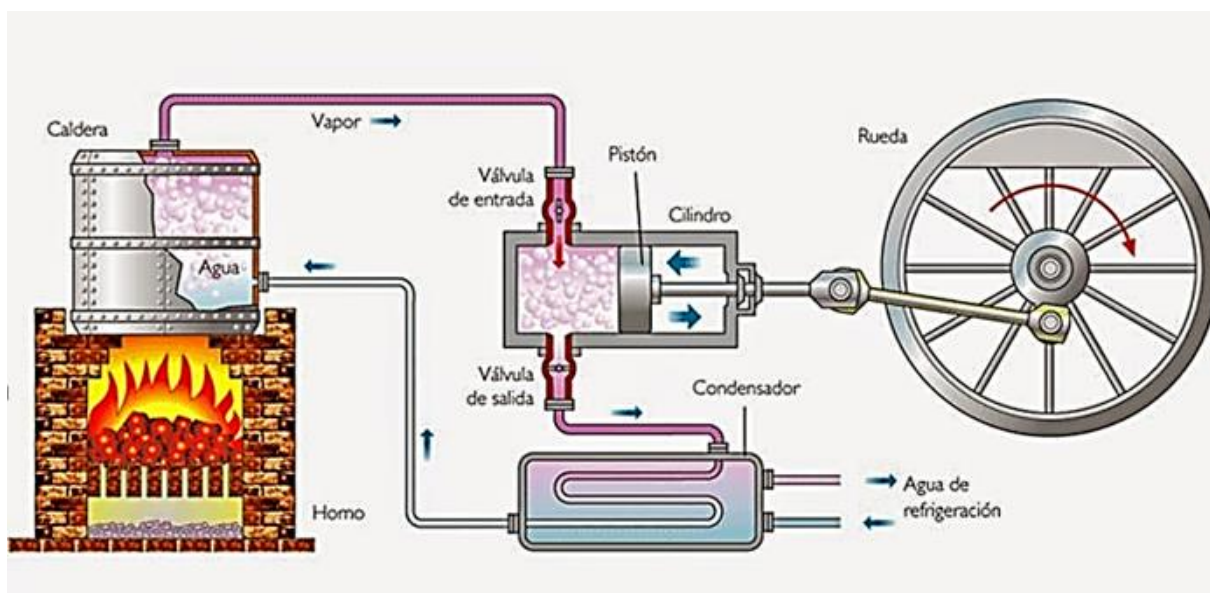


Figura 1: Representação do funcionamento de uma máquina térmica

A água no interior da caldeira é aquecida pela queima do carvão na fornalha até o ponto de ebulição, e liberada na forma de vapor até a válvula de entrada, que é aberta neste instante. Então, os gases vão para o cilindro, preenchendo-o totalmente e fazendo com que o pistão se movimente, deslocando, assim, a roda (realizando trabalho). Após o pistão chegar ao seu limite, a válvula de entrada é fechada para que o vapor ali contido seja expelido. Então, a válvula de saída é aberta e os gases

seguem para o condensador (criado por Watt), enquanto o pistão, empurrado pela roda, retoma a sua posição inicial. A válvula de saída, então, se fecha e a válvula de entrada volta a se abrir, fazendo com que o ciclo se inicie novamente.

Atualmente, essas máquinas térmicas tiveram uma evolução exorbitante. Dentre elas, pode-se destacar carros e motos supervelozes, veículos elétricos, aviões supersônicos, metrô, etc. Essas transformações ocorreram por meio da busca em aprimorar as primeiras máquinas térmicas criadas quanto ao seu consumo de combustível, performance, conforto, praticidade, e, até mesmo seu aspecto visual, como mostrado em alguns meios de transporte da Figura 2. Porém, mesmo com um amplo desenvolvimento tecnológico, o funcionamento das máquinas térmicas atuais segue o mesmo princípio das primeiras.



Figura 2: Novas máquinas térmicas tecnológicas

APÊNDICE D – TEXTO DE APOIO PARA AULA 4

Refrigerador: um breve relato de sua história e funcionamento

O interesse pela refrigeração ocorre desde a Pré-História, quando alimentos eram guardados próximos as paredes mais úmidas das cavernas, no intuito de conservá-los por mais tempo. Em 300 a.C., Alexandre, o Grande, ofereceu bebida gelada (com neve) aos seus soldados, a fim de animá-los para as batalhas. Desde esta época até o século XX, aproximadamente, tanto nos Estados Unidos, como na Europa, o gelo era recolhido no inverno e armazenado em galpões, celeiros e armazéns, para uso posterior.

Em 1806, Frederic Tudor, o "rei do gelo", ficou conhecido assim pelas viagens comerciais, nos Estados Unidos e em outras nações, para venda de gelo. Depois outros países, como Reino Unido, Canadá, Rússia, Noruega e França, também começaram a comercializar gelo. Após a revolução industrial, o comércio de gelo foi terminando.

Em 1834, Jacob Perkins, realiza o primeiro registro de patente da criação de uma máquina de refrigeração. Este protótipo operava por compressão e de forma cíclica.

Mais o que é um refrigerador? Qual sua função?

Refrigeração é todo processo em que há remoção do calor, de modo que a temperatura fique menor que a do ambiente. Quando se remove calor até que a temperatura se iguale a do ambiente, o processo chama-se resfriamento.

Por exemplo: Ao deixarmos uma xícara de chá quente sobre a mesa, o chá sofre o processo de resfriamento, já uma geladeira faz o processo de refrigeração.

O principal objetivo de um refrigerador é o armazenamento de produtos em baixas temperaturas para evitar a ação de bactérias e seres decompositores, prolongando, assim, a vida útil desses dos alimentos.

Refrigeradores são máquinas térmicas? Como funcionam?

Para que um refrigerador realize sua principal função é necessário que ele retire calor dos alimentos e de seu interior. Porém, esse processo não ocorre de forma espontânea, pois, é preciso condicionar o espaço interno do refrigerador a uma

temperatura menor que a temperatura ambiente. De acordo com a segunda Lei da Termodinâmica, especificamente o enunciado de Clausius:

O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta.

Como consequência deste enunciado, tem-se que o sentido natural do fluxo de calor é do corpo que de temperatura mais alta para aquele de temperatura mais baixa. Para que o fluxo seja inverso, é necessário que um agente externo realize um trabalho sobre este sistema.

Como abordado anteriormente, o funcionamento de uma máquina térmica consiste na entrada de calor proveniente de uma fonte quente (combustível) para que seja possível a realização de trabalho. Este trabalho é realizado mediante a movimentação de um pistão e, parte do calor é dissipado ao ambiente, ao qual chamamos de fonte fria.

No refrigerador, o processo necessário é o inverso, ou seja, deve-se retirar calor do ambiente interno e dos alimentos (fonte fria) e levar para o ambiente externo (fonte quente). Para que isso ocorra, é preciso realizar trabalho, pois de acordo, com o enunciado acima esta ocorrência não se dá de forma espontânea.

Com base nessas afirmações, observe o modelo mostrado na Figura 1.

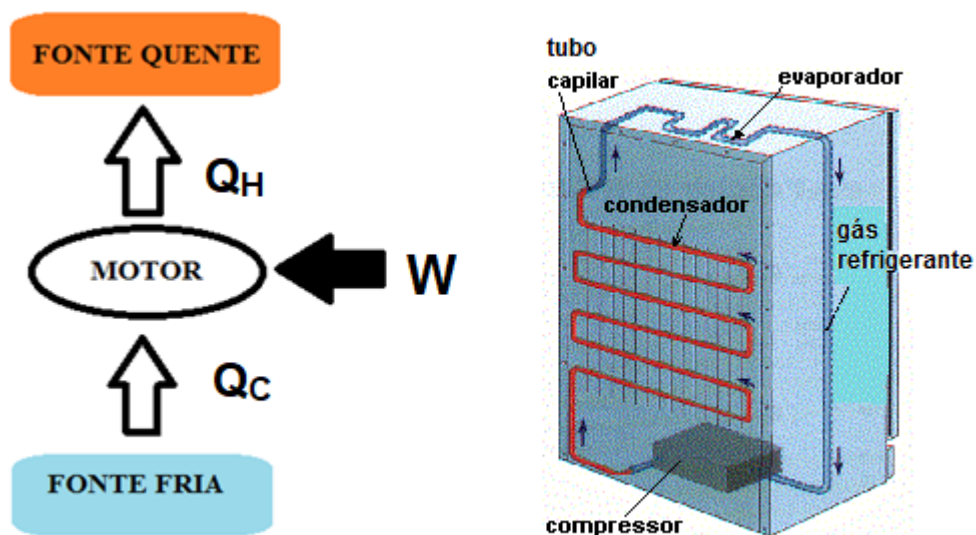


Figura 1: Princípio de funcionamento de um refrigerador

No esquema mostrado na Figura 1, a parte vermelha corresponde a região de alta pressão (alta temperatura) e a parte azul corresponde a baixa pressão (baixa temperatura). Também, vemos as partes básicas do refrigerador, como:

Compressor: É responsável pela elevação da pressão e sua temperatura está aproximadamente a 41°C;

Condensador: Faz com que o gás passe para o estado líquido ainda em alta pressão e então o líquido passa para o tubo capilar;

Tubo capilar: Ao sair dele, o gás liquefeito terá sua pressão e temperatura diminuídas, alcançando valores próximos de - 19°C, nesta situação passa para o evaporador;

Evaporador: Local onde o líquido retorna ao estado gasoso, mas agora esta mudança de fase ocorre em baixa pressão. É no evaporador que o gás refrigerante recebe calor dos alimentos colocados no interior da geladeira, retirando calor da parte interna. Então, podemos perceber que a "produção de frio" ocorre no evaporador. Como ele encontra-se na parte superior da geladeira, próximo a ele o ar se resfria tornando-se mais denso e desce para as outras partes da geladeira fazendo que o ar mais quente e menos denso suba, criando assim, as correntes de convecção resfriando toda a parte interna.

Para que toda a parte interna da geladeira não fique congelada é colocada um Termostato, o dispositivo encarregado de manter a temperatura inferior constante, isto é, tudo que estiver na geladeira será resfriado até entrar em equilíbrio térmico com a temperatura pré-estabelecida no termostato, podendo, porém, ser alterada.

APÊNDICE E – TEXTO DE APOIO PARA AULA 5

Máquinas de combustão interna: funcionamento do motor de um automóvel

Para fazer um motor funcionar, você precisa de dois materiais essenciais: o combustível, que pode ser álcool ou gasolina, e oxigênio. Os dois juntos entram em combustão e a energia liberada nessa reação química é o que faz o seu carro se movimentar.

O ar entra pelas mangueiras e se mistura com o combustível em uma peça que fica antes dos cilindros, que é exatamente onde a combustão acontece.

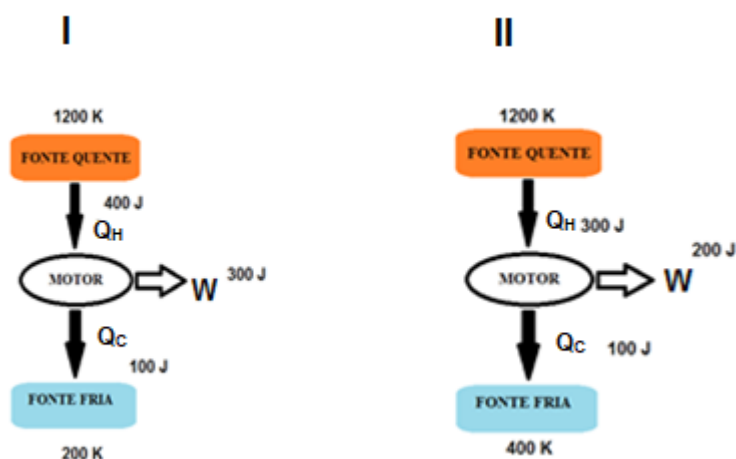
A função principal do motor é transformar combustível em energia capaz de gerar movimento nas rodas. O “coração” desse sistema é uma pequena câmara de combustão chamada cilindro. Dentro de cada cilindro estão os pistões. Em geral, carros de passeios normalmente têm quatro ou seis cilindros. A queima do combustível faz os pistões se movimentarem, girando um eixo chamado virabrequim, que vai levar a energia mecânica até o virabrequim. O resultado dessa reação em cadeia é o movimento do carro. Outros componentes do motor contribuem para o movimento não parar. A bateria gera a corrente elétrica que faz o combustível explodir, por exemplo. Antes de chegar ao motor, essa corrente é amplificada pela bobina e passa pelo distribuidor, que divide a corrente entre as velas do motor. Há também dois filtros, o de óleo, que purifica o líquido lubrificante do motor, e o de ar, que barra as impurezas do ar que o carro joga nos pistões. Por fim, o radiador usa a água do reservatório para resfriar o motor, mantendo a temperatura controlada.

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DOS CONCEITOS ABORDADOS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nome: _____ N° _____ / /

Os estudos de casos aqui elencados, visa proporcionar uma reflexão por parte discente, sobre o assunto estudado em toda sequência.

1. A seguir, estão representadas duas máquinas térmicas (I e II).

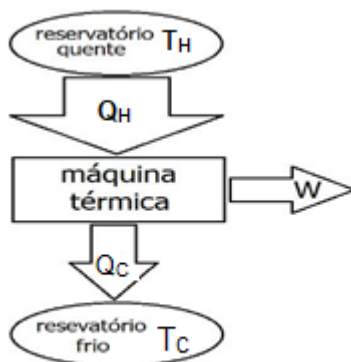


- a) Qual é o rendimento de cada uma das máquinas?
b) Uma delas corresponde a uma máquina de Carnot. Qual?

2. Uma máquina térmica tem rendimento de 40% e realiza um trabalho de 2000 Joules. Assinale a alternativa que indica a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria, em Joules, pela referida máquina.

- a) 6000 J
b) 2000 J
c) 1000 J
d) 4000 J
e) 3000 J

3. Uma máquina térmica, representada na figura abaixo, opera na sua máxima eficiência, extraindo calor de um reservatório em temperatura $T_H = 527\text{ }^{\circ}\text{C}$, e liberando calor para um reservatório em temperatura $T_C = 327\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Para realizar um trabalho (W) de 600 J, o calor absorvido deve ser de:

- a) 2400 J
- b) 1800 J
- c) 1581 J
- d) 967 J
- e) 800 J

4. (PUC-MG 2004) A respeito do que faz um refrigerador, pode-se dizer que:

- a) Não é uma máquina térmica.
- b) Produz frio.
- c) Anula o calor.
- d) Converte calor em frio.
- e) Remove calor de uma região e o transfere a outra.

5. (UFPR 2008) Os estudos científicos desenvolvidos pelo engenheiro francês Nicolas Sadi Carnot (1796-1832) na tentativa de melhorar o rendimento de máquinas térmicas serviram de base para a formulação da segunda lei da termodinâmica. Acerca do tema, considere as seguintes afirmativas:

- 1) O rendimento de uma máquina térmica é a razão entre o trabalho realizado pela máquina num ciclo e o calor retirado do reservatório quente nesse ciclo.

2) Os refrigeradores são máquinas térmicas que transferem calor de um sistema de menor temperatura para outro a uma temperatura mais elevada.

3) É possível construir uma máquina, que opera em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e transformá-lo integralmente em trabalho.

Assinale a alternativa correta.

a) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.

b) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.

c) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.

d) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.

e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

6. Determine o trabalho realizado por uma máquina de Carnot que recebe 2000 J de calor de uma fonte quente e trabalha sob as temperaturas de 400 K e 700 K.

a) 1000 J

b) 780 J

c) 860 J

d) 930 J

e) 653 J

APÊNDICE G — PRODUÇÃO DE MAPA CONCEITUAL SOBRE A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nome: _____ N° _____ _/_/_

Título: _____

APÊNDICE H — QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO SOBRE A ACEITAÇÃO DE
METODOLOGIAS DIFERENCIADAS

Aplicação de um questionário investigativo relacionado à Sequência Didática

1. Qual das aulas foi a mais interessante e significativa para você? Justifique?
2. Pensando em uma aula perfeita, o que de fato faltou para sequência?
3. Você concorda que esse tipo de metodologia, aprende-se mais? Este tipo de aula é usado com frequência?
4. Avaliando sua aprendizagem, qual nota você daria? Justifique?
5. Qual é sua opinião em relação ao seu interesse, pelas aulas utilizando este método? Foi maior, aumentou? Se fosse uma aula tradicional seria igual?

APÊNDICE 1 — RECURSO NECESSÁRIO PARA A AULA 1

Utilizando a plataforma online “Menti Meter” para levantamento de ideias chaves sobre o tema Máquinas Térmicas.

Na primeira aula da sequência didática há diversas formas para abordagem inicial do assunto, visto que é importante que o discente socialize sobre seu conhecimento prévio. A forma recomendada e descrita neste apêndice, utiliza as ferramentas digitais, causando assim uma maior aceitação e curiosidade no aluno, desfocando daquelas aulas tradicionais com o uso de papel e caneta, porém para que o cronograma seja cumprido é necessário se aliar aos aparelhos digitais que estão disponíveis, seja do próprio aluno ou da Unidade Escolar.

Como recurso didático para a primeira aula será necessário que o docente realize o cadastro em uma comunidade que possibilita a criação de brainstorms (tempestade de ideias) e de *feedback* para os usuários, sem precisar realizar inscrição o que proporciona uma melhor otimização do tempo, apenas com o código ou link de acesso para apresentação, o estudante consegue participar.

Para realizar o cadastro, é muito simples, e o educador pode associá-la com outras contas, como a do Google, Facebook ou com *e-mail* de sua preferência, após, basta clicar em nova apresentação e escolher o modelo de apresentação entre os disponíveis, como ilustrado na figura 1.

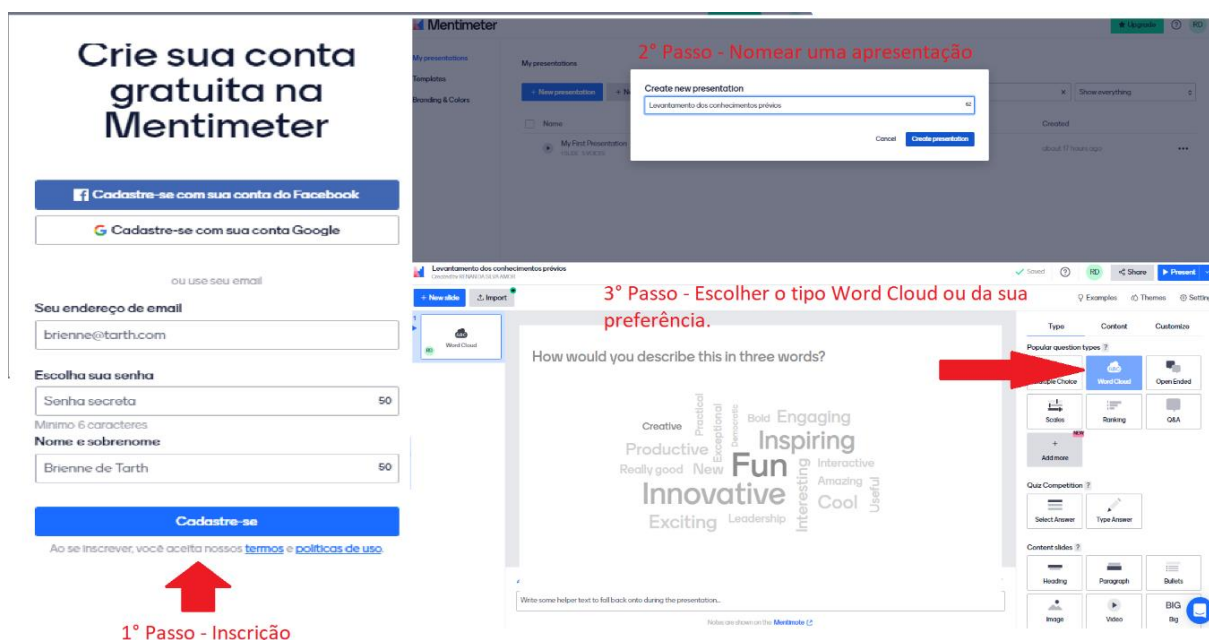


Figura 1: Como criar conta e apresentação na Plataforma “Menti Meter”.

APÊNDICE 2 – MATERIAL NECESSÁRIO DE EXPERIMENTAÇÃO PARA AULA 2

A máquina de Herón caseira

Materiais necessários:

Para o experimento, serão utilizados os seguintes materiais: Alicate, serra, chave de fenda, uma lâmpada, uma rolha, dois canos de cobre de 10 cm, um gancho pequeno e massa para vedar.

Quadro 1: Criação da Máquina de Herón caseira

Experimentação de Herón	
1° passo	Com o uso de uma serra, cortamos a rosca da lâmpada em seu último gomo, antes de chegar ao vidro.
2° passo	No auxílio de um alicate, dobramos cada um dos canos de cobre, uma parte de cada cano para baixo.
3° passo	Com uma chave de fenda, faremos um buraco na rolha para encaixar cada um dos canos, até a outra extremidade.
4° passo	Para finalizar, usamos a massa para vedar, seguindo as instruções da embalagem para vedar o sistema.
É importante, no terceiro passo, ao encaixar os tubos de cobre, colocarmos o gancho no meio. Após os dois canos dobrados para baixo, com o alicate, dobramos uma outra ponta, menor, para formar uma hélice. Quando acabado, colocamos a rolha dentro do buraco feito na lâmpada.	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A Figura 1, ilustra o resultado da produção do experimento descrito acima, caso o professor opte por valorizar o tempo em sala de aula, pode mostrar a mesma experiência descrita por usuários da plataforma de vídeos do Youtube do canal Alex Amorin, Figura 2, disponível no link https://www.youtube.com/watch?v=l_wL_mc10fc, acessado no dia 20 de abril de 2022, com duração de aproximadamente 2 minutos.

A mesma experiência pode ser apreciada com a simulação, que também se torna um dos recursos a serem utilizados, figura 3.



Figura 1: Experimento máquina de Herón

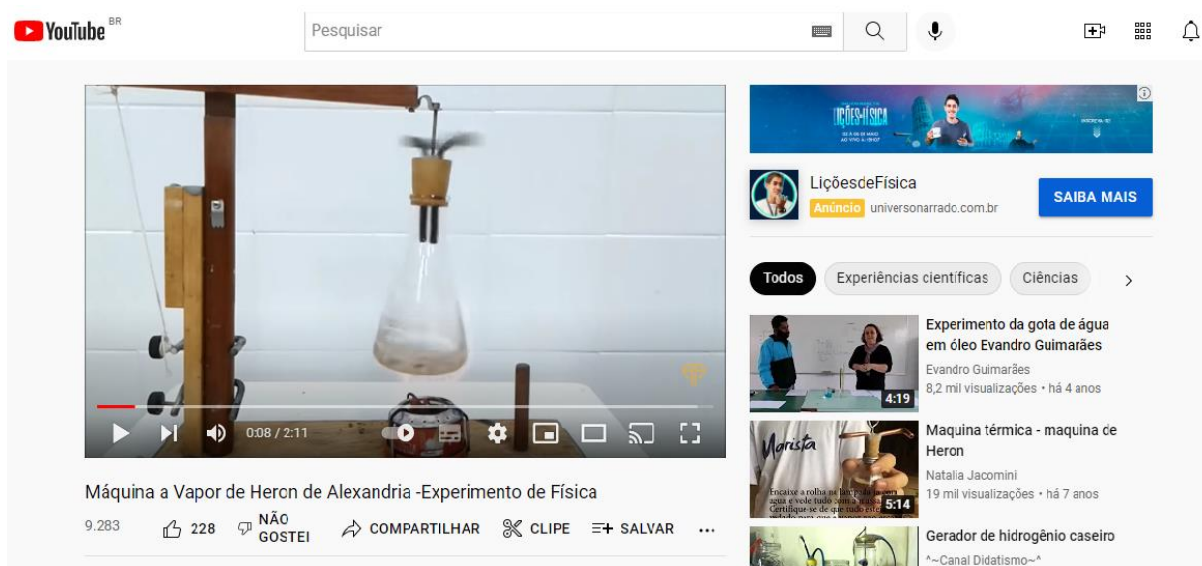


Figura 2: Máquina a Vapor de Heron de Alexandria - Experimento de Física Alex Amorin.

Caso o professor tenha acesso às tecnologias digitais, poderá utilizar um simulador, a figura 3, que reproduz o funcionamento da máquina de Herón de Alexandria, link para acesso do simulador: Funcionamento de uma máquina de Herón,

<http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/heron.html>, acessado em 20 de abril de 2022.

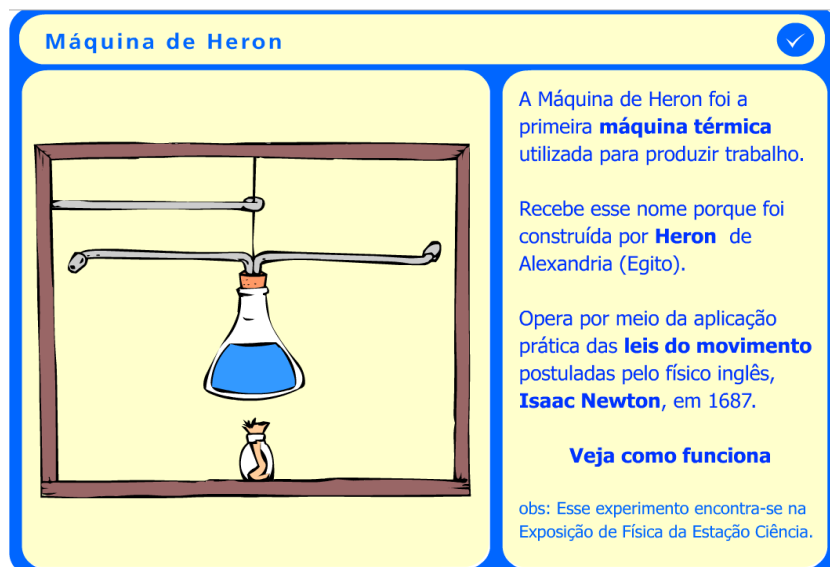


Figura 3: Simulador da máquina de Herón

APÊNDICE 3 – MATERIAL PARA UTILIZAÇÃO NA AULA 3

Princípio de Funcionamento de uma Máquina Térmica

Máquina térmica é um dispositivo que se baseia na transformação energia térmica em trabalho mecânico, ou seja, seu funcionamento se dá pela absorção de calor de uma fonte quente, que, por sua vez, se transforma em trabalho mecânico. Durante esse processo de realização de trabalho, há uma rejeição para uma fonte fria de parte do calor absorvido. Para isso são necessárias duas fontes de calor, sendo a alta temperatura da fonte quente e a baixa da fonte fria. A máquina térmica funciona, basicamente, de acordo com as etapas descritas abaixo, os quais são ilustrados na Figura 1.

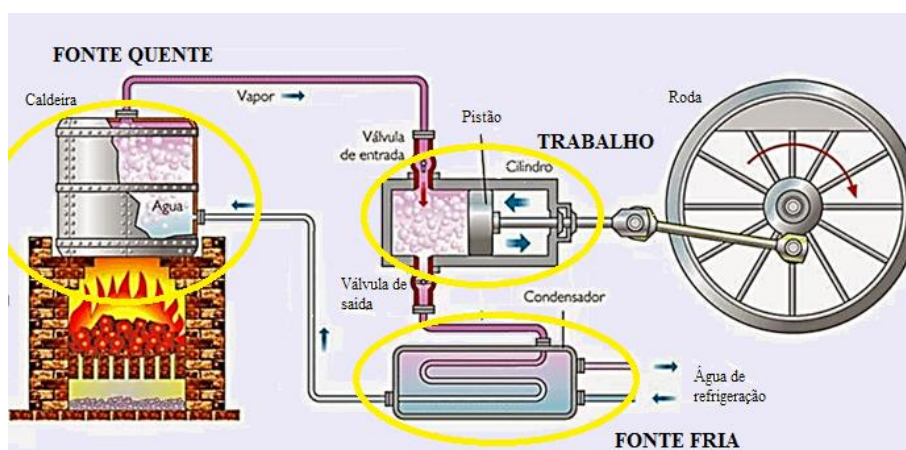


Figura 1: Funcionamento da Máquina Térmica

- A fonte quente é a caldeira que contém água sendo aquecida até atingir o ponto de vapor;
- O trabalho realizado pelo vapor ocorre no pistão que faz a roda girar;
- Após realizar trabalho dentro do pistão, o vapor tem sua temperatura reduzida e, assim, é descartado para o reservatório de água fria, chamado condensador, que se constitui na fonte fria da máquina térmica.

Essas etapas podem ser resumidas no esquema mostrado na Figura 2.

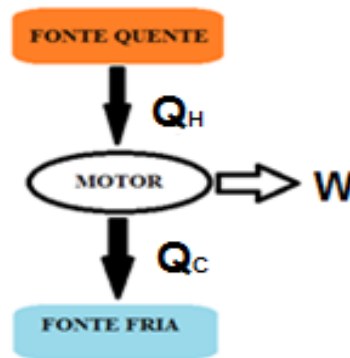


Figura 2: Diagrama de Funcionamento

Mais, o que é uma máquina térmica?

Uma máquina térmica é todo e qualquer dispositivo capaz de transformar energia térmica em trabalho mecânico. Para seu funcionamento são necessárias uma fonte de calor e uma substância de trabalho capaz de ter o seu volume modificado e, conseqüentemente, movimentar algum mecanismo, como válvulas ou pistões.

Os motores de combustão interna, conhecidos como “explosão interna”, como aqueles que movem os automóveis atuais, são exemplos de máquinas térmicas. Eles absorvem o calor que é produzido a partir da queima de uma mistura de combustível e ar, periodicamente injetada no interior de seus cilindros. Desse modo, parte da energia que é liberada durante a explosão, é convertida em trabalho, por meio do movimento do pistão, usada para converter a energia térmica (calor) em energia cinética (movimento).

Para seu funcionamento é necessário obedecer a duas condições da Segunda Lei da Termodinâmica¹⁰, enunciados realizados por Clausius e Kelvin-Planck.

Enunciado de Clausius:

O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta.

¹⁰ A segunda lei da Termodinâmica diz respeito a uma grandeza física conhecida como entropia, que é uma medida do número de estados termodinâmicos de um sistema, em outras palavras, a entropia fornece uma medida da aleatoriedade ou da desorganização de um sistema.

Tendo como consequência que o sentido natural do fluxo de calor é da temperatura mais alta para a mais baixa, e que para que o fluxo seja inverso é necessário que um agente externo realize um trabalho sobre este sistema.

Enunciado de Kelvin-Planck:

É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.

Este enunciado implica que, não é possível que um dispositivo térmico tenha um rendimento de 100%, ou seja, por menor que seja, sempre há uma quantidade de calor que não se transforma em trabalho efetivo.

Como funcionam as máquinas térmicas?

Todas as máquinas térmicas operam de acordo com um ciclo termodinâmico, isto é, sequências de estados termodinâmicos que se repetem, como mostrado no gráfico da Figura 3. Esses ciclos apresentam diferentes estados de volume, pressão e temperatura, que são geralmente representados por gráficos de pressão em função do volume. Os ciclos termodinâmicos são projetados em busca da maior eficiência energética, ou seja, busca-se sempre a produção de motores capazes de extrair uma grande quantidade de trabalho.

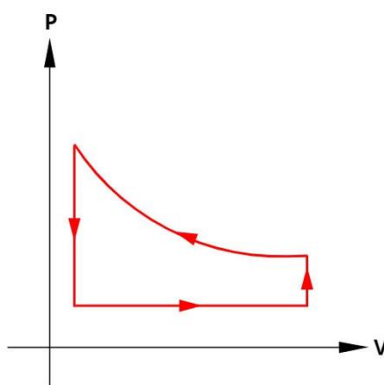


Figura 3: Ciclo termodinâmico

A área interna ao ciclo do gráfico $P \times V$, ilustrado na Figura 3 indica a quantidade de trabalho que elas realizam durante um ciclo.

Em qualquer ciclo termodinâmico, é possível calcular o trabalho graficamente. Para tanto, é necessário calcular a área do interior do ciclo. Para casos em que a

figura formada pelo ciclo seja irregular, o cálculo da área pode ser complexo, exigindo operações matemáticas avançadas.

É importante destacar que o sentido das setas, horário ou anti-horário, indica se o ciclo em questão é o ciclo de uma máquina térmica ou de um refrigerador. Confira:

- Ciclo no sentido horário: Se o sentido do ciclo for horário, o ciclo é o de uma máquina térmica, a qual absorve calor e produz trabalho, como o caso dos motores a combustão como o carro, turbina de aviões, trens, motocicletas.
- Ciclo no sentido anti-horário: No caso em que o sentido de um ciclo é anti-horário, ele precisa receber trabalho mecânico e liberar calor, como no caso dos motores de refrigerador.

Experimentação: Montando uma máquina térmica caseira

Materiais necessários: Uma lata de refrigerante; um prego pequeno; dois blocos de madeira (10 cm por 20 cm); uma lamparina a álcool; mini ventilador; seringa comum; um multímetro (opcional).

Construção de uma máquina térmica	
1º passo	Com o prego faça um furo na tampa da latinha de refrigerante, na parte frontal, próximo à lateral da latinha. Retire o líquido deixando escoar em um recipiente qualquer.
2º passo	Encha a seringa com água e injete pelo furo da latinha, cerca de 80 ml de água.
3º passo	Fixe a latinha prendendo-a em um suporte não inflamável de modo que ela fique um centímetro acima da chama da lamparina.
4º passo	Fixe o mini ventilador em um bloco de madeira e o posicione de modo que o vapor saindo do orifício da latinha incida diretamente nas hélices forçando-as a girar.
5º passo	Conecte os terminais do motorzinho DC, pontos que seriam ligados a pilhas do mini ventilador, aos terminais do multímetro.

Quadro 1: Roteiro para construção de uma máquina térmica com Arduino

APÊNDICE 4 – MATERIAL PARA UTILIZAÇÃO NA AULA 4

Rendimento de uma máquina térmica

Esse estudo sobre o rendimento de uma máquina é preferível que o professor trabalhe em sala de aula, realizando a demonstração, para que os alunos tenham uma visão clara tornando o aprendizado efetivo.

Antes é preciso discutir, os enunciados de Kelvin-Planck:

- Incapacidade de produzir uma máquina que não dissipe energia;
- Nenhuma máquina térmica pode apresentar um rendimento de 100%;

Para demonstração, a forma mais simples é usar o princípio da conservação de energia.

Sabendo que, para seu funcionamento, uma máquina térmica, necessariamente, precise de duas fontes de energia, podemos subterender que:

A fonte de energia, ou seja, o combustível para essa máquina (Q_H), irá transformar sua energia em trabalho (W), ou parte dela. Pelo enunciado acima, a outra parte será dissipada (Q_C). Vale lembrar que Q_H e Q_C representam quantidades de calor (medidos em Joule – J) e W é o trabalho realizado (também, medido em Joule – J). A equação 1 resume esta descrição.

$$Q_H = W + Q_C \quad (1)$$

Tomando a equação (1) e isolando a variável W , obtém-se a equação 2:

$$W = Q_H - Q_C \quad (2)$$

Sabendo a relação entre trabalho e fontes de energia que entram na máquina, podemos formular algumas relações para se chegar ao seu rendimento, que, por sua vez:

- Dependerá da relação entre o trabalho executado e a fonte de energia fornecida a essa máquina;

- O rendimento¹¹ (η) de uma máquina térmica é a razão entre a potência útil¹² trabalho produzido pela máquina térmica, e a potência total¹³, calor fornecido à máquina térmica pela fonte quente.

A equação 3 representa o cálculo do rendimento de uma máquina térmica, lembrando que η é uma variável adimensional.

$$\eta = \frac{W}{Q_H} \quad (3)$$

Substituindo a relação da equação 3 na equação 2, podemos encontrar outra forma de calcular o rendimento de uma máquina térmica.

Iremos substituir a letra W, que representa trabalho da equação 3, pela equivalência que encontramos de W, na equação 1, obtendo, então, a equação 4.

$$\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} \quad (4)$$

Simplificando ou redimensionando a equação 4, podemos obter a equação (5).

$$\eta = \frac{Q_H}{Q_H} - \frac{Q_C}{Q_H} \rightarrow \eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \quad (5)$$

Quanto maior o valor do rendimento η , maior é a eficiência da máquina térmica e menor é a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria.

Embora já sabemos que uma máquina nunca terá um rendimento ideal, nem sempre foi assim. Até meados do século XIX, acreditava-se ser possível a construção de uma máquina térmica que seria capaz de transformar toda a energia fornecida em trabalho, obtendo um rendimento total. Para provar que isso não seria possível, em 1824, o

¹¹ Para realizar uma tarefa, toda máquina, todo organismo, precisa de determinada potência, ou seja, determinada quantidade de energia por unidade de tempo. Porém, nem toda a potência requerida é usada na realização da tarefa, parte dessa potência é dissipada.

⁸ Potência Útil: é a quantidade de energia que realizou trabalho (W) nessa máquina; Q_H

⁹ Potência Total: é a quantidade de energia total que entra nessa máquina, $Q_H + Q_C$.

físico e engenheiro militar Nicolas Sadi Carnot, realizou diversas demonstrações, propondo uma máquina térmica ideal (forma hipotética), que ficou conhecida como ciclo de Carnot ou máquina de Carnot.

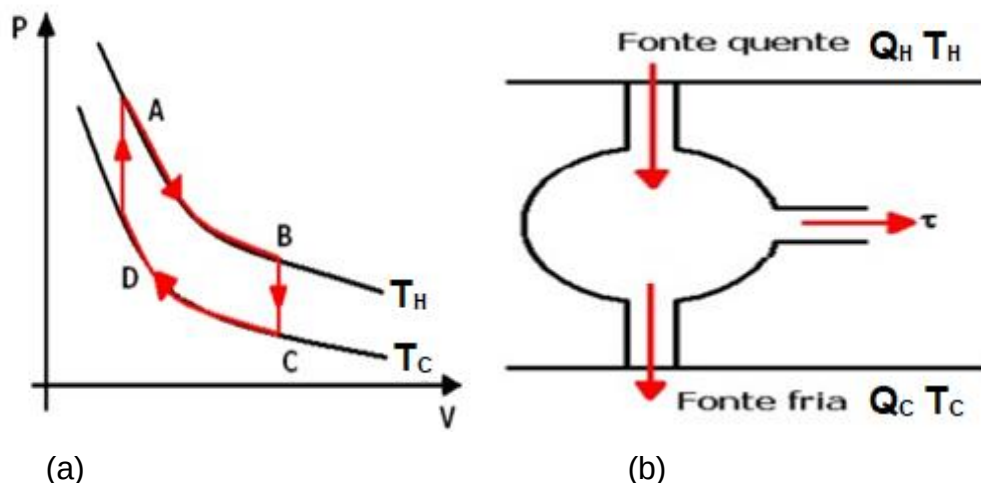


Figura 1: Representação do ciclo de Carnot

Na Figura 1 (a e b), partindo de A, o gás realiza uma expansão isotérmica¹⁴ AB, recebendo calor de Q_H (fonte quente). A seguir, ocorre a expansão adiabática¹⁵ BC, durante a qual não há troca de calor. A compressão isotérmica¹⁶ CD se verifica à temperatura T_C da fonte fria, e nesta etapa o gás “rejeita” a quantidade Q_C que não foi transformada em trabalho. A compressão adiabática¹⁷ DA se completa sem a troca de calor.

A equação 6 representa o ciclo descrito acima.

$$\frac{Q_C}{Q_H} = \frac{T_C}{T_H} \quad (6)$$

Da equação 6, podemos reescrever a equação 5, obtendo a equação 7.

¹⁴ Na expansão isotérmica, a pressão do gás diminui à medida que se expande; então para que a expansão isotérmica seja reversível, a pressão externa deve reduzir-se gradualmente, passo a passo com a mudança de volume.

¹⁵ Nessa transformação, o sistema não troca calor com o meio externo; o trabalho realizado é graças à variação de energia interna.

¹⁶ transformação isotérmica é uma transformação termodinâmica que ocorre a temperatura constante em um sistema fechado, sistema este que permite trocas de energia, mas não de matéria, entre o sistema e sua vizinhança.

¹⁷ Compressão adiabática: há um grande aumento na pressão do gás e uma diminuição de seu volume sem que haja trocas de calor.

$$\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \quad (7)$$

E, com isso, temos que, para o Ciclo de Carnot, o rendimento é função exclusiva das temperaturas absolutas das fontes quentes e fria, como mostra a equação 8.

$$\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} \quad (8)$$

Este é o rendimento máximo de uma máquina térmica, e como nunca podemos ter $T_H = 0$ e $|T_C| > |T_H|$, constatamos que uma máquina térmica jamais terá rendimento de 1 ou seja transformar todo o calor fornecido em trabalho.

APÊNDICE 5 – MATERIAL PARA NECESSÁRIO PARA DEMONSTRAÇÃO PARA AULA 5

Para última aula de conceitos sobre as máquinas térmicas, o docente pode optar pelas várias formas de apresentar o funcionamento dos automóveis de forma interativa, aqui, iremos apresentar de forma demonstrativa a fabricação de um cilindro, onde o professor pode fabricar ou deixar para que os alunos realizem esse experimento em grupo, e em sala discutir ao final, através de um seminário.

Nossa intenção aqui é produzir um protótipo parecido com um cilindro utilizado nos motores, para que através da metodologia de sala de invertida o estudante possa aplicar o funcionamento de cada tempo de um motor de 4 tempos, para isso iremos utilizar materiais recicláveis e de fácil acesso na sua produção.

A aparência do protótipo para demonstração, necessita ser igual a figura 1 abaixo, podendo ser substituídos por outros materiais.

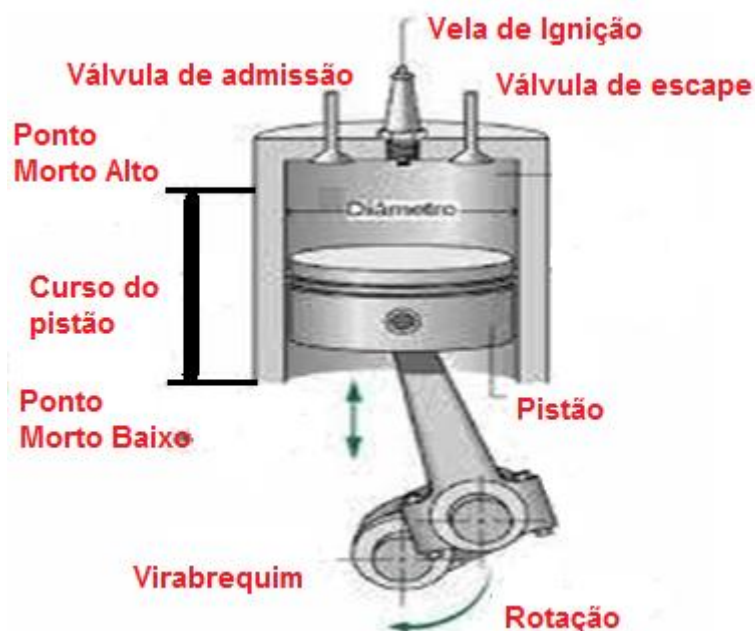


Figura 1: Demonstração de funcionamento de um monocilindro

Materiais necessários:

Os materiais utilizados foram uma caixa de papelão de tamanho médio, tesoura, uma folha sulfite e pistola de cola quente.

Por ser de fácil produção e não necessitar de itens de grande cuidado na manipulação de acordo com a realidade o professor poderá utilizar outros materiais

com a finalidade de dar um maior sentido para exemplificação ao ocorrido dentro de um cilindro.

Outra opção de demonstração prática é a animação em 3D do funcionamento no canal do Youtube: *Motorservice Group*, intitulado pelo nome, “Como funcionam os pistões (animação 3D)”, localizado no link, <https://www.youtube.com/watch?v=hu28nljX0vE>, acessado no dia 20 de abril de 2022, duração de aproximadamente 4 minutos, figura 2.

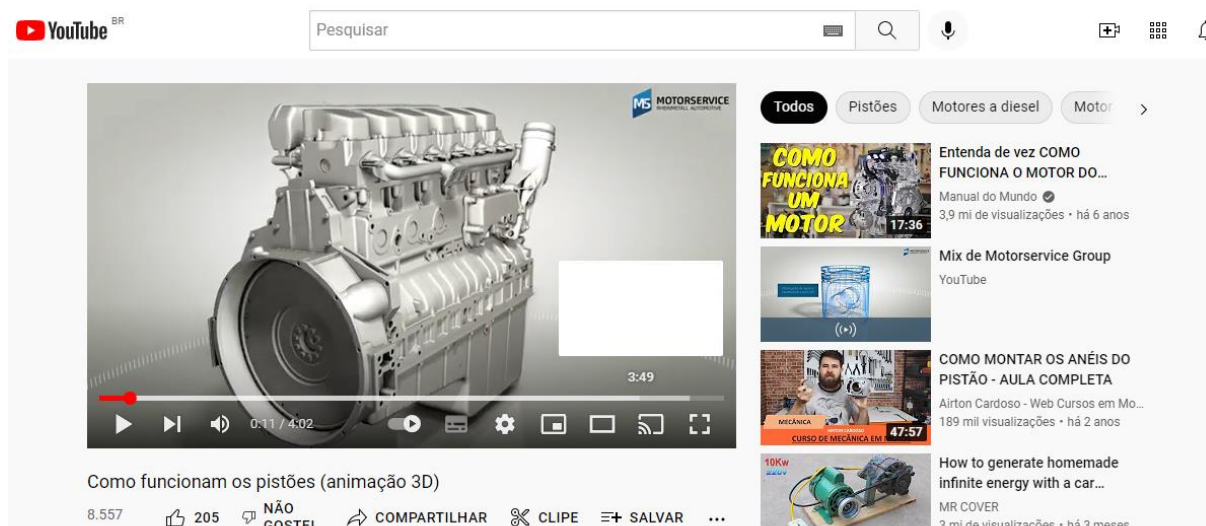


Figura 2: Como funcionam os pistões (animação 3D) de *Motorservice Group*.

De forma a sistematizar a aula sobre o funcionamento dos motores no ciclo de Otto e Diesel, o docente poderá contribuir de forma demonstrativa, acessando o site, “MozaWeb”, ou efetuando o download do aplicativo disponível no play store, “Mozaik3D app”, para utilizar basta realizar o cadastro e localizar as simulações em 3D.

APÊNDICE 6 – PRODUTO EDUCACIONAL



SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO TEÓRICO-PRÁTICO SOBRE MÁQUINAS TÉRMICAS USANDO MATERIAIS POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS

Produto desenvolvido durante a realização do Programa de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Discente: Renan da Silva Amor

Orientadora: Profa. Dra. Agda Eunice de Souza Albas

Presidente Prudente - SP

Agosto 2022

RENAN DA SILVA AMOR

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO TEÓRICO-PRÁTICO SOBRE
MÁQUINAS TÉRMICAS USANDO MATERIAIS POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UNESP, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Agda Eunice de Souza Albas

Presidente Prudente – SP

Agosto 2022

Prefácio

Um pouco de minha história...

De família muito humilde, desde pequeno sempre tive determinação para que pudesse obter sucesso profissional e ser um exemplo para todos a minha volta, querendo mostrar a possibilidade de ter uma vida diferente, de mudar a minha realidade e de todos a minha volta. Na educação básica, quando aluno, buscava sempre me destacar em todas as disciplinas, sempre gostava de procurar estudar além do que meus professores ensinavam. No Ensino Médio tive a oportunidade de começar a trabalhar, porém um fator que influenciou em meus estudos foi a adaptação com o ensino noturno, pois a velocidade do conteúdo programático era mais lenta, apesar dos percalços encontrados me mantive focado em ingressar em uma faculdade, mesmo não tendo condições de ingressar em uma Universidade, por questões financeiras, trabalhei e me dediquei durante um ano todo e com minhas economias, realizei o primeiro grande sonho em iniciar o curso de licenciatura em matemática na instituição FAI, (Faculdades Adamantinenses Integradas), ao ingressar no curso, logo fui me candidatando a bolsas para poder me manter, entre elas havia duas opções de bolsas, Programa Escola da Família e o PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), optei pela primeira opção, como voluntário aos sábados na Escola Estadual Prof.^a Maria Aparecida Lopes, na cidade de Osvaldo Cruz- SP, fui colaborador por cerca de um ano, indeciso de seguir a carreira docente, no segundo ano de licenciatura, tive a oportunidade de ser bolsista do PIBID, na qual minha atuação, auxiliando os professores e realizando intervenções com os alunos, diretamente e indiretamente. Com essa experiência, pude notar prazer que tinha de ensinar e orientar os discentes nas resoluções de problemas, fornecendo subsídios para uma maior eficiência do ensino, com essa oportunidade, logo apareceu substituições na rede estadual de ensino, aos 19 anos de idade, estava em uma sala de aula como professor, mesmo com pouca experiência e maturidade, tive um aprendizado enorme em diversas situações ainda não enfrentadas, experiência essa, positiva e com a aceitação dos alunos em relação a postura adotada em sala, foi demais.

Desde daquele momento apesar das dificuldades enfrentadas em qualquer início de carreira, não me abalei, e só fez crescer esse amor e essa vontade em fazer a diferença na educação.

Em março de 2019, iniciei minha pós-graduação, na cidade de Presidente Prudente, há uma distância de aproximadamente 100 km de minha cidade, onde me deslocava de moto, com chuvas ou sem chuvas, faminto em querer aprender e replicar em minhas aulas, a fim de obter uma maior eficiência em minha prática docente.

Nestes dois anos de aperfeiçoamento, tivemos abordagens de temas relevantes para o ensino de Física, além de práticas didáticas bem-sucedidas, ambas apresentadas, na forma de seminários e exposição dos professores, que de maneira magistral souberam conduzir esse processo.

Ao final para ser ainda mais superador, uma pandemia que atingiu a todos e fez o ser humano se ajoelhar no chão, e pedir as pessoas que fazem a ciência acontecer, que providenciasse o quanto antes uma vacina, pois o vírus invisível fez o mundo parar, tivemos que nos renovar a uma nova realidade de trabalho e estudos. Foi difícil, mais nada que o tempo e o treinamento correto, resolvesse. Adaptar-se as novas tecnologias, impostas pelo distanciamento social, sem dúvidas, em meio a milhares de mortes pelo contágio do Covid- 19, usar toda a tecnologia que temos e investir na educação, foi um dos acontecimentos positivos, necessários para a continuidade do trabalho docente.

No fim do mestrado, o resultado, de uma vivência inenarrável e única, onde cresci muito, com professores e colegas de diferentes áreas da educação, através de trocas de experiências com seminários, discussões e até na hora do café era algo acrescentador.

O meu grande agradecimento à professores como: Angel, Ana Maria, Celso, Moacir, Priscila e em especial minha orientadora Professora Agda, que não mediram esforços para me auxiliar nesta finalização de mais uma etapa da minha carreira acadêmica.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.	2
FUNDAMENTAÇÃO PARA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.	3
CAPÍTULO 1 - AULA 1: LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS...	12
CAPÍTULO 2 - AULA 2: ANÁLISE E DISCUSSÃO SOBRE A LEITURA DO TEXTO: A HISTÓRIA DAS MÁQUINAS TÉRMICAS.....	15
CAPÍTULO 3 - AULA 3: FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS.	18
CAPÍTULO 4 - AULA 4: RENDIMENTO DE UMA MT E O CICLO DE CARNOT. ...	20
CAPÍTULO 5 - AULA 5: CICLOS TERMODINÂMICOS.	23
CAPÍTULO 6 - AULA 6: RESOLUÇÃO CONTEXTUALIZADA DE PROBLEMAS. ...	30

Prezado (a) professor (a):

Esta sequência didática é um resultado de uma pesquisa de três anos, que desenvolvi como aluno do Mestrado Nacional em Ensino de Física (MNPEF), na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), na Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT), campus localizado na cidade de Presidente Prudente.

Nossa proposta é de construir um conjunto de aulas, formando uma Sequência Didática sobre a temática do ensino das Máquinas Térmicas, que será baseada na teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, alinhada nas metodologias ativas, nas competências e habilidades do currículo do estado de São Paulo e na BNCC, a fim de sistematizar e categorizar cada conjunto de instâncias. A implementação da Sequência Didática será dividida em três momentos considerados importantes na construção do conhecimento sobre o tema escolhido. Para estes três momentos, serão reunidas seis aulas, para as quais, será utilizada uma metodologia diferenciada, cujo objetivo principal é apresentar e aplicar a temática sobre a história e funcionamento das Máquinas Térmicas. A metodologia utilizada permitirá colocar o aluno como protagonista do seu aprendizado, além de ser capaz de tornar-se cidadão crítico e atuante na sociedade em que vive, rompendo o conhecimento proveniente do senso comum.

Este produto não deve ser tratado como algo acabado, podendo ser aprimorado ou atualizado, pelas diferentes metodologias existentes, o professor tem a liberdade de adaptar de acordo com a especificidade de cada sala de aula.

APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A disciplina de Física possui papel importantíssimo na sociedade e seu contexto histórico causou grandes impactos para a revolução industrial do século XVIII, com a criação de vários instrumentos que facilitaram para corrida na extração minérios e na indústria europeia. Porém, seu ensino descontextualizado e com sua forma baseada em equações, acomete um grande desinteresse por grande parte dos estudantes. Para nós, professores, um dos principais desafios é a associação da teoria com os acontecimentos inseridos no dia a dia.

Pensando nesta problemática, visando uma melhor aceitação por partes dos alunos e permitindo que ele se torne parte integral do seu processo ensino-aprendizagem, é necessário que o docente busque e planeje estratégias para um ensino eficiente e de qualidade. Para este planejamento, é necessário que o docente leve em consideração o pequeno número de aulas disponíveis e o extenso currículo a ser trabalhado no ano letivo, que é outro percalço a ser enfrentado.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA: MÁQUINAS TÉRMICAS

Público-alvo

Alunos do 2º (segundo) ano do Ensino Médio para turmas da modalidade integral ou regular. Também poderá ser usado como forma de intervenção na recuperação, ou ainda como apoio à disciplinas eletivas, itinerários formativos ou oficinas, oferecidas nas escolas de tempo integral.

Duração

Seis aulas de quarenta e cinco minutos.

FUNDAMENTAÇÃO PARA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A construção desta sequência didática tem um objetivo de relacionar os conceitos ensinados no tema de Máquinas Térmicas do segundo ano do Ensino Médio, podendo ser aplicado a qualquer tipo de público do sistema de ensino. Na Sequência Didática, procuramos fazer uma contextualização e aplicação de cada conceito relacionando-o ao cotidiano, pois a ciência é, e deve ser aplicada às experiências cotidianas.

Para o tema “Máquinas Térmicas” abordado nesta sequência didática, exige-se dos discentes, conhecimentos sobre “Calor”, uma vez que, quando o conteúdo de termodinâmica é proposto, ele já foi abordado, por se tratar de um conhecimento específico que inicia o estudo da calorimetria. Os alunos deverão, também, ter conhecimento sobre o comportamento térmico dos gases.

Para abordar o assunto sobre Máquinas Térmicas, será proposta, inicialmente, a apresentação do produto e, simultaneamente, o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos mediante o uso de um material prático e de vocabulário simples para um ponto de partida. Propõe-se que este material seja disponibilizando antecipadamente para estudos extraclasse, como metodologia ativa. Discussão, pesquisas em grupo, leitura e análise de textos, experimentos, debates e resoluções de problemas contemplarão o desenvolvimento da sequência didática.

Também, um estudo bibliográfico poderá ser realizado ao longo do desenvolvimento do trabalho, no intuito de fornecer subsídios necessários para o

desenvolvimento de um projeto de intervenção com a utilização de estratégias fundamentadas na experimentação para o ensino da Física com a perspectiva de estimular, motivar e construir um conhecimento significativo ao educando.

Papel do professor

O papel do professor é promover e mediar as atividades de maneira organizada, dando espaço e liberdade intelectual a cada aluno, para que dentro das regras pré-estabelecidas pela unidade prisional, os objetivos de ensino sejam alcançados.

Conteúdos Gerais

- Máquinas térmicas

Conteúdo específicos

- Impactos sociais e econômicos das máquinas térmicas no processo histórico de desenvolvimento da sociedade (revolução industrial).
- Caracterização do funcionamento das máquinas térmicas em termos de ciclos fechados;
- Cálculo da potência e do rendimento de máquinas térmicas reais.

Atividades propostas

A sequência didática é composta por três momentos. Estas etapas foram pensadas de forma a subdividi-la, para que o docente tenha uma visão transparente das habilidades, das atividades e metodologias a serem desenvolvidas em cada momento. Para a metodologia de sala de aula invertida, proposta para um dos momentos, deve ser disponibilizado um material de apoio para aluno antecipadamente, que irá auxiliar o professor no debate e na discussão sobre o tema, permitindo, portanto, tornar o aluno protagonista do seu processo de ensino-aprendizado.

O primeiro momento da sequência didática será composto por duas aulas. Seus objetivos principais são: (1) Apresentar a sequência didática, para que o aluno tenha de forma clara e objetiva os assuntos que serão abordados, despertando o seu interesse, (2) Discutir sobre a construção de máquinas térmicas no período da revolução industrial, observando a evolução das máquinas realizando uma análise crítica das principais mudanças e (3) Possibilitar ao discente a arguição dos conhecimentos prévios através do mapa conceitual e um questionário investigativo sobre o tema.

O segundo momento, definido em três aulas, terá ênfase na assimilação dos conceitos teóricos e práticos de funcionamento de uma máquina térmica, usando metodologias diferenciadas de ensino como, por exemplo, sala de aula invertida (metodologia ativa) e além do uso de experimentações, todas de forma significativa, de acordo com suporte pedagógico da instituição, o docente poderá adaptar suas atividades no decorrer desse momento, escolhendo a ferramenta de maior familiaridade, afim de propiciar uma melhor experiência.

No terceiro e último momento, serão apresentadas situações com questões dissertativas e abertas para relacionar os conceitos, abordados pela sequência didática, com situações cotidianas. Neste momento, poderá ser analisada a evolução dos conhecimentos adquiridos pelo aluno, de acordo com a especificidade de cada um e o desenvolvimento de sua capacidade em solucionar problemas.

Competências e habilidades

De acordo com Novo Currículo Paulista e as competências estruturantes da BNCC para o ensino Médio, são elencadas três competências específicas para área de ciências da natureza e tecnologia, onde pode ser abordado de maneira flexível, para atender aos projetos interdisciplinares que demandem o desenvolvimento de um conjunto de habilidades.

Abaixo estão dispostas, segundo Currículo Paulista para CNT, ordenados, pelo seu objeto de conhecimento e pelas três competências, seguidos das habilidades, as unidades temáticas.

Objeto de conhecimento: Matéria e energia

1º Competência

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.

Habilidade

(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

Unidade temáticas: Termodinâmica (máquinas térmicas; rendimento; ciclo de Carnot; entropia).

Objeto de conhecimento: Vida, terra e cosmos

2ª Competência

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

Habilidade

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais. (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Unidade temáticas: Máquinas térmicas (trabalho; energia interna; potência e rendimento; transformações cíclicas; impacto social e econômico).

Objeto de conhecimento: Tecnologia e linguagem científica

3º Competência

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).

Habilidade

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Unidade temáticas: Leitura e interpretação de temas voltados às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, utilizando fontes confiáveis.

(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

Unidade temáticas: Termodinâmica (motores de combustão interna; calor, trabalho e rendimento; leis da Termodinâmica).

Alinhado ao Novo Currículo Paulista que está nas conformidades da BNCC, foi elaborado um conjunto de habilidades específicas presentes no Currículo do Estado de São Paulo.

O Quadro 1 resume os conteúdos, temas, habilidades específicas e atividades para a Sequência Didática proposta, o planejamento e organização das atividades foram elaboradas em aulas individuais, porém, caso o professor possua aulas duplas os materiais de apoio terão que ser entregues antecipadamente.

Quadro 1 - Organização das atividades da Sequência Didática.

Cronograma	Conteúdo	Atividades	Habilidades específicas
Aula 1	Levantamento dos conhecimentos prévios: checagem dos subsunçores a respeito das máquinas térmicas.	Análise de mapa mental e questionário a ser respondido pelos alunos e debatido pelo professor, procurando, identificar o conhecimento prévio do aluno sobre o assunto.	Reconhecer diferentes tipos de máquinas térmicas no cotidiano. Realizar a construção de mapa cognitivo através conhecimentos prévios acerca das máquinas térmicas.
Atividade extraclasse	Texto: A história das máquinas térmicas	Leitura e análise de texto sobre a contexto histórico das máquinas térmicas e seus principais acontecimentos.	Reconhecer a evolução histórica na construção das máquinas térmicas e seu papel importante na revolução industrial.
Aula 02	Impacto social e econômico com o surgimento das máquinas térmicas – Revolução Industrial	Discussão e análise do texto sobre: A História das máquinas térmicas; Socialização sobre a utilização de máquinas térmicas no cotidiano.	(EM13CNT203)
Atividade extraclasse	Princípio de funcionamento de uma máquina térmica	Leitura e análise de texto sobre a história da máquina térmica e seus princípios de funcionamento	Reconhecer os limites e possibilidades de uma máquina térmica que opera em ciclo. (EM13CNT303)

Aula 03	Leis da termodinâmica e sua eficiência	Aula conceitual e experimental: Funcionamento das máquinas térmicas;	Explicar e representar os ciclos de funcionamento de diferentes máquinas térmicas. Reconhecer os princípios fundamentais da termodinâmica que norteiam a construção e o funcionamento das máquinas térmicas.
Atividade extraclasse	Texto: Um breve relato sobre a história e funcionamento do refrigerador.	Preparação para aula 4: Leitura e análise de texto	(EM13CNT303)
Aula 04	Potência e rendimento em máquinas térmicas reais, como motores de veículos. Leis da Termodinâmica; Eficiência e rendimento. Ciclo de Carnot	Leitura e Análise de textos (Extraclasse) Discussão em Classe; Experimentação;	Comparar e analisar a potência e o rendimento de diferentes máquinas térmicas a partir de dados reais. Compreender o ciclo de Carnot e a impossibilidade de existência de uma máquina térmica com 100% de rendimento.

Atividade extraclasse	Texto: Como funciona motor de um carro?	Preparação para aula 5 – Leitura e análise do material de apoio sobre o funcionamento do motor de um automóvel	(EM13CNT303)
Aula 05	Operação de máquinas térmicas em ciclos fechados	Análise de imagens sobre funcionamento do motor de um automóvel. Ciclo de Otto Ciclo de Diesel	(EM13CNT309)
Atividade extraclasse	Produção de Mapa Conceitual	Será proposto atividades extraclasse	Realizar a construção de mapa cognitivo através conhecimentos obtidos acerca das máquinas térmicas.
Aula 06	Contextualização de problemas	Atividade para arguição das competências e habilidades contempladas, citadas abaixo:	As habilidades específicas estão dispostas abaixo, como forma do professor assimilar claramente os conceitos abordados em cada aula.

Avaliação

As aulas realizadas serão avaliadas de forma a verificar a aceitação dos alunos quando se envolve experimentação e metodologias diferenciadas de ensino, usando assuntos do seu cotidiano no âmbito das máquinas térmicas.

As habilidades específicas das atividades, na aula seis, contemplará na resolução de exercícios contextualizados com conceitos abordados em toda a sequência didática como forma de averiguar o nível de aprofundamento do aluno.

Abaixo segue as habilidades com base nos conceitos abordados em toda a sequência, de acordo com a Matriz de avaliação processual do Estado de São Paulo.

- Contextualizar historicamente o surgimento, a evolução e o uso das máquinas térmicas, associando-as em diferentes épocas, aspectos sociais, econômicos e tecnológicos.
- Compreender a relação entre trabalho mecânico e calor.
- Identificar os ciclos de funcionamento de uma máquina térmica.
- Reconhecer o princípio de conservação de energia aplicado 1ª Lei da Termodinâmica.
- Reconhecer o princípio da irreversibilidade do fluxo calor em um sistema térmico, por meio da 2ª Lei da Termodinâmica.
- Avaliar a potência e o rendimento dos diferentes tipos de motores: combustão, elétrico, a vapor.
- Analisar e interpretar os diagramas PxV de diferentes ciclos das máquinas térmicas.
- Compreender e representar o Ciclo de Carnot, entendendo-o como um ciclo real.

PLANOS DE AULA

CAPÍTULO 1 - AULA 1: LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

1. Conteúdo

Arguição oral da proposta curricular da SD, o tema sobre máquinas térmicas e suas respectivas competências e habilidades a serem alcançadas ao longo do desenvolvimento da SD.

2. Objetivos

Discutir sobre a construção de máquinas térmicas no período da revolução industrial, observando a evolução das máquinas realizando uma análise crítica das principais mudanças.

Possibilitar ao discente a arguição dos conhecimentos prévios através do mapa conceitual e um questionário investigativo sobre o tema.

3. Recursos ou Materiais utilizados

- Questionário;
- Análise e discussão de Mapa Conceitual;
- Imagens;
- Folha Sulfite;
- Quadro e Giz;
- Notebook ou Smartphone (caso o aluno possua essa ferramenta).

4. Etapas da Aula

4.1 Introdução ao tema

O professor deve se programar antes do início da sequência para disponibilizar aos alunos os materiais de apoio, para esta aula será utilizada a metodologia ativa baseada em problemas, respectivas de situações cotidianas, em APÊNDICE A, como forma de arguição dos conhecimentos prévios assim, incentivando e relacionando os conceitos que serão abordados na sequência didática com o cotidiano do aluno.

No primeiro momento em sala, deve ser abordado, pelo docente, características importantes da sequência didática, seguindo seus objetivos, informando as propostas de atividades, competências e habilidades a serem desenvolvidas, exercitando a capacidade de assimilação despertando assim o

interesse e curiosidade nos alunos. Após divulgadas todas as etapas do processo, deve acontecer uma socialização sobre as possíveis dúvidas dos alunos em relação à proposta.

4.2 Desenvolvimento da aula

De forma introdutória e bastante simples, o professor poderá utilizar-se de um mapa cognitivo, mostrando os principais assuntos a serem investigados na sequência, tendo como propósito de abordar, de forma intencional, os conhecimentos prévios no aluno com informações sobre o tema a ser estudado.

Na análise do mapa conceitual, o docente não se deve prolongar na descrição dos fatos, pois será **trabalhado** futuramente, havendo a necessidade da retomada do mapa conceitual abaixo, sempre na conclusão das etapas.

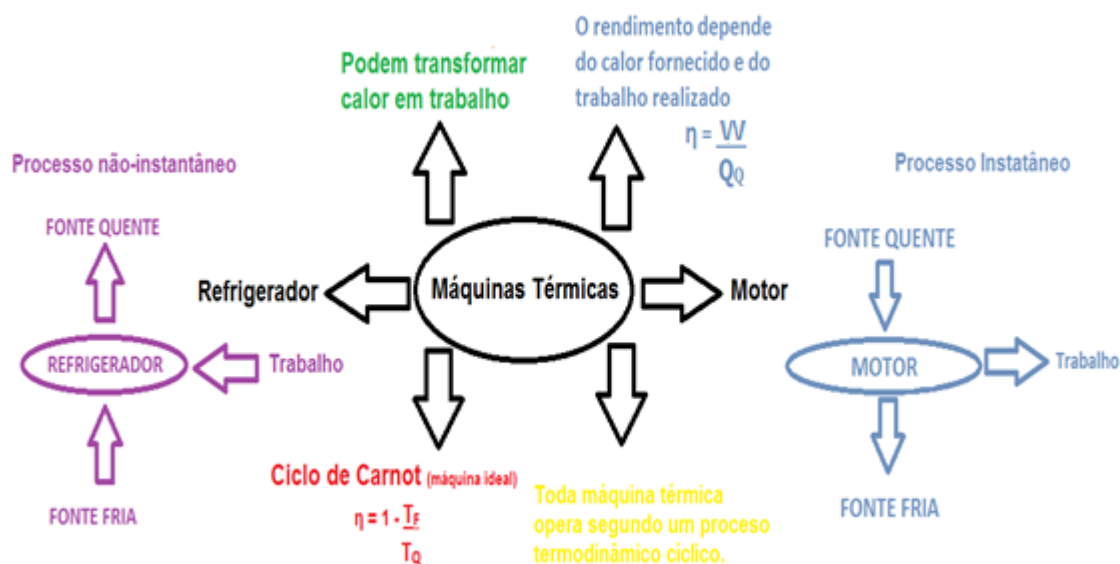


Figura 1- Mapa conceitual sobre o estudo das máquinas térmicas

4.3 Atividades propostas para os alunos

Após a explanação docente, no levantamento dos conhecimentos prévios é sugerido, que o docente, peça aos estudantes que criarem seu próprio mapa conceitual sobre o que entendem do assunto, assim o professor terá um norte de como iniciar o assunto de máquinas térmicas, além das discussões iniciais sobre a situações propostas em atividade extraclasse.

Na produção deste mapa, o educador terá a total liberdade de escolher, de acordo com sua familiaridade e recursos disponíveis, sua produção, seja online em uma folha sulfite ou de forma colaborativa na lousa.

A plataforma online recomendada para a conceituação das ideias iniciais em sua elaboração, se chama “Menti Meter”¹⁸, que de forma gratuita, necessitando apenas de um cadastro para seu acesso, basta disponibilizar o link para produção do mapa conceitual, via código acessando o site da plataforma ou pelo aplicativo de mensagem WhatsApp para que os alunos participem relatando suas considerações a respeito do assunto.

A figura 2, representa um exemplo de como esse modelo de apresentação organizará as palavras de acordo com o número de vezes que ela foi citada, quanto mais comum, maior será o tamanho da letra, tendo um maior destaque no mapa.

Acede a www.menti.com e usa o código 3031 9216

O que você entende por máquinas térmicas?

Mentimeter



Figura 2- Modelo de Tempestades de Ideias (*Brainstorm*) da plataforma Mentimeter.

¹⁸ Link de acesso a plataforma de criação de mapas conceituais. Disponível em: <https://www.mentimeter.com/app?first&templates>. Acesso em 17/02/2022.

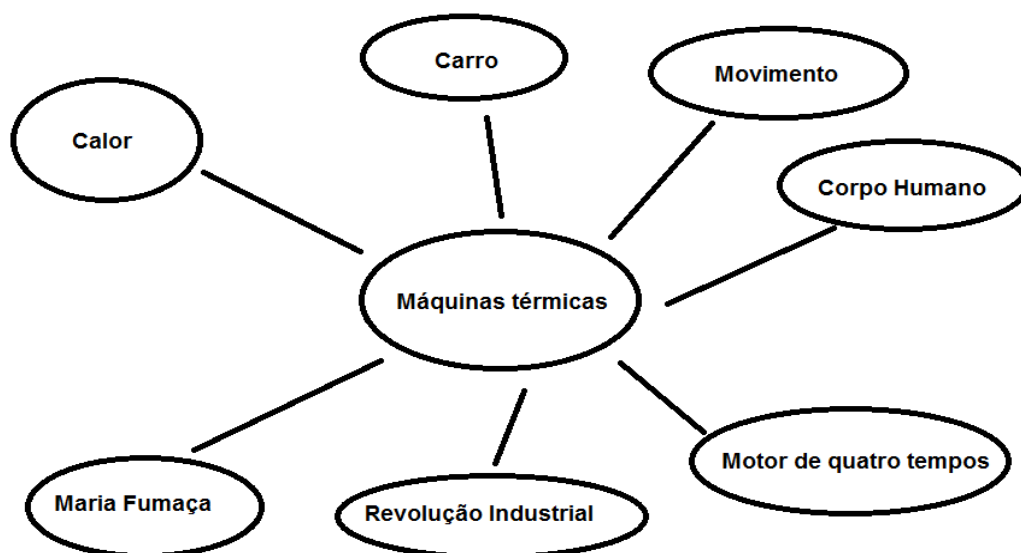


Figura 3- Modelo de mapa conceitual a ser desenvolvido pelo aluno

4.4 Avaliação

A princípio, a avaliação será baseada na participação do aluno em relação à recepção das informações e questionamentos realizados.

O questionário e o mapa conceitual serão utilizados inicialmente, como forma de verificar os subsunçores presentes nos alunos, e no final da sequência será retomado para efeitos de comprovação de novas aprendizagens.

5. Fontes/Referências

EducaBras. **Máquinas térmicas**. Disponível em: https://www.educabras.com/enem/materia/fisica/termologia/aulas/maquinas_termicas. Acesso em: 13 jun. 2021.

SANTOS, Marco. **Máquinas térmicas**. mundo da educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/maquinas-termicas.htm>. Acesso em: 11 jun. 2021.

TEIXEIRA, Mariane. **História das máquinas térmicas**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/historia-das-maquinas-termicas.htm>. Acesso em: 20 jul. 2021.

TOFFOLI, Leopoldo. **Máquinas Térmicas**. Info Escola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/maquina-termica/>. Acesso em: 11 jun. 2021.

CAPÍTULO 2 - AULA 2: PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS

1. Conteúdo

Impactos sociais e econômicos das máquinas térmicas no processo histórico de desenvolvimento da sociedade (revolução industrial).

2. Objetivos

Contextualizar historicamente o surgimento, a evolução e o uso das máquinas térmicas, associando-as em diferentes épocas, aspectos sociais, econômicos e tecnológicos.

Discutir sobre a construção de máquinas térmicas no período da revolução industrial, observando a evolução das máquinas realizando uma análise crítica das principais mudanças.

3. Recursos ou Materiais utilizados

- Imagens;
- Lousa e Giz;

4. Etapas da Aula

4.1 Introdução ao tema

No primeiro encontro, o professor deverá entregar aos alunos um material para desenvolvimento extraclasse, que conta a história contextualizada sobre o surgimento das máquinas térmicas e descreve acontecimentos marcantes decorrente de sua invenção, com o intuito de desenvolver a competência de leitura e protagonismo discente.

Caso o professor tenha aula duplas (aulas consecutivas no mesmo dia), precisará disponibilizar antecipadamente o material localizado em APÊNDICE B, aos alunos para desenvolvimento posterior, e discussão na aula dois.

4.2 Desenvolvimento da aula

Escolhemos, para essa aula, trabalhar com uma metodologia ativa, que visa introduzir o discente como peça principal no seu processo de ensino-aprendizagem.

Será proposta aqui, a metodologia da sala de aula invertida, que consiste em desenvolver a capacidade do aluno de estudar, sozinho em casa, o conteúdo disponibilizado com antecedência pelo professor, em sala, os conhecimentos são aprimorados e aprofundados.

O professor deverá realizar uma arguição com questões abertas, sobre o entendimento do texto em APÊNDICE B, para que os alunos possam socializar suas ideias.

Ao final da aula, o professor fará a demonstração do protótipo similar da “A bola de Aeolus”, para que os estudantes assimilem a principal característica de funcionamento de uma máquina térmica com a de Herón, mesmo não tendo sido encarada como um invento revolucionário, na época, vingando mais de mil e setecentos anos depois.

Caso o docente, prefira trabalhar com outros tipos de materiais, prezando o protagonismo, poderá pedir aos alunos organizarem uma linha cronológica de eventos marcantes descrito no texto do APÊNDICE B, ou podendo também os reunir em grupos para produção de cartazes para exposições e apresentações sobre o entendimento e análise do texto extraclasse, caso opte pela não realização experimental.

4.3 Atividades propostas para os alunos

O texto de apoio do APÊNDICE B, elaborado pelo próprio autor para desenvolvimento extraclasse, deve ser discutido em sala, explorando as principais informações mediante a socialização em círculo, ou da maneira que o professor achar conveniente.

Em todas as atividades de leitura e análises de textos se torna imprescindível que o docente evidencie ao aluno a importância de grifar as principais ideias e dúvidas correlatas, para evitar dificuldades no processo de assimilação das informações.

Após a leitura do texto localizada em APÊNDICE B, relate quais informações você já conhecia. Por meio de um breve relato, registre, também, o que foi novidade para você e o que achou interessante?

Em sala de aula será discutido sobre o entendimento dos alunos e levantamento dos conhecimentos prévios mediante de um questionário aberto, para que possam ter liberdade em suas colocações.

4.4 Avaliação

Será observada a participação do aluno em relação aos questionamentos realizados durante a aula da leitura e análise de texto sobre o contexto histórico do surgimento das máquinas térmicas.

5. Fontes/Referências

EducaBras. **Máquinas térmicas**. Disponível em: https://www.educabras.com/enem/materia/fisica/termologia/aulas/maquinas_termicas. Acesso em: 13 jun. 2021.

GONÇALVES, Leila. **Máquina à vapor**. UFRS. Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/vapor.htm>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MARQUES, Domiciano. **Máquinas térmicas cíclicas**. Mundo da educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/maquinas-termicas-ciclicas.htm>. Acesso em: 16 jul. 2021.

SANTOS, Marco. **Máquinas térmicas**. mundo da educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/maquinas-termicas.htm>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

TEIXEIRA, Mariane. **História das máquinas térmicas**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/historia-das-maquinas-termicas.htm>. Acesso em: 20 jul. 2021.

TOFFOLI, Leopoldo. **Exercícios sobre máquinas térmicas**. Info Escola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/maquina-termica/>. Acesso em: 17 jul. 2021.

CAPÍTULO 3 - AULA 3: FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS

1. Conteúdo

Funcionamento das máquinas térmicas em termos de ciclos fechados;
Capacidade de realização de trabalho a partir da expansão de um gás.

2. Objetivos

- Verificar a transformação de energia térmica obtida de um combustível qualquer em trabalho mecânico;
- Identificar as etapas ocorridas durante o funcionamento de uma máquina térmica.
- Analisar as transformações de energia ocorrida em cada etapa do processo termodinâmico.

3. Recursos

- Texto e Imagens;
- Giz e lousa;
- Experimento.

Para realização do experimento, serão necessários os materiais localizados no APÊNDICE 3;

4. Etapas da Aula

4.1 Introdução ao tema

Como a exemplo da última aula, será disponibilizado ao aluno material de apoio do APÊNDICE C, antecipadamente, para que seja realizada a arguição oral do assunto em casa, e ser discutido em sala de aula.

4.2 Desenvolvimento da aula

No início da aula, o professor deverá conduzir uma discussão em grupos para que os alunos possam socializar suas ideias e interpretações sobre o texto do APÊNDICE C, que deverá ser disponibilizado na aula anterior para leitura prévia. Pode-se propor ao aluno que registre alguns pontos para discussão em sala de aula:

Informações relevantes que serão estudadas em sala de aula: Transformações de energia térmica em energia mecânica; Funcionamento da máquina térmica;

Como forma de concretizar os assuntos abordados em sala de aula, o professor fará a experimentação, já pronta, aos alunos para que possam associar e relacionar a teoria com prática sobre o funcionamento de uma máquina térmica.

Os materiais necessários para produção do experimento, estão dispostos cronologicamente em APÊNDICE 3.

4.3 Atividades propostas para os alunos

Como forma de verificar o funcionamento de uma máquina térmica, na prática e assimilar os conceitos abordados em sala de aula, a experimentação no APÊNDICE 3, se torna imprescindível, utilizando materiais de fácil acesso o professor irá construir um protótipo de uma máquina térmica caseira para que possa demonstrar aos alunos, pedindo a eles no decorrer do processo a narrativa dos acontecimentos.

4.4 Avaliação

Será observada a participação do aluno em relação aos questionamentos realizados durante a aula, na leitura e análise de texto e sua participação no contexto de funcionamento das máquinas.

5. Fontes/Referências

GONÇALVES, Leila J. **Máquina à vapor**. Universidade federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/vapor.htm>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MARQUES, Domiciano. **Máquinas térmicas cíclicas**. Mundo da educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/maquinas-termicas-ciclicas.htm>. Acesso em: 16 jul. 2021.

TOFFOLI, Leopoldo. **Máquinas Térmicas**. Info Escola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/machina-termica/>. Acesso em: 11 jun. 2021.

CAPÍTULO 4 - AULA 4: RENDIMENTO DE UMA MÁQUINA TÉRMICA E O CICLO DE CARNOT

1. Conteúdo

Operação de máquinas térmicas em ciclos fechados;
Potência e rendimento em máquinas térmicas reais e ideais.

2. Objetivos

- Verificar a transformação de energia térmica, obtida de um combustível qualquer, em trabalho mecânico;
- Avaliar a capacidade de realização de trabalho a partir da expansão de um gás;
- Compreender e representar o ciclo de Carnot, entendendo-o como um ciclo idealizado;
- Avaliar a potência e o rendimento dos diferentes tipos de motores: a combustão e a vapor;

3. Recursos

- Texto e Imagens;
- Giz e lousa.

4. Etapas da Aula

4.1 Introdução ao tema

O professor deve disponibilizar material antecipadamente aos alunos como forma de fomentá-los de conhecimentos sobre o assunto a ser discutidos em sala de aula, e nesta aula terá dois apêndices de materiais para serem discutidos inicialmente sobre os refrigeradores, dando ênfase em seu funcionamento e o segundo de forma bem superficial sobre a história do automóvel, que terá um detalhamento maior em sala de aula através da demonstração.

4.2 Desenvolvimento da aula

Nos momentos iniciais será discutido e analisado o funcionamento de um refrigerador, no âmbito de uma máquina térmica, descrevendo o processo inverso em seu funcionamento.

A aula, em sua segunda parte, de maneira expositiva, o professor poderá introduzir o conceito de rendimento ou eficiência de uma máquina térmica, fazendo menções às atividades anteriores e utilizando o texto de apoio “Rendimento de uma máquina térmica”, disponibilizado no APÊNDICE C.

Após abordagens de forma conceitual sobre os ciclos termodinâmicos, faremos uma socialização sobre o funcionamento de um refrigerador, conteúdo disponibilizado para estudo extraclasse no APÊNDICE D. Com isso, será permitido que os alunos construam uma assimilação clara e coerente sobre seu funcionamento, com o auxílio dos conceitos abordados na aula anterior e do material disponibilizado a eles.

4.3 Atividades propostas para os alunos

Alguns desses questionamentos podem ser discutidos em classe:

1. Segundo Clausius, o fluxo de calor ocorre espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, isso ocorre em um sistema de refrigeração?
2. Qual a importância do gás refrigerante para o funcionamento do refrigerador?
3. De forma resumida como funciona o refrigerador?

4.4 Avaliação

Será observada a participação do aluno em relação aos questionamentos realizados na aula, durante arguição do professor, relacionados ao funcionamento dos refrigeradores, sobre ciclo de Carnot e rendimento das máquinas térmicas.

5 Fontes/Referências

CARDOSO, Mayara. **Ciclos termodinâmicos**. Info Escola. 2006. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/ciclos-termodinamicos/>. Acesso em: 16 jul. 2021.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**. 2. ed. São Paulo: ÁTICA, v. 2, 2002.

GONÇALVES, Leila. **Motor de combustão interna**. UFRS. Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/vapor.htm>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SCHULZ, Daniel. **Aprendizagem significativa de termodinâmica no ensino médio através do estudo de máquinas térmicas como tema motivador**. UFRGS. Canoas, 2009. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclos_termodinamicos.htm. Acesso em: 17 jul. 2021.

TEIXEIRA, Mariane. **História das máquinas térmicas**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/historia-das-maquinas-termicas.htm>. Acesso em: 20 jul. 2021.

CAPÍTULO 5 - AULA 5: FUNCIONAMENTO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

1. Conteúdo

Operação de máquinas térmicas em ciclos fechados.

2. Objetivos

- Identificar diferentes ciclos de funcionamento de uma máquina térmica;
- Reconhecer o refrigerador como uma máquina térmica e identificar os principais elementos, as etapas e seu ciclo de funcionamento.

3. Recursos ou Materiais utilizados

- Textos e Imagens;
- Giz e lousa.

4. Etapas da Aula

4.1 Introdução ao tema

O professor deverá disponibilizar aos alunos na aula anterior o texto e “Como funcionam os automóveis?” para leitura e interpretação em extraclasse, ou seja, em casa. Este texto está localizado no APÊNDICE E, será discutido durante o desenvolvimento da aula.

4.2 Desenvolvimento da aula

Em sala de aula será abordada de forma contextualizada e demonstrativa o funcionamento dos ciclos referentes ao material didático, enviado anteriormente. Como metodologia o professor poderá usar simulações para representar o funcionamento do motor a combustão e os ciclos termodinâmicos envolvidos.

Experimento: Uma maquete de um cilindro para representar os dois e quatro momentos dos motores abordados em sala de aula.

4.3 Atividades propostas para os alunos

É importante ressaltar que as atividades propostas nessa aula, exceto a produção de uma maquete similar ao cilindro de um motor de um carro, para sua demonstração de funcionamento nos casos de dois e quatros tempos, são apenas sugestões, seguidas dos links em cada imagem.

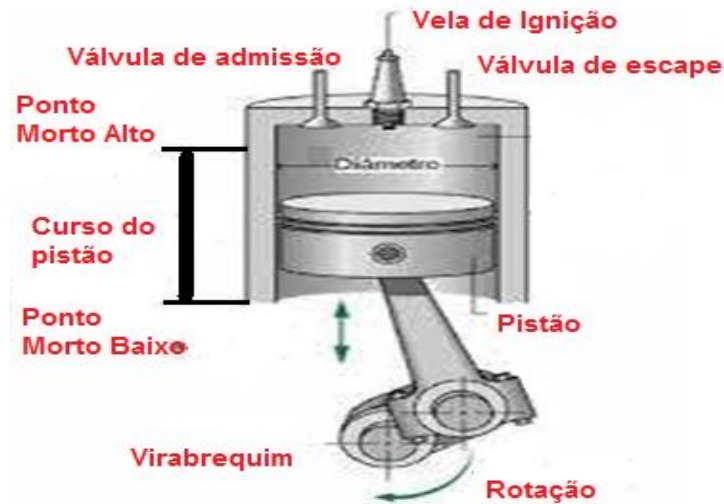


Figura 1: Monocilindro proposto para demonstração

Link para acesso da simulação: Funcionamento do Ciclo de Otto

https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_otto.htm



Figura 1: Simulação de funcionamento do Ciclo de Otto

Link para acesso da simulação: Funcionamento do ciclo de Diesel

https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclos_termodinamicos.htm

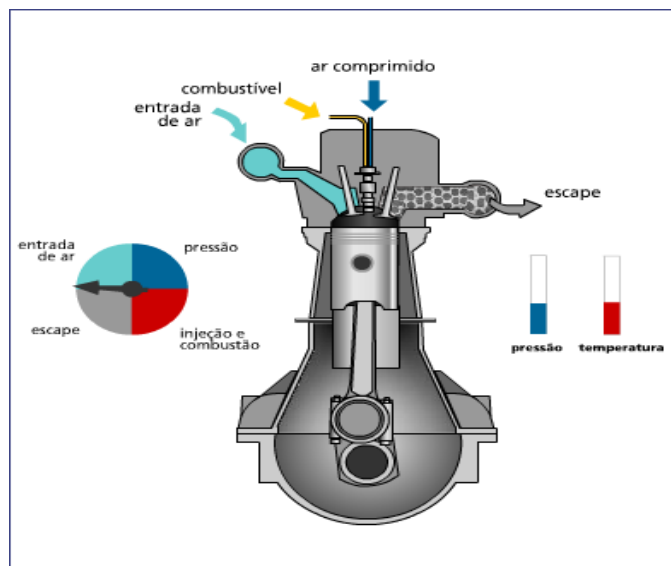


Figura 2: Simulação de funcionamento do Ciclo de Diesel

Após abordagens de forma conceitual sobre os ciclos termodinâmicos, faremos uma socialização sobre o funcionamento de um refrigerador, conteúdo disponibilizado para estudo extraclasse no APÊNDICE E. Com isso, será permitido que os alunos construam uma assimilação clara e coerente sobre seu funcionamento, com o auxílio dos conceitos abordados na aula anterior e do material disponibilizado a eles.

Para aprofundamento em sala de aula o professor poderá optar em realizar a exemplificação dos conceitos de funcionamento de um motor a combustão interna, através de uma simulação ou na produção de uma maquete similar, representando o trabalho realizado pelo pistão, para demonstração, caso não tenha acesso a tecnologia ou laboratório de informática. Caso seja utilizada a opção de demonstração, as orientações seguintes podem auxiliar a formatação da atividade.

A Figura 3 representa a ilustração do cilindro para demonstração em sala e a Figura 4 mostra os quatro tempos de funcionamento do cilindro, completando um ciclo de funcionamento.

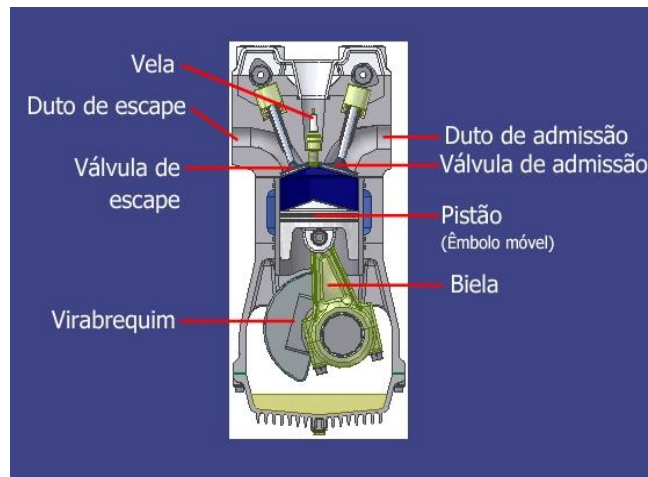


Figura 3: Descrição de componentes internos de um cilindro de motor

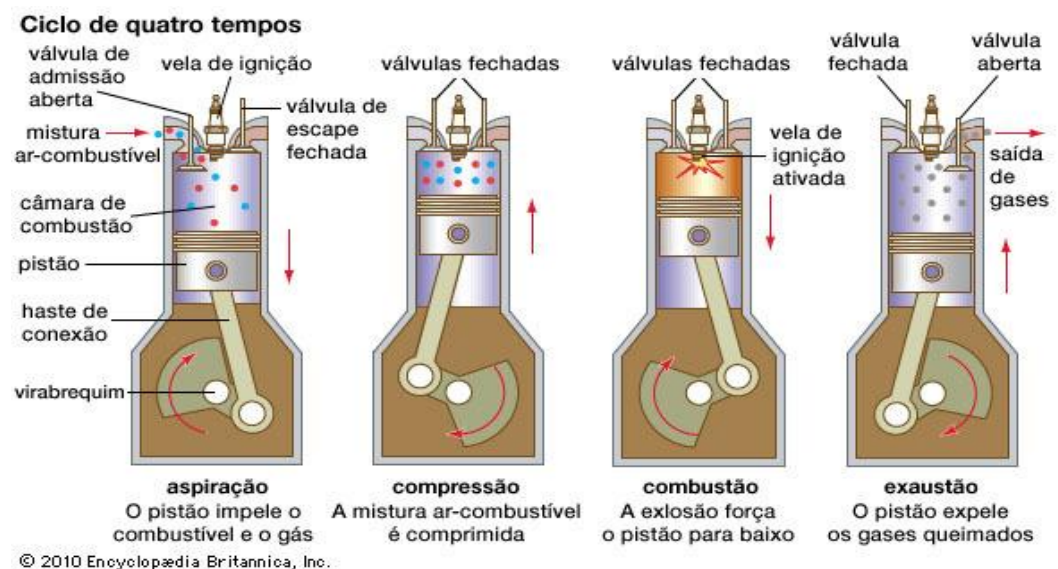


Figura 4: Modelo de funcionamento cilíndrico de um motor de quatro tempos

A Tabela 1 mostra, separadamente, o que ocorre em cada um dos quatro tempos de funcionamento do cilindro, representado na Figura 4.

Primeiro tempo	Admissão	Acontece o movimento do pistão do Ponto Morto Alto para o Ponto Morto Baixo, com a válvula de admissão aberta. Ou seja, a válvula de admissão é puxada pelo Virabrequim, uma mistura de ar e gasolina entra pela válvula para ser aspirada para dentro da câmara de combustão, chegando até o ponto morto baixo, fechando assim a válvula de admissão.
Segundo tempo	Compressão	O movimento do pistão do ponto morto sobe para o ponto morto alto acontece com as duas válvulas fechadas. O pistão comprime a mistura de ar e combustível.
Terceiro tempo	Explosão	Acontece a ignição, quando a vela produz a faísca, empurrando assim o pistão para baixo, fazendo com que ele atinja o ponto morto baixo.
Quarto tempo	Exaustão	Corresponde à subida do pistão do ponto morto baixo para o ponto morto alto com a válvula de escape aberta, isso é, a mistura ar combustível foi queimada, mais restam alguns resíduos que são retirados, com a abertura da válvula de escape.

Tabela 1: Descrição de funcionamento do motor de quatro tempos

A Figura 5 mostra os momentos de motor de dois tempos e a Tabela 2 resume o que ocorre no interior de um pistão deste tipo de motor.

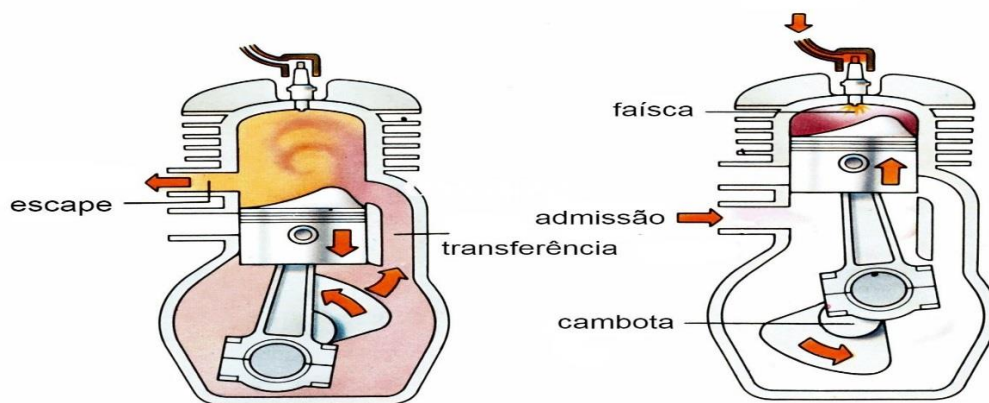


Figura 5: Representação de um Motor de dois tempos

1º tempo	Compressão	A mistura de gasolina e ar explode e empurra o pistão para baixo, uma nova mistura entra no cârter pela janela de admissão.
	Admissão	O êmbolo empurra a mistura nova para a janela de transferência e começa a abrir a janela de escape.
2º tempo	Escape	A janela de transferência é aberta, passando a mistura para a parte superior do

		cilindro o que ajuda a expulsar os gases.
	Transferência de calor	O êmbolo sobe, fechando a janela de escape comprimindo a mistura na vela, ocasionando uma vaísca, repetindo, assim, o ciclo novamente.

Tabela 2: Descrição de funcionamento do motor de dois tempos

As principais diferenças, suas vantagens e desvantagens desses motores

A diferença fundamental está na construção e no seu método de funcionamento. A construção dos motores de dois tempos é muito mais simples, porém sua produção é mais complexa do que os de quatro tempos.

Os motores de dois tempos possuem uma explosão a cada giro do eixo central. Podem funcionar em diversas posições, são leves e eficazes em determinadas condições e possuem menor custo de produção. No entanto, não são muito aplicados em carros e caminhões pois sua eficiência diminui quando variam as condições de rotação, altitude e temperatura. Os motores chamados dois tempos são encontrados em equipamentos e veículos como jet-skis, aeromodelos, motosserras, entre outros. Eles não possuem válvulas de admissão e escapamento, simplificando a construção e reduzindo de forma relevante o seu peso.

Já nos motores quatro tempos a combustão ocorre nos intervalos dos giros, o que promove um ganho relevante de potência. Os motores quatro tempos são encontrados em carros e caminhões. São movidos à gasolina e diesel e são classificados como motores de combustão interna. Entre as desvantagens, podem ocorrer problemas com o fluxo de óleo.

Como finalização, para as possíveis considerações e solução de dúvidas o docente poderá utilizar a plataforma Mozaik3D app, Apêndice 5, que demonstra de forma simples e detalhada o funcionamento dos motores nos diferentes ciclos, de forma tridimensional.

4.4 Avaliação

Será observada a participação do aluno em relação aos questionamentos realizados na aula, durante a arguição do professor, relacionados ao funcionamento motores de combustão interna de dois e quatro tempos.

5. Fontes/Referências

CAVALCANTE, Kleber. **Entendendo o motor de um carro**. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/enetendendo-motor-um-carro.htm>. Acesso em: 20 jul. 2021.

GONÇALVES, Leila J. **Refrigerador**. UFRS. Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/vapor.htm>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SCHULZ, Daniel. **Aprendizagem significativa de termodinâmica no ensino médio através do estudo de máquinas térmicas como tema motivador**. UFRGS. Canoas, 2009. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclos_termodinamicos.htm. Acesso em: 17 jul. 2021.

SILVEIRA, Fernando. **Máquina térmicas à combustão interna de Otto e Diesel**. UFRGS. Rio Grande do Sul. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/fis183/textos/maquinas/maquinas.html#:~:text=As%20m%C3%A1quinas%20%C3%A0%20combust%C3%A3o%20interna,m%C3%A1quina%20Otto%20\(ou%20Diesel\)](http://www.if.ufrgs.br/fis183/textos/maquinas/maquinas.html#:~:text=As%20m%C3%A1quinas%20%C3%A0%20combust%C3%A3o%20interna,m%C3%A1quina%20Otto%20(ou%20Diesel)). Acesso em: 26 jun. 2021.

CAPÍTULO 6 - AULA 6: RESOLUÇÃO CONTEXTUALIZADA DE PROBLEMAS

1. Conteúdo

Resolução contextualizada de problemas relacionados aos temas abordados nas aulas anteriores.

2. Objetivos

- Realizar a construção de mapa cognitivo através conhecimentos obtidos acerca das máquinas térmicas.

3. Recursos ou Materiais utilizados

- Giz e lousa

4. Etapas da Aula

4.1 Introdução ao tema

Na última aula da sequência didática proposta, deverá ser investigado os conhecimentos adquiridos pelos alunos. Para isso, serão utilizadas perguntas dissertativas e abertas para que o aluno possa expor suas ideias com liberdade, as questões serão entregues com antecedência (na aula anterior), para que o aluno realize em casa e possa colocar em prática os conceitos vistos em classe, havendo posteriormente, uma socialização geral das respostas junto ao professor. A atividade será composta por nove questões no total, com o objetivo de aferir as competências e habilidades trabalhadas em toda a sequência didática.

4.2 Desenvolvimento da aula

Já em sala de aula, como segunda parte de avaliação dessa sequência didática, será imposto para os alunos, em sala de aula, após a discussão das dificuldades encontradas nos exercícios extraclasse no APÊNDICE F, será produzido pelos discentes um mapa cognitivo, sobre seus conhecimentos adquiridos no contexto das máquinas térmicas, que servirá de comparações para o professor do primeiro mapa produzido na aula um, sobre os conhecimentos prévios dos alunos. Nesta etapa é importante o aluno ser independente em suas colocações para melhores resultados.

4.3 Atividades propostas para os alunos

O aluno precisará ser orientado pelo professor na produção do mapa conceitual (Apêndice G), para que os organize todos os conceitos aprendidos em sala, caso seja necessário, autorize-os utilizarem as anotações realizadas e textos do material de apoio.

Como proposta inicial da sequência, será discutida as situações problemas, localizadas nos APÊNDICES A e F, como forma de avaliar novas informações na estrutura cognitiva do aluno.

4.4 Avaliação

Será observada a participação do aluno em relação aos questionamentos, objetivos e abertos e a produção do mapa cognitivo realizado em aula averiguando a capacidade de resolver situações problemas que envolvam as máquinas térmicas e a contextualização do assunto estudado.

5. Fontes/Referências

HELERBROCK, Rafael. **Exercícios sobre o rendimento de máquinas térmicas**. Brasil Escola. Disponível em: <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-o-rendimento-de-maquinas-termicas.htm>. Acesso em: 19 jul. 2021.

SILAS, Joab. **Exercícios sobre máquinas térmicas**. Brasil Escola. Disponível em: <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-maquinas-termicas.htm>. Acesso em: 19 jul. 2021.

TOFFOLI, Leopoldo. **Exercícios sobre máquinas térmicas**. Info Escola. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/maquina-termica/>. Acesso em: 17 jul. 2021.