



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA**

SEVERINO RAMOS BEZERRA

**MOTORES A COMBUSTÃO:
UMA PROPOSTA DE ENSINO DA TERMODINÂMICA**

**CAMPINA GRANDE
2023**

SEVERINO RAMOS BEZERRA

**MOTORES A COMBUSTÃO:
UMA PROPOSTA DE ENSINO DA TERMODINÂMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Área de concentração: Física Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Lourivaldo Mota Lima.

**CAMPINA GRANDE
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B574m Bezerra, Severino Ramos.

Motores a combustão uma proposta de ensino da termodinâmica [manuscrito] / Severino Ramos Bezerra. - 2023.

70 p. : il. colorido.

Digitado. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024. "Orientação : Prof. Dr. Lourivaldo Mota Lima, Coordenação do Curso de Física - CCT. "

1. Termodinâmica. 2. Motores de combustão interna. 3. Ensino médio. I. Título

21. ed. CDD 536.7

SEVERINO RAMOS BEZERRA

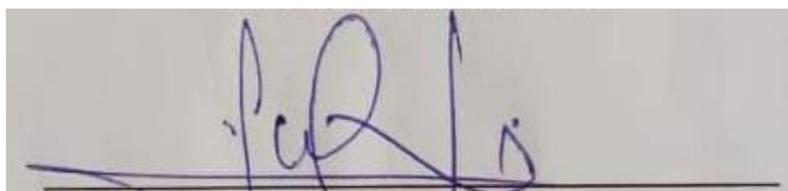
MOTORES A COMBUSTÃO:
UMA PROPOSTA DE ENSINO DA TERMODINÂMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Área de concentração: Física Aplicada.

Aprovada em: 30/06/2023.

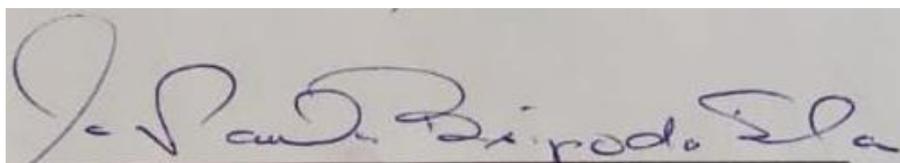
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Lourivaldo Mota Lima (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Alex da Silva (Examinador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva (Examinadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho a minha filha, Maria Laura Santos Ramos, e a minha esposa, Marilene Gomes Santos Ramos. Aos meus pais, irmãos, sobrinhos e amigos do período que compreendeu à graduação.

AGRADECIMENTOS

A todos que fazem parte da instituição (UEPB), professores, técnicos e funcionários em geral. Em especial, meu orientador prof. Dr. Lourivaldo Mota Lima que embarcou neste desafio comigo; a prof.^a. Dra. Ana Paula Bispo da Silva; ao prof. Dr. Alex da Silva; a prof.^a. Dra. Tamara Pereira R. de Oliveira de Lima e Silva; e ao prof. Dr. Jean Paulo Spinelly da Silva.

A minha mãe, Severina dos Santos Bezerra que é a minha fortaleza; ao meu pai, Otacílio Francisco Bezerra que é minha inspiração; a minha esposa, Marilene Gomes Santos Ramos que é companheira em todos os momentos que estivemos juntos; a minha filha, Maria Laura Santos Ramos, que é minha maior fortuna; a minhas irmãs: Maria José dos Santos Bezerra Guedes, Maria da Guia dos Santos Bezerra, Maria Ednalva dos Santos Bezerra, Maria Ednaura dos Santos Bezerra, Maria Cristina dos Santos Bezerra, que sempre me deram força para continuar, incentivando a não desistir desta caminhada.

Em especial, quero agradecer a meu irmão, Isaías dos Santos Bezerra, que está sempre junto comigo e ao meu irmão, Edinaldo Santos Bezerra que, mesmo estando longe, me dá muita força para continuar nos meus estudos.

Aos meus sobrinhos e sobrinhas; ao meu sogro, Manuel Alves dos Santos; a minha sogra, Maria José Gomes Santos; aos meus cunhados e cunhadas.

Ao meu amigo, Luciano dos Reis Silva, que me deu força para chegar até aqui; aos meus amigos de curso: Marcus Vinícius Barros de Azevedo; Gerson Gonçalves; Emanuel Wallison de O. Costa; Fabiano de Albuquerque Raposo; Wesley Balbino Barros; Davi Cardoso da Silva; Anderson Hermes Cabral da Rocha.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de ensino da termodinâmica para alunos da segunda série do Ensino Médio, utilizando como base a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e uma sequência didática estruturada em três momentos pedagógicos. A proposta visa tornar o aprendizado da termodinâmica mais significativo, contextualizado e interdisciplinar. A sequência didática proposta é composta por distintos momentos pedagógicos, que buscam desenvolver diferentes habilidades e explorar múltiplas dimensões do conhecimento. Nesse caso, espera-se que os alunos sejam incentivados a refletir sobre as implicações de suas decisões e buscar alternativas mais sustentáveis. Ao integrar a sequência didática baseada em três momentos pedagógicos com a abordagem CTSA, essa proposta de ensino da termodinâmica visou proporcionar uma aprendizagem significativa, que vai além dos conceitos teóricos, e estimular o desenvolvimento de habilidades como análise crítica, resolução de problemas e tomada de decisões conscientes. Pretendeu-se, portanto, despertar o interesse dos alunos, promover a interdisciplinaridade e prepará-los para enfrentar os desafios científicos, tecnológicos, sociais e ambientais do mundo contemporâneo.

Palavras-Chave: termodinâmica; arrefecimento; motores de combustão; abordagem CTSA.

ABSTRACT

This study presents a proposal for teaching thermodynamics to second-year high school students, based on the CTSA approach (Science, Technology, Society and Environment) and a didactic sequence structured in three pedagogical moments. The proposal aims to make the learning of thermodynamics more meaningful, contextualized and interdisciplinary. The proposed didactic sequence is composed of three distinct pedagogical moments, which seek to develop different skills and explore multiple dimensions of knowledge. In this case, it is expected that students will be encouraged to reflect on the implications of their decisions and seek more sustainable alternatives. By integrating the didactic sequence based on three pedagogical moments with the CTSA approach, this proposal for teaching thermodynamics aimed to provide meaningful learning, which goes beyond theoretical concepts, and stimulate the development of skills such as critical analysis, problem solving and decision making. Conscious decisions. It was intended, therefore, to arouse the students' interest, promote interdisciplinary and prepare them to face the scientific, technological, social and environmental challenges of the contemporary world.

Keywords: thermodynamics; cooling; combustion engines; STSE approach.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mecanismo biela-manivela.....	16
Figura 2 - Ponto Morto Superior (PMS) e Ponto Morto Inferior (PMI).....	16
Figura 3 - Os quatro tempos do motor de ignição comandada.....	19
Figura 4 - Câmara de combustão de Motor de Ignição Espontânea.....	21
Figura 5 - Os quatro tempos do motor.....	22
Figura 6 - Motor de dois tempos (2T) de ignição por faísca.....	23
Figura 7 - Motor arrefecido por deslocamento do veículo.....	24
Figura 8 - Componentes de um motor a ar por circulação forçada.....	25
Figura 9 - Marcador de temperatura do motor de modelo VW Gol.....	30
Figura 10 - Uma célula de ponto triplo.....	31
Figura 11 - Folga para compensar o aumento de comprimento das válvulas.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores típicos de Temperatura de Ignição.....	21
Tabela 2 - Valores Típicos de Taxa de Compressão (VR).....	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTSA	Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente
FA	Fluxo Ativo
IBPT	Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
MCI	Motor de Combustão Interna
MIE	Motores de Ignição Espontânea
HCSI	Motores de Ignição por Faísca
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PMI	Ponto Morto Inferior
PMS	Ponto Morto Superior
STSE	Science Technology Societ and Environment
SI	Sistema Internacional de Unidades
TA	Temperatura de autoignição
ECU	Unidade de Controle Eletrônico
BTU	Unidade Térmica Britânica
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Alfa - coeficiente de dilatação linear
XVII	Algarismo romano de valor dezessete
XIX	Algarismo romano de valor dezenove
XVIII	Algarismo romano de valor dezoito
β	Beta - coeficiente de dilatação volumétrica
ϵ	Épsilon - quantidade que tende a zero
δ	Delta
$^{\circ}\text{C}$	Grau na escala Celsius
$^{\circ}\text{F}$	Grau na escala Fahrenheit
J	Joule - unidade de energia
K	Kelvin - unidade de temperatura
π	Pi - constante numérica de valor igual a 3,14159265358979323846...
%	Porcentagem
+	Símbolo de adição
=	Símbolo de igualdade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA	14
2.1	Motores de combustão interna	15
2.1.1	Princípio de funcionamento de um motor a combustão interna.....	15
2.1.2	Motores de Ignição por Faísca ou Otto - MIF.....	18
2.1.2.1	<i>Admissão</i>	19
2.1.2.2	<i>Compressão</i>	19
2.1.2.3	<i>Expansão ou tempo do motor</i>	20
2.1.2.4	<i>Escape</i>	20
2.1.3	Motores de Ignição Espontânea ou do Ciclo Diesel - MIE.....	20
2.1.4	Classificação dos motores alternativos quanto ao número de tempos do ciclo de operação.....	22
2.1.4.1	<i>Motores alternativos de quatro tempos (4T)</i>	22
2.1.4.2	<i>Motores alternativos de dois tempos (2T)</i>	23
3	SISTEMA DE ARREFECIMENTO DO MCI	24
3.1	Tipos de sistema de arrefecimento	24
3.1.1	Arrefecimento a ar.....	24
3.1.2	Arrefecimento a líquido por termosifão.....	26
3.1.3	Arrefecimento a líquido por circulação forçada.....	26
3.2	Partes importantes do sistema de arrefecimento	27
3.2.1	Tampa do “radiador”.....	27
3.2.2	Bomba d’água.....	28
3.2.3	Eletroventilador.....	28
3.2.4	Reservatório de expansão.....	28
3.3	Termodinâmica e o sistema de arrefecimento	29
3.3.1	Conceitos fundamentais da termodinâmica.....	32
3.3.1.1	<i>Temperatura</i>	32
3.3.1.2	<i>Dilatação térmica</i>	32
3.3.1.3	<i>Dilatação linear</i>	32
3.3.1.4	<i>Dilatação volumétrica</i>	34
3.3.1.5	<i>Calor específico</i>	35

4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE ABORDAGEM CTSA, TERMODINÂMICA E MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA.....	37
4.1	As abordagens CTS/CTSA no ensino de Ciências.....	37
4.1.1	Os motores de combustão interna e a termodinâmica.....	38
4.1.2	Calor e seu equivalente mecânico.....	39
5	PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO.....	41
5.1	Proposta didática.....	41
5.1.1	Problematização inicial.....	41
5.1.2	Organização do conhecimento.....	41
5.1.3	Aplicação do conhecimento.....	42
6	METODOLOGIA.....	43
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICE A - IDENTIFICAÇÃO.....	48
	APÊNDICE B - SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	53

1 INTRODUÇÃO

As abordagens para o ensino de ciências exigem cada vez mais das instituições escolares e corpo docente no sentido de aproximar os contextos tecnológico, cultural, social e ambiental dos alunos com os assuntos inerentes às aulas. De acordo com o PCN "... a aprendizagem na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias indica a compreensão e a utilização dos conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo, bem como planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade" (PCN, p 20). Sabemos que o conhecimento científico não é algo construído por um só indivíduo, mas sim por diversos indivíduos, em que os conhecimentos adquiridos ao longo do tempo procuram explicar as leis da natureza em seus vários aspectos. A história das ciências permite desmistificar sobre a ideia de uma ciência pronta e acabada, contribui no processo de formação de indivíduos críticos e conscientes sobre "que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações" (MATTHEWS, 1995, P. 172).

Não é o objetivo aqui dissertar sobre a história das ciências, mas achamos ser pertinente justificar sobre a necessidade de mencionar alguns momentos históricos relacionados com o surgimento e desenvolvimento das máquinas térmicas. Nesse sentido será abordado em breves sínteses sobre o contexto histórico das máquinas térmicas desde seu surgimento até os dias atuais. Acreditamos que a partir do conhecimento sobre as máquinas térmicas é possível analisar o comportamento dos gases no interior de um cilindro, trabalho, energia, dilatação volumétrica, capacidade térmica dos materiais, condução de calor, conceito de temperatura e calor, etc. Procuramos mostrar que é possível ensinar assuntos da termodinâmica a partir do conhecimento inerente às máquinas térmicas em uma abordagem CTSA. Neste trabalho, sugerimos a física aplicada ao sistema de arrefecimento ou resfriamento dos motores de combustão interna como material didático para ensinar assuntos relativos à termodinâmica.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

No nosso dia a dia, dispomos de diversos transportes que geralmente nos proporcionam conforto e agilidade, deslocando-nos com rapidez, segurança e praticidade. Certamente todos nós já utilizamos algum tipo de transporte para irmos à escola, ao trabalho ou mesmo para fazermos uma viagem, e também, em algum momento, já observamos no trânsito pessoas em seus automóveis. De acordo com o estudo feito pelo Instituto Brasileiro de Planejamento e Tributação (IBPT), atualmente no Brasil temos uma frota circulante de 65,8 milhões de veículos e que, desse total, 41,2 milhões (62,65%) são de automóveis (IBPT,2018). Apesar desse número, percebemos que são poucas as pessoas que conhecem o funcionamento e os cuidados relativos à manutenção de um motor de carro, trator, motocicleta, barcos, locomotivas, ou seja, são poucas as pessoas que conhecem o funcionamento dos motores a combustão, mas possivelmente já presenciaram alguém parado ao lado de seu carro com problemas.

Por fazer parte do setor de reparação de automóveis, me deparei com vários problemas de motores na oficina onde trabalho, em especial problemas relacionados com superaquecimento de motores. Após conversar com alguns proprietários de automóveis, notei que muitos não têm conhecimentos básicos sobre o funcionamento e importância da manutenção do sistema de arrefecimento desses motores. Mediante isso, o tema proposto tem relação direta com sociedade, tecnologia e meio ambiente, uma vez que as máquinas térmicas contribuíram para grandes transformações na sociedade do século XVII e continuam sendo de grande importância para a sociedade atual. Mas, atualmente, líderes mundiais discutem sobre o uso desse tipo de máquina, pois apesar delas contribuírem para a economia mundial e para a vida social das pessoas, cientistas alertam que esse tipo de máquina apresenta pontos negativos no que diz respeito ao seu uso. Por seu funcionamento depender de combustíveis fósseis, elas emitem gases tóxicos de efeito estufa na atmosfera contribuindo para o aumento da temperatura do planeta, e da má qualidade do ar que respiramos, além de causar mudanças climáticas. Nesse sentido, resolvi fazer uma proposta de ensino da termodinâmica baseada em problemas de arrefecimento de motores de combustão interna com ênfase em abordagens CTSA.

2.1 Motores de combustão interna

O motor de combustão interna é uma máquina capaz de transformar energia térmica em trabalho. Sobre as máquinas térmicas, Brunetti (2012) define como “...dispositivos que permitem transformar calor em trabalho”.

Para Oliveira e Rosa (2003, p.12), o motor de combustão interna é um conjunto de peças mecânicas e elétricas, cuja finalidade é produzir trabalho pela força de expansão resultante da queima da mistura de ar com combustível, no interior de cilindros fechados.

Há vários tipos de motores de combustão interna e podemos destacar os dois principais tipos: os rotativos e os alternativos. Entre os motores alternativos, existem os motores do ciclo Otto e ciclo diesel. Por outro lado, dentre os motores rotativos estão os motores como o Wankel e turbinas a gás de ciclo aberto. Nesse trabalho daremos ênfase aos motores alternativos de ciclo Otto e ciclo diesel.

2.1.1 Princípio de funcionamento de um motor a combustão interna

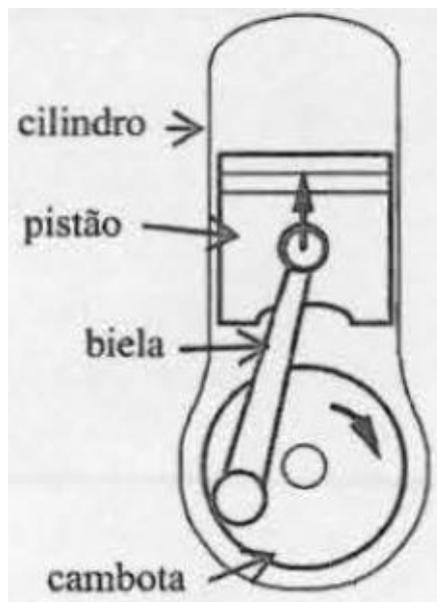
Segundo Martins (2006, p. 5), o motor de combustão interna aproveita o aumento de pressão resultante da combustão da mistura de ar e combustível para imprimir um movimento de rotação ao veio do motor, também conhecido por cambota. O motor é constituído por um ou mais cilindros, dentro dos quais deslizam pistões, ligados a uma árvore de manivelas, pelas bielas.

Se fizermos rodar a cambota, os pistões sobem e descem nos diversos cilindros. Inversamente, o pistão submetido a elevadas pressões, faz rodar a cambota. Para que o motor não pare quando um pistão estiver a comprimir ar num cilindro, ou para que não tenha um andamento muito irregular, uma extremidade da cambota é munida de um volante que serve para regularizar o funcionamento do motor.

Ainda segundo Martins (2006, p. 5), o ponto mais alto que o pistão pode atingir dentro do cilindro denomina-se Ponto Morto Superior ou PMS. Ao ponto mais baixo chama-se Ponto Morto Inferior ou PMI. A distância percorrida pelo pistão entre os dois pontos mortos designa-se por curso, e o raio da manivela é igual a metade desse.

O mecanismo biela-manivela e suas partes, conforme a Figura 1, abaixo:

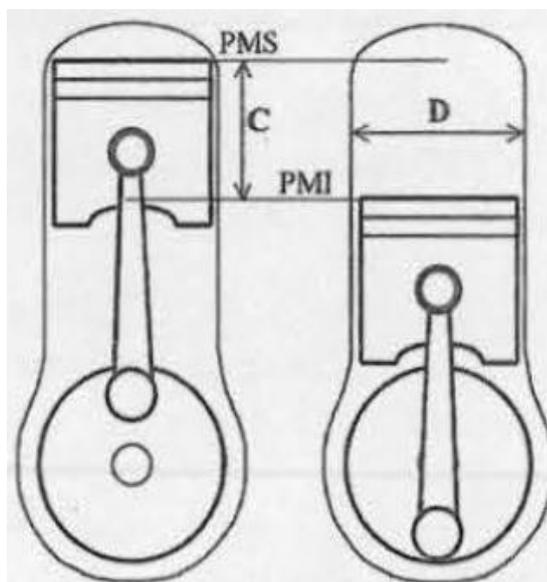
Figura 1 – Mecanismo biela-manivela



Fonte: MARTINS (2006)

Na Figura 2, abaixo, podemos verificar as posições do Ponto Morto Superior (PMS) e Ponto Morto Inferior (PMI) que o pistão pode assumir:

Figura 2 - Ponto Morto Superior (PMS) e Ponto Morto Inferior (PMI)



Fonte: MARTINS (2006)

Quando o pistão desce desde PMS até PMI, ele “varre” um volume correspondente a um cilindro cuja base é a sua secção e a altura é o curso do pistão, chamado volume varrido ou cilindrada. À soma dos volumes varridos de todos os cilindros dá-se o nome de cilindrada do motor. Se um motor tiver um número N de cilindros de diâmetro D, e curso C, a sua cilindrada será dada pela seguinte equação:

$$\text{Cilindrada} = N \cdot C \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

Conforme Martins (2006, p. 6), quando o pistão se desloca do PMS, existe um espaço morto por cima da cabeça do pistão. É nesse volume que se inicia a combustão e por isso se denomina câmara de combustão de combustível. Para se determinar o seu volume, basta enchê-la de óleo (ou de um outro líquido através do orifício da vela ou do injetor), com a ajuda de uma proveta ou seringa graduada, quando o pistão se encontrar no PMS. Se dividirmos o volume total por cima da cabeça do pistão, quando este está em PMI, pelo valor quando ele está em PMS, obtemos a taxa de compressão ϵ do motor, em que V_{cc} é o volume da Câmara de combustão e $V_{varrido}$ é o volume varrido (MARTINS, 2006, p. 6). A taxa de compressão (ϵ) é dada pela seguinte equação:

$$\epsilon = \frac{V_{PMI}}{V_{PMS}} = \frac{V_{varrido} + V_{CC}}{V_{CC}}$$

Durante o processo de compressão ocorre um aumento da pressão e temperatura devido à diminuição do volume, e esse aumento de temperatura faz aumentar ainda mais a pressão dos gases no interior do cilindro. Assim, a pressão dos gases no final da compressão é superior à calculada somente pelo quociente geométrico dos volumes varridos e da câmara de combustão, pois devemos considerar uma compressão politróica¹ de expoente próximo de 1,4 (MARTINS, 2006, p. 6).

Os motores de combustão interna mais utilizados são os motores a gasolina e a diesel. Esses motores são chamados de motor de ignição comandada e, no caso dos motores a gasolina, a sua combustão é iniciada (dentro da câmara de

combustão) por uma descarga elétrica de elevada tensão. O motor de ignição por compressão não tem sistema de preparação da mistura exterior nem sistema de ignição. Ele aspira ar puro que, submetido à elevada pressão atingida no final da compressão, atinge uma temperatura suficiente para garantir a inflamação do combustível – gasóleo - à medida que é injetado no seio do ar. Como o ar se encontra a elevada pressão, é necessário que o combustível seja introduzido a uma pressão ainda superior, para o qual é indispensável o uso de um sistema de injeção à alta pressão (MARTINS, 2006).

2.1.2 Motores de Ignição por Faísca ou Otto – MIF

Nos motores de ciclo Otto, o processo químico exotérmico de oxidação do combustível admitido, previamente ou formado no interior do cilindro (quando se trata de injeção direta), inicia-se por faísca.

Nesses motores, a mistura de ar e combustível é admitida para dentro do cilindro, previamente dosada ou formada dentro do interior do cilindro quando há injeção direta de combustível, ou gasoline direct injection (GDI), e inflamada por uma faísca que ocorre entre os eletrodos da vela. (BRUNETTI, 2012. p. 34).

O motor de combustão interna mais simples é o motor a gasolina, que se denomina motor de ignição comandada ou ignição por faísca, pois a sua combustão inicia-se por uma descarga elétrica de elevada tensão (faísca dentro da câmara de combustão).

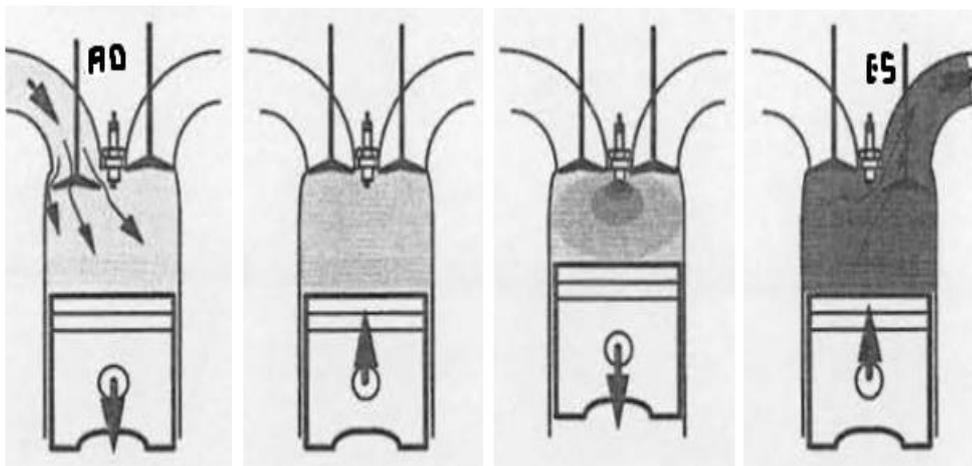
Esse tipo de motor possui quatro tempos em seu ciclo (admissão, compressão, explosão-expansão e escape). Existem duas válvulas (pelo menos) na parte superior do cilindro, a culassa, que podem ser abertas ou fechadas por um mecanismo (MARTINS, 2006).

Essas duas válvulas são chamadas de: Válvula de Admissão (AD) e Válvula de Escapamento (ES). No primeiro tempo a Válvula de Admissão possui a função de liberar ou bloquear a passagem de uma mistura de ar e combustível para o interior do cilindro, proveniente do sistema de alimentação (MARTINS, 2006). Já a Válvula de Escapamento possui a função de liberar ou bloquear a passagem que comunica o interior do cilindro com o sistema de escapamento. (MARTINS, 2006).

A Figura 3 mostra os quatro tempos desse tipo de motor:

Figura 3 – Os quatro tempos do motor de ignição comandada

(a) Admissão (b) Compressão (c) Explosão-expansão (d) Escape



Fonte: MARTINS, J (2006)

2.1.2.1 Admissão

Nesse tempo (estágio), a válvula AD está aberta e a válvula ES, fechada. O pistão realiza um curso descendente. Esse movimento provoca uma pressão negativa no interior do cilindro, o que faz a mistura proveniente do sistema de alimentação ser conduzida para o interior do cilindro quando o pistão é movimentado do PMS ao PMI.

2.1.2.2 Compressão

Com as válvulas AD e ES, ambas fechadas, o pistão realiza um movimento ascendente do PMI ao PMS, comprimindo os gases que antes foram admitidos durante a admissão. Essa compressão vai elevar a temperatura e a turbulência da mistura. Nessas condições, a combustão será mais completa, liberando mais calor, porém liberando uma menor quantidade de produto não queimado extremamente poluente. No entanto, a temperatura no final da compressão precisa ficar abaixo da temperatura de autoignição da mistura.

2.1.2.3 Expansão ou tempo do motor

Quando a compressão é completada, ou seja, o pistão chega ao PMS. Uma faísca elétrica é lançada entre os eletrodos da vela na câmara de combustão. A mistura, já aquecida e comprimida, queima rapidamente (explosão). A pressão obtida é muito elevada, o que faz com que o pistão retorne de forma violenta do PMS ao PMI. É essa descida do pistão que impulsiona o veio do motor, sendo a única altura em que o motor fornece trabalho. Chama-se, por isso, tempo do motor.

2.1.2.4 Escape

A válvula de escape (ES) abre-se no final do tempo do motor (em PMI) e os gases queimados escoam-se por ela com grande velocidade. O pistão, no seu movimento ascendente, vai limpar o interior do cilindro dos gases queimados, sendo a válvula de escape fechada, onde as suas ondas sonoras são amortecidas, os gases queimados são descarregados na atmosfera. O ciclo é o conjunto desses quatro tempos ou estágios: admissão, compressão, expansão e escape. Nesse tipo de motor, os quatro estágios realizam-se em quatro tempos, ou seja, em quatro cursos do pistão, ou duas rotações. Note-se que, num motor a quatro tempo, apenas há um tempo motor, o que ocasiona que um motor monocilíndrico necessite de um grande volante, capaz de arrastar a cambota durante três tempos (1,5 rotações) sem baixar demasiadamente a sua velocidade (MARTINS, 2006).

2.1.3 Motores de Ignição Espontânea ou do Ciclo Diesel - MIE

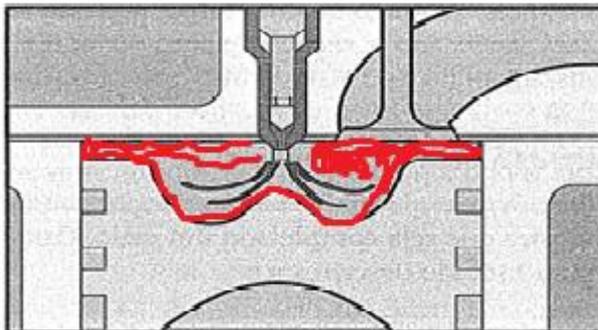
Nesses motores, o alto nível de pressão e temperatura do ar admitido no interior do cilindro são determinantes para que, no momento da injeção de combustível ocorra o processo de reação de queima espontânea do combustível em contato com o oxigênio presente no ar aquecido, já que, com o aumento da pressão há um aumento da temperatura, ao passo que ocorre a condição de temperatura de autoignição do combustível.

Nesses motores, o pistão comprime ar, até atingir uma temperatura suficientemente elevada. Quando o pistão se aproxima do PMS, injeta-se o combustível que reage espontaneamente com o oxigênio presente no ar

quente, sem a necessidade de uma faísca. A temperatura do ar necessária para que aconteça a reação espontânea do combustível denomina-se “temperatura de autoignição” (TAI). (BRUNETT, 2012. p. 35).

A Figura 4, abaixo, mostra a câmara de combustão (destaque em vermelho), típica de Motores de Ignição Espontânea (MIE):

Figura 4 - Câmara de combustão de Motor de Ignição Espontânea



Fonte: Elaborado por Bezerra, S Ramos (2023)

Na Tabela 1 e na Tabela 2 são mostrados, respectivamente, alguns valores típicos de Temperatura de Ignição (TAI) e alguns valores para taxa de compressão:

Tabela 1 - Valores típicos de Temperatura de Ignição

Temperatura de Autoignição (TAI) em °C.

Diesel	Etanol Hidratado	Metanol	Gasolina E22
250	420	478	400

Fonte: Brunetti, Franco (p. 35, 2012)

Tabela 2 - Valores Típicos de Taxa de Compressão (VR)

Taxa de Compressão (VR)

MIF		MEI
Etanol Hidratado	Gasolina E22	Diesel
10,0 : 1 até 14,0 : 1	8,5 : 1 até 13,0 : 1	15,0 : 1 até 24,0 : 1

Fonte: Brunetti, Franco (p. 35, 2012)

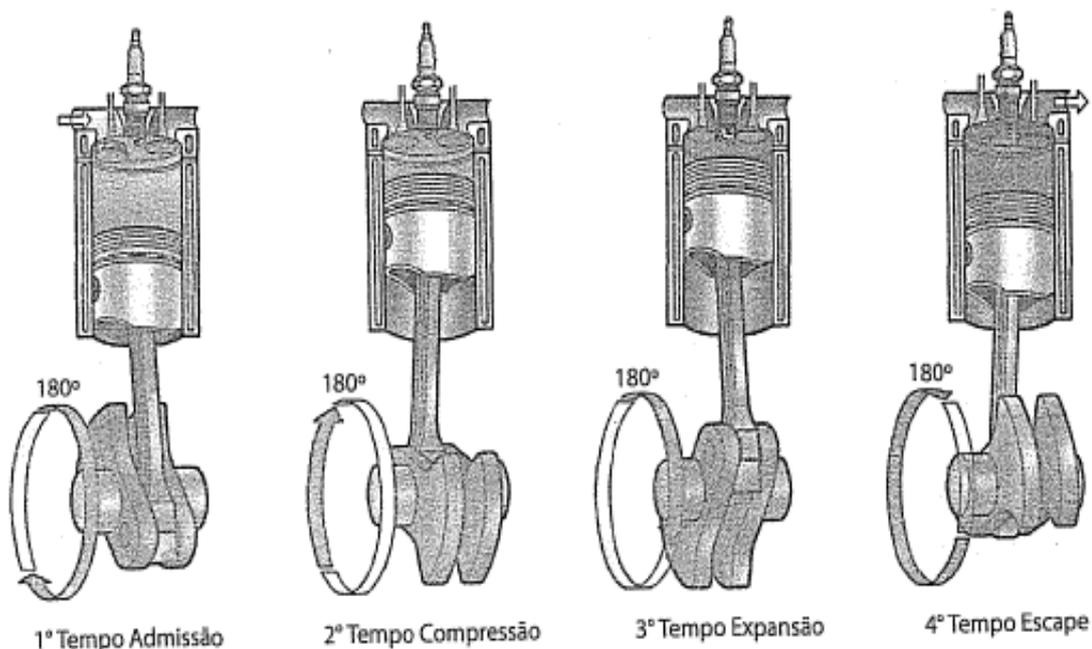
2.1.4 Classificação dos motores alternativos quanto ao número de tempos do ciclo de operação

Ciclo de operação, ou simplesmente ciclo, é a sequência de processos sofridos pelo fluxo ativo (FA), processos estes que se repetem periodicamente para a obtenção de trabalho útil. Entende-se por tempo o curso do pistão, e não se deve confundir tempo com processo, pois ao longo de um tempo poderão acontecer diversos processos. Quanto ao número de processos, os motores MIF e MIE, são divididos em dois grupos (BRUNETTI, 2012): motores de quatro tempos (4T) e de dois tempos (2T).

2.1.4.1 Motores alternativos de quatro tempos (4T)

Neste caso, o pistão percorre quatro cursos, correspondendo a duas voltas da cambota (ou árvore de manivelas) do motor, para que seja completado um ciclo. Os quatro tempos, são representados na Figura 5, abaixo:

Figura 5 - Os quatro tempos do motor



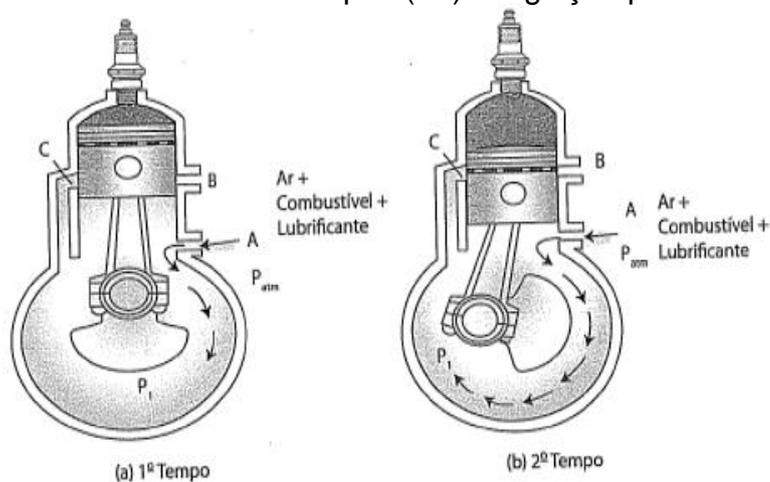
Fonte: BRUNETTI (2012)

2.1.4.2 Motores alternativos de dois tempos (2T)

Nesses motores, o ciclo completa-se com apenas dois cursos do pistão e corresponde a uma única volta do eixo do motor. Os processos indicados no motor a 2T são realizados da mesma maneira, entretanto, alguns deles se sobrepõem num mesmo curso. No 1º tempo, considere o pistão no PMS e a mistura comprimida. Ao saltar a faísca, inicia-se a combustão. O pistão é empurrado para o PMI e, durante o seu deslocamento do PMS para o PMI, ele comprime o conteúdo do cárter (parte inferior). Num certo ponto do curso, descobre-se a passagem de escapamento, também denominada de janela de escapamento (B), pela qual os gases queimados, ainda com pressão elevada, escapam naturalmente para o ambiente. Na sequência, o pistão descobre a janela de admissão (C) que coloca o cárter em comunicação com o cilindro, forçando seu preenchimento com nova mistura (BRUNETTI, 2012, p. 39).

Já no 2º tempo, o pistão desloca-se do PMI ao PMS. Ao longo do seu deslocamento, fecha-se a janela de admissão (C) e, a seguir, fecha-se a janela de escapamento (B) e abre-se a passagem (A), de forma que, em virtude da sucção (depressão) criada no cárter durante o deslocamento ascendente do pistão, o cárter é preenchido com mistura nova. Observa-se que, ao mesmo tempo, a parte superior do pistão comprime a mistura anteriormente admitida. Ao se aproximar do PMS, reinicia-se a expansão, já descrita no 1º tempo (BRUNETTI, 2012, p. 39). Esse mecanismo pode ser observado na figura 6, abaixo:

Figura 6 - Motor de dois tempos (2T) de ignição por faísca



Fonte: BRUNETTI (2012)

3 SISTEMA DE ARREFECIMENTO DO MCI

O sistema de arrefecimento é responsável por manter a temperatura do MCI em níveis que contribua para um melhor rendimento do motor, bem como pela proteção contra um superaquecimento das peças que se encontram em contato direto com os gases quentes originados da combustão.

A incapacidade das peças que compõem as paredes e câmara de combustão do MCI, de não suportar regimes de altas temperaturas, se faz necessário retirar parte do calor transferidos dos gases de combustão para as ditas paredes. Essa quantidade de calor precisa ser retirada, pois do contrário as temperaturas elevar-se-iam até valores que inviabilizariam a sua operação (MARTINS, 2006, p. 121).

O sistema de arrefecimento do MCI retira cerca de 25-35% da energia do combustível, uma quantidade relativamente grande, mas se faz necessário.

3.1 Tipos de arrefecimento

3.1.1 Arrefecimento a ar

Dentre os três dos sistemas aqui considerado, o sistema de arrefecimento a ar é o mais simples. A troca do calor ocorre por intermédio de uma corrente de ar que é proveniente do deslocamento do veículo ou de circulação forçada, criada por um ventilador geralmente acoplado à cambota do MCI. A figura 7, abaixo, mostra, um motor arrefecido por deslocamento do veículo:

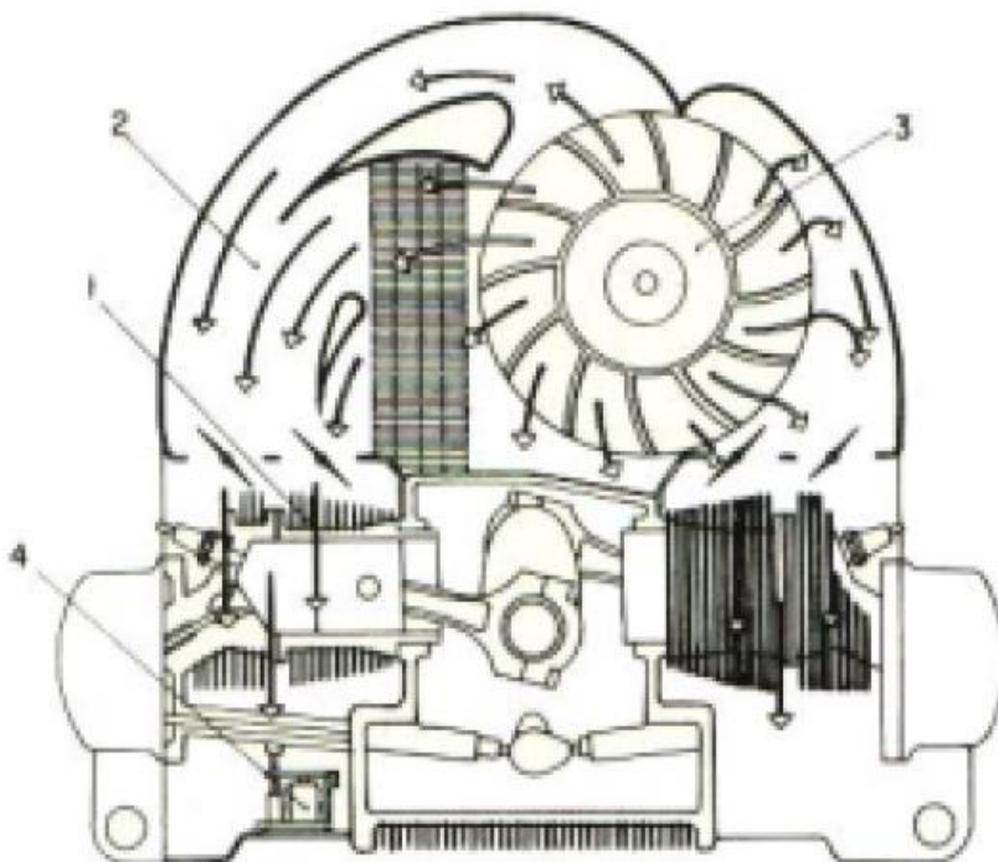
Figura 7 - Motor arrefecido por deslocamento do veículo



Fonte: Elaborado por Bezerra, S Ramos (2023)

Para que a troca de calor da circulação forçada proveniente do ventilador não afetasse os parâmetros ideais (em alguns motores a temperatura é de 85-95°C) do MCI, se fez necessário adicionar componentes que, além de manter uma curva de temperatura dentro de limites aceitáveis, também possibilita um aquecimento mais rápido, pois esse controle contribui para um melhor aproveitamento da energia do combustível e maior durabilidade das peças que compõem o MCI. Esse controle tornou-se possível graças a um termostato que abre e fecha uma comporta que controla a circulação forçada de ar entre as aletas de refrigeração das camisas do cilindro do motor. A figura 8, abaixo, mostra os componentes de um motor a ar por circulação forçada:

Figura 8 - Componentes de um motor a ar por circulação forçada



1 Aletas; 2 Tubulação; 3 Turbina (ventilador); 4 Válvula termostática

Fonte: Manual Mecânico de Automóveis CBS-SENAI (2001)

3.1.2 Arrefecimento a líquido por termosifão

Segundo Martins (2006, p. 122), no arrefecimento a líquido podemos considerar dois sistemas diferentes: por termosifão e forçada. A circulação por termosifão ocorre por meio da movimentação do líquido devido a diferenças de densidade da água quente e fria, pois ao ser elevada a temperatura da água, sua densidade baixa (por dilatação). Ocorre que, se tivermos um circuito aberto com água quente num dos ramos verticais e com água fria no outro, acontecerá uma circulação natural, de modo que a água quente subirá num ramo e a fria descerá no outro. A água sairá quente do motor, sendo dirigida para o permutador de calor, erroneamente denominado “radiador”. Faz-se necessário que haja um desnível apreciável entre a saída do motor e o “radiador”.

Quando se aplica esse tipo de arrefecimento num automóvel é imprescindível usar na frente muito alta, o que compromete o coeficiente de penetração aerodinâmico.

A circulação por termosifão é simples e geralmente auto reguladora, pois quanto maior for a carga térmica do motor maior será o diferencial de temperatura e o caudal da água. Para que o fluxo se dê facilmente, as condutas são amplas e sem grandes curvaturas ou outras discontinuidades. A diferença de temperatura entre o ponto mais frio e mais quente no motor pode ser superior a 40°C, excessivo para um controle correto de temperatura. Para que haja arrefecimento do “radiador” quando o veículo está parado, existe um ventilador em frente ao radiador, ligado à cambota do motor, que funciona continuamente.

3.1.3 Arrefecimento a líquido por circulação forçada

A circulação forçada é amplamente aplicada na fabricação automobilística por apresentar inúmeras vantagens: permite um controle de temperatura entre limites próximos, favorece o aquecimento do habitáculo e a potência necessária para seu funcionamento é mínima em especial (MARTINS, 2006, p.123).

Segundo Martins (2006, p. 123) quando é necessário aumentar a potência transferida de um certo local (sede de válvulas de escape por exemplo), facilmente se aumenta o caudal de líquido nesse local, melhorando também a incidência sobre as superfícies, de modo a aumentar o coeficiente de transferência de calor e a

diminuir a temperatura da parede. Nesse sistema existe também um “radiador”, mas de dimensões mais reduzidas do que na circulação por termosifão, em virtude de as velocidades da água no seu interior serem mais elevadas, elevando o coeficiente de transferência de calor.

Mesmo com uma menor área de transferência de calor, a diferença entre as temperaturas extremas é, geralmente, inferior a 10 °C, de modo a não promover grandes diferenças de temperatura no motor.

Para minimizar o tempo de aquecimento do motor nos momentos iniciais de funcionamento, bem como controlar a sua temperatura máxima, existe uma válvula termostática que atua em conjunto com um eletro ventilador (acionado por um interruptor termostático elétrico, ou via relé-acionado por uma Unidade de Controle Eletrônico).

Normalmente os níveis de temperaturas são na ordem de 90-95°C. Em vias abertas (locais onde o veículo normalmente é deslocado com maior incidência de fluxo de ar no “radiador”) ocorre um substancial resfriamento do líquido de arrefecimento nele. A válvula termostática desempenha um papel fundamental no controle da temperatura nessa situação de uso do veículo, uma vez que ela fecha e abre controlando a saída ou a entrada de água para o “radiador”, mantendo a temperatura do motor aproximadamente constante.

3.2 Partes importantes do sistema de arrefecimento

3.2.1 Tampa do “radiador”

Alguns tipos de tampa de radiador desempenham funções para além do que o seu nome sugere, pois, apesar de tampar ou selar, ela também serve de válvula de proteção contra danos (estouro de mangueira ou “radiador”) ao sistema de arrefecimento. Se por ventura ocorrer um aumento significativo da pressão devido a alguma eventual falha de refrigeração, e estando o radiador fechado, sua pressão aumenta em função da temperatura. Se for para além do normal preestabelecido pelos os engenheiros responsáveis pela fabricação do motor, ela automaticamente se abre para reduzir a pressão, eliminando parte do líquido de arrefecimento e aliviando a pressão do sistema. Em alguns casos essa abertura inicia-se quando a pressão atinge 1,4 bar.

3.2.2 Bomba d'água

A bomba d'água tem como finalidade fazer circular o líquido de arrefecimento no interior do motor e no radiador por meio de tubos e mangueiras. Essa circulação forçada é necessária para que aconteça a retirada de parte da energia proveniente da queima de combustível. Esse processo evita que as paredes dos cilindros do bloco do motor e cabeçote entrem em colapso devido ao aumento indesejado da temperatura.

3.2.3 Eletroventilador

O eletroventilador é um dispositivo que tem por função gerar um fluxo de ar entre os dutos do radiador. Esse fluxo faz com que haja troca de energia térmica entre o líquido de arrefecimento e as paredes dos dutos.

3.2.4 Reservatório de expansão

Conforme o nome define, o reservatório de expansão tem, como principal finalidade, armazenar e cuidar para que o líquido de arrefecimento possa se expandir livremente devido ao seu aquecimento, por estar em contato direto com as paredes externas dos cilindros do MCI.

O líquido de arrefecimento e algumas peças do MCI encontram-se em contato físico. Esse contato faz com que, além de troca de calor, também ocorra interações eletrostáticas entre elas. Por esse motivo, esse líquido é composto por água e aditivos que precisam cumprir com algumas exigências, entre elas arrefecer, apresentar propriedades anticongelantes e proteger contra corrosões, de acordo com o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO).

Os líquidos de arrefecimento endotérmicos, popularmente conhecidos como aditivos para radiadores, são produtos que devem cumprir pelo menos três funções nos motores endotérmicos: arrefecer, evitando seu superaquecimento, apresentar propriedade anticongelante e proteger contra a corrosão (INMETRO, 2023).

Com o passar do tempo, os aditivos perdem algumas de suas propriedades. Essas perdas podem alterar o seu ponto de ebulição. Nesse caso, a tampa do reservatório de expansão é projetada para manter uma pressão acima de 1 atm. (pressão a qual a água ferve a 100 °C), o que faz com que o líquido, mesmo fora da validade, só entre em ebulição a uma temperatura maior que 100 °C. Essa informação é importante, pois se o líquido de arrefecimento entrar em ebulição, pode causar desgaste por cavitação nas paredes do bloco do MCI.

A manutenção e conservação do sistema do arrefecimento do MCI é de fundamental importância, pois esse sistema tem relação direta com o aproveitamento da energia da combustão e da boa qualidade da emissão de gases na atmosfera.

3.3 Termodinâmica e o sistema de arrefecimento

No MCI, quando em funcionamento devido ao aumento de temperatura, é comum percebermos alterações do tipo: aumento de volume do líquido de arrefecimento; e resistências elétricas dos sensores de temperatura.

Localizados no MCI, alguns sensores se utilizam de propriedades termodinâmicas para enviar sinais de referências que servem para informar a condição de temperatura para o condutor do veículo, por meio de uma UCE (Unidade de Controle Eletrônico) e painel de instrumentos.

O marcador de temperatura recebe sinais de referências (resistência elétrica) que variam conforme ocorra mudança de temperatura no MCI. Os sinais recebidos são convertidos em sinais visuais que podem ser facilmente interpretados.

As escalas de temperatura usadas hoje no SI e no sistema inglês são a escala Celsius (anteriormente chamada de centígrado, e renomeada em 1948 em homenagem ao astrônomo sueco, A. Celsius (1702-1744), que a criou; e a escala Fahrenheit (em homenagem ao fabricante de instrumentos alemão, G. Fahrenheit, 1686-1736) respectivamente. Na escala Celsius, aos pontos de gelo e de vapor foram atribuídos originalmente os valores 0 °C e 100 °C, respectivamente. Os valores correspondentes na escala Fahrenheit são 32°F e 212 °F.

As temperaturas em graus Celsius (T_C) podem ser convertidas para temperaturas em graus Fahrenheit (T_F) usando a expressão da equação abaixo:

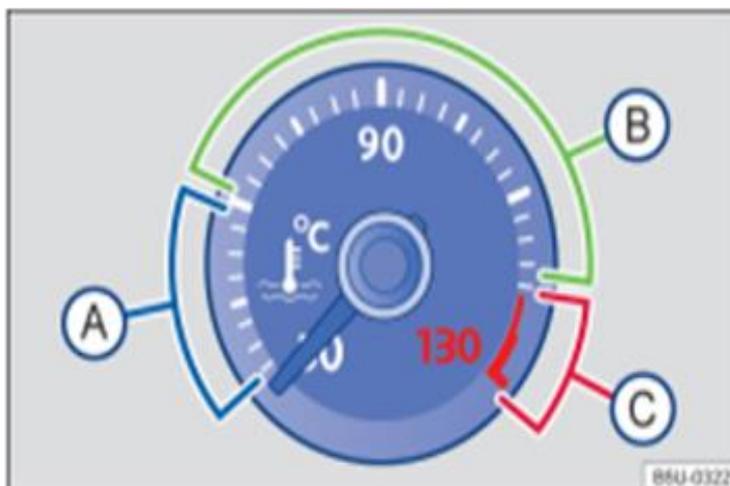
$$T_F = \frac{9}{5} T_C + 32$$

Já para converter temperaturas estabelecidas na escala Fahrenheit para temperaturas em graus Celsius, utilizamos a expressão abaixo:

$$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32)$$

Na figura 9 (mostrada na próxima página), temos o marcador de temperatura do motor de um modelo VW Gol. Ele tem a função de converter os sinais elétricos, recebidos do MCI, para sinais visuais, que possibilitam os condutores lerem o grau de temperatura a qual o MCI se encontra. Nessa figura, a área "A" significa área fria; a área "B", área normal; e a área "C", área de alerta.

Figura 9 - Marcador de temperatura do motor de modelo VW Gol



Fonte: Manual do VW Gol (2023)

Em termodinâmica, é bastante desejável que uma escala de temperatura seja independente das propriedades de qualquer substância. Tal escala de temperatura é chamada de escala termodinâmica de temperatura. A escala termodinâmica de temperatura no SI é a escala Kelvin, assim chamada em homenagem a Lord Kelvin (1824-1907).

A unidade de temperatura da escala em Kelvin é o zero absoluto ou 0 K, dessa forma, apenas um único ponto de referência diferente de zero precisa ser atribuído para estabelecer a inclinação dessa escala linear (ÇENGEL, 2013).

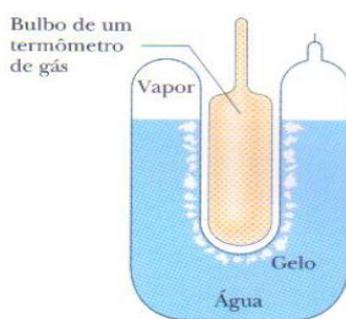
A construção de escalas de temperatura quase sempre é baseada nas mudanças de propriedades de estado físico da matéria. Se escolhermos um fenômeno térmico reproduzível e atribuímos a ele valores de temperatura arbitrária, por exemplo, o ponto de ebulição da água. Mas existe um problema que foi preciso superá-lo. Sabe-se que quanto menor a pressão, menor será a temperatura com que a água entra no ponto de ebulição. Definitivamente não é conveniente atribuímos valores da temperatura para a água em ebulição sem termos conhecimento sobre a condição de pressão a que foi submetida.

Existe um ponto que coexistem os três estados físicos da água, e esse é chamado de ponto triplo da água. O ponto triplo da água ocorre quando a água, o gelo e o vapor podem coexistir, em equilíbrio térmico, para apenas um valor de pressão e temperatura. O valor de 273,16 K foi internacionalmente atribuído para o ponto triplo da água como temperatura padrão para a calibração dos termômetros. As unidades desta escala são as mesmas que as da escala Celsius, porém o zero é deslocado de tal modo que $0 \text{ K} = -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$, e que $273,15 \text{ K} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. A equação que prevê essa informação é:

$$T_K = T_C + 273,15$$

A figura 10, a seguir, mostra uma célula de ponto triplo, na qual gelo (sólido), água (líquido) e vapor (gás) estão em equilíbrio térmico:

Figura 10 - Uma célula de ponto triplo



Fonte: RESNICK HALLIDAY (2009).

3.3.1 Conceitos fundamentais da termodinâmica

3.3.1.1 *Temperatura*

No MCI o controle de temperatura é primordial para um bom funcionamento e para manter a integridade de suas peças, pois um superaquecimento causa sérios danos em vários de seus componentes. Nesse contexto, se faz necessário um aparelho que possibilite mensurar o grau de temperatura (o termômetro), usado para avaliar o estado de funcionamento do sistema de arrefecimento a partir da medida do grau de temperatura obtido.

No caso dos motores, o termômetro é do tipo termopar, usado com leitura analógica à escala Celsius geralmente de 20 a 130 °C, ou apenas uma lâmpada de advertência.

3.3.1.2 *Dilatação térmica*

É comum percebermos trincas e rachaduras nas calçadas e em muros, mas por que isso acontece? Esse fenômeno ocorre devido à variação de volume de quase todos os corpos e objetos em decorrência do também aumento da temperatura. Na construção do MCI, a engenharia que o projeta precisa prever o fenômeno da dilatação térmica, pois esse tipo de motor, quando em funcionamento, não possui uma temperatura uniforme em todas as suas partes. O fenômeno da expansão ou dilatação pode causar problemas ao seu funcionamento quando não considerado as características atômicas dos materiais empregados na sua construção.

3.3.1.3 *Dilatação linear*

A regulagem de folgas das válvulas de admissão e escape são exemplos de soluções de compensação do efeito da dilatação dos materiais no MCI. Nesse caso, regular significa compensar a dilatação linear das válvulas. As válvulas de escapamento aquecem bem mais do que as válvulas de admissão, logo, elas normalmente são ajustadas com folgas maiores quando comparadas com as

válvulas de admissão. As folgas entre a parte superior das válvulas e os balancins evitam que a cabeça das válvulas deixe de vedar a passagem da mistura de ar e combustível, assim como a passagem dos gases de escapamento, após o motor ser aquecido normalmente pelo seu funcionamento. As válvulas têm o comprimento aumentado em valor dado pela seguinte equação:

$$\Delta L = L\alpha\Delta T$$

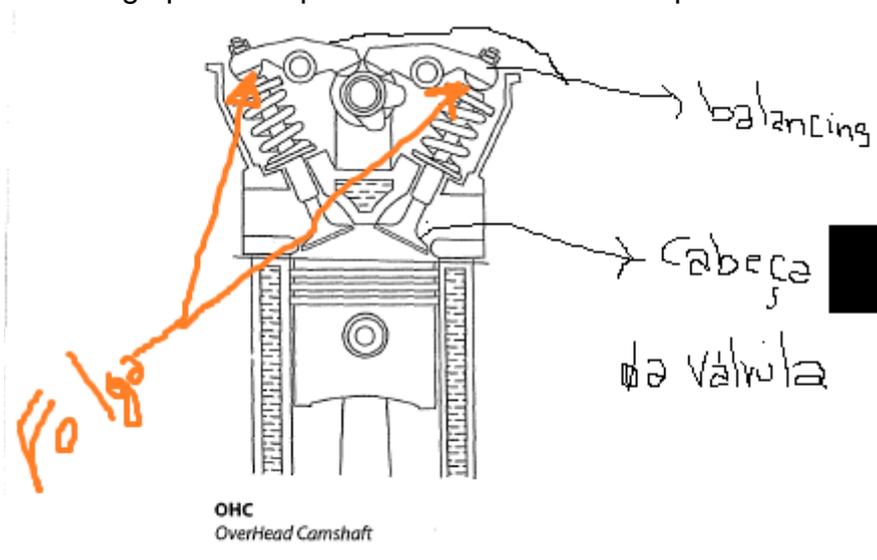
Onde:

- α é o coeficiente de dilatação linear;
- a unidade do coeficiente α é $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ou K^{-1} .

Embora varie ligeiramente com a temperatura, na maioria dos casos pode ser considerado constante para um dado material.

A figura 11, a seguir, indica os locais de folga para compensar o aumento de comprimento das válvulas devido ao aquecimento normal do MCI:

Figura 11 - Folga para compensar o aumento de comprimento das válvulas



Fonte: Elaborado por Bezerra, S Ramos (2023)

Quando um objeto sólido possui um buraco em seu interior, o que ocorre com o tamanho do buraco quando a temperatura do objeto aumenta? Um erro muito comum é pensar que quando o objeto se expande o buraco se contrai porque o objeto se expande para dentro do buraco. Porém, na verdade, quando o objeto se

dilata, o buraco também se dilata; a dilatação ocorre em todas as dimensões lineares do objeto do mesmo modo quando a temperatura varia.

3.3.1.4 Dilatação volumétrica

O aumento de temperatura geralmente produz aumento de volume tanto para líquidos quanto para sólidos. Analogamente ao caso da dilatação linear, a experiência mostra que quando a variação de temperatura não é muito grande (menor do que cerca de 100°C), o aumento de volume ΔV é aproximadamente proporcional à variação de temperatura ΔT e ao volume inicial V_0 , dado pela equação (1) a seguir:

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta T \quad (1)$$

Onde β é o coeficiente de dilatação volumétrica de um dado material. As unidades de β são $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ou K^{-1} . Analogamente ao caso da dilatação linear, α varia ligeiramente com a temperatura, e a equação (1), acima, é uma relação aproximada que só vale para pequenas variações de temperatura. Para muitas substâncias, β diminui em temperaturas baixas.

No MCI, a dilatação volumétrica pode ser percebida quando o líquido de arrefecimento tem seu volume aumentado de V_0 para $V = V_0 + \Delta V$, pois em alguns veículos é fácil constatar esse aumento; neles existe um reservatório de expansão transparente e hermeticamente fechado para evitar que, após esse líquido ser aquecido e expandido, ele seja expelido para fora do sistema de arrefecimento.

Em 1948, a comunidade científica decidiu que tanto o calor como o trabalho são energia transferida. A unidade de calor no SI deveria ser a mesma da energia, ou seja, o joule. A caloria é hoje definida como 4,1868 J (exatamente), sem qualquer referência ao aquecimento da água. Outra unidade usada por profissionais da nutrição é a “caloria” [cal]. As relações entre as unidades de calor são:

$$1 \text{ cal} = 3,968 \times 10^{-3} \text{ Btu} = 4,1868 \text{ J}$$

3.3.1.5 Calor específico

Usamos o símbolo Q para a quantidade de calor. Quando associada com uma diferença de temperatura infinitesimal dT , chamamos essa quantidade de dQ . Verifica-se que a quantidade de calor Q necessária para elevar a temperatura da massa m de um material de T_1 até T_2 é aproximadamente proporcional à diferença de temperatura $\Delta=T_2-T_1$. Ela também é proporcional à massa m do material.

A quantidade de calor também depende da natureza do material: para elevar de 1°C a temperatura de um quilograma de água é necessária transferir uma quantidade de calor igual a 4190 J, enquanto basta transferir 910 J de calor para elevar a temperatura de um quilograma de alumínio de 1°C .

Usando todas as relações mencionadas, podemos escrever a equação para mudar a temperatura de um corpo de massa m pela expressão da equação (2), ou na sua forma infinitesimal dada pela Equação (3), a seguir:

$$Q = mc\Delta T \quad (2)$$

$$dQ = mcdT \quad (3)$$

Manipulando matematicamente a expressão da equação (3), obtém-se a expressão para o calor específico de determinada substância pela equação (4), que se segue:

$$c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dt} \quad (4)$$

Nas equações (2), (3) e (4), Q ou dQ e ΔT ou dT podem possuir valores positivos ou negativos. Quando são positivos, o calor é transferido para o corpo e sua temperatura aumenta; quando esses valores são negativos, o calor é liberado pelo corpo e sua temperatura diminui.

Perceba que dQ não representa nenhuma variação ou quantidade de calor contida no corpo; este conceito não faz sentido. O calor é sempre uma energia em trânsito que ocorre em virtude de uma diferença de temperatura. Não existe nenhuma “quantidade de calor em um corpo”. O termo calor específico não é muito apropriado porque ele pode sugerir a ideia errada de que um corpo pode conter uma

certa quantidade de calor: o calor específico da água é aproximadamente igual a $4.190,0 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ou $1 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$.

O calor específico de um material depende de algum modo da temperatura inicial e do intervalo de temperatura.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE ABORDAGEM CTSA, TERMODINÂMICA E MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Para fundamentar este trabalho, o referencial teórico foi dividido em duas partes: As abordagens CTS/CTSA no ensino de ciências e os motores de combustão interna e a termodinâmica.

4.1 As abordagens CTS/CTSA no ensino de Ciências

O estudo da Física é algo muito fascinante e sem dúvida bastante desafiador, pois a Física está em tudo o que existe no Universo.

Para entendermos as leis que governam o estudo da Física, às vezes se faz necessário fazer comparações ou mesmo simplificações com algo que possa nos ajudar a compreendê-las. Uma forma de ensinar e de aprender sobre fenômenos físicos, é aplicar conhecimentos do cotidiano para o ensino, no qual quem é ensinado está inserido.

Nessa perspectiva, o ensino de Ciências e em especial o ensino da Física, baseado em abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente-CTSA, nos faz refletir sobre o processo de ensino e aprendizado no que tange à realidade social do aluno. Nesse sentido, concordamos com SANTOS, “Tal abordagem científica segue o princípio norteador do movimento CTS, cujo objetivo é alfabetizar científica e tecnologicamente os indivíduos” (SANTOS, MORTIMER, 2002 apud MONTEIRO, 2018, p.16), promovendo reflexão para tomada de decisão sobre questões da ciência e da tecnologia e sua interferência na sociedade e ambiente (BAZZO, 1990; SANTOS, MORTIMER, 2002 apud MONTEIRO, 2018, p.16).

A principal característica do ensino numa abordagem CTSA é o uso de contextualização numa abordagem social com temas atuais, que promova reflexão para posterior tomada de decisão por parte dos educandos (SANTOS, 2007 apud MONTEIRO, 2018, p.16). Assim, nessa abordagem não é recomendável ensinar apenas conceitos físicos, mas sim, contextualizar a realidade social e tecnológica do estudante com o que se objetiva ensinar. Sobretudo, essa abordagem dialoga com o Art. 1º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação do Brasil:

Art. 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. (LDB, 2020, p. 8).

A educação científica, num enfoque CTS/CTSA, busca formas de integralizar o contexto social do aluno com o assunto a ser ensinado. Na física, sabemos que teve e tem um alcance para além de suas teorias, logo é importante mostrarmos aos alunos uma ciência que foi “conquistada” ao longo do tempo por muitos estudiosos, uma ciência que surge da necessidade de resolver problemas ou explicar algo.

4.1.1 Os motores de combustão interna e a termodinâmica

As máquinas térmicas tiveram grande relevância no desenvolvimento econômico e social da Inglaterra no século XVIII, em que a proposta principal era resolver problemas de alagamento nas minas de carvão mineral, pois o carvão mineral se constituía na principal fonte de energia utilizada para diversos fins, como, por exemplo, fundir ferro, cozer tijolos e telhas, refinar açúcar, produção de vidro e sabão, etc. O inglês Thomas Savery (1650-1715), foi o primeiro a produzir um equipamento capaz de elevar água utilizando vapor.

Devido às limitações que apresentava a máquina de Savery, fazia-se necessário desenvolver outro equipamento que fosse mais eficiente, o que aconteceu anos mais tarde, em 1712, quando o também inglês, Thomas Newcomen (1664-1729), inventou uma bomba hidráulica capaz de superar as limitações de bombeamento apresentada pela máquina de Savery. De construção relativamente simples, a máquina de Newcomen funcionava muito bem, e mais tarde passou por aprimoramentos pelos próprios engenheiros que a operavam. Eles elevaram a eficiência da bomba hidráulica de Newcomen através de ajustes de diversas partes, conseguindo atingir seu limite máximo. Para melhores resultados, seria necessário conhecer mais a fundo sobre os processos termodinâmicos envolvidos, mas, os estudos sobre a natureza do calor eram inconclusivos.

Com o desenvolvimento das máquinas térmicas, vieram significativas mudanças na sociedade da época e, a partir de aprimoramentos, foi possível utilizá-las para diversos fins, como: mover navios e locomotivas, bem como máquinas industriais. Com isso, surge, então, uma nova forma de produção e transporte.

O escocês, James Watt (1736-1819), foi um engenheiro e matemático britânico, aluno do fisiologista Joseph Black, que estudava as propriedades

termodinâmicas do vapor. Ao estudar a máquina de Newcomen, ele propôs uma série de mudanças para atingir melhoramentos no processo de funcionamento. Ao se deparar com uma miniatura da máquina de Newcomen, percebeu que, mesmo tendo proporções exatas do modelo original, ela funcionava apenas por um curto tempo; além do mais, seu rendimento era inferior ao do modelo original. Seu objetivo era entender e melhorar o funcionamento dessa máquina.

Após estudar cuidadosamente a miniatura da máquina de Newcomen, Watt identificou e mediu sua ineficiência por meio de estudos experimentais, e pensou em maneiras de diminuí-la. Já se sabia sobre a capacidade térmica dos materiais, então, na tentativa de resolver o problema com a eficiência, Watt começou a pesquisar materiais capazes de diminuir o consumo de vapor no aquecimento do cilindro da máquina. Ele partiu da ideia de que seria necessário envolver o cilindro da máquina com um tipo de material isolante térmico, fator que ele atribuía ser a causa da ineficiência. No entanto, ele se deparou com alguns problemas que foram superados através de melhorias feitas baseadas em pesquisas científicas.

Apesar dos bons resultados obtidos por Watt, ainda não se tinha uma definição consolidada a respeito do que seria o calor. O entendimento sobre esse fenômeno ainda inquietava os cientistas. Para alguns, o calor era uma substância; para outros, seria o movimento das partículas. No século XVII, havia duas teorias para explicar o calor: uma defendia que o calor era uma substância, um "fluido sutil", contida nos corpos. A outra, mais moderna, afirmava que o calor era uma forma de movimento, e negava a ideia de qualquer "fluido sutil" (QUADROS, 1996, p.39).

4.1.2 Calor e seu equivalente mecânico

Com as máquinas térmicas vieram também a necessidade de se entender mais profundamente sobre o calor, pois a tecnologia existente já não conseguia dar conta de aperfeiçoar essas máquinas (melhorar o rendimento e o consumo de energia).

A condução de calor era explicada pelo calórico. No entanto, explicar o calor produzido por atrito era um problema, pois havia inconsistência por parte da teoria do calor como substância.

Experiências feitas por Thompson Rumford (1753-1814) indicaram que a produção de calor por atrito parecia ser inesgotável e, portanto, as chances de o

calor como substância seriam mínimas, ou seja, não foi constatado que se tratasse de uma substância material, mas, apesar de evidências contrárias, a teoria do calórico persistiu até o seu abandono por volta dos anos 1850.

A máquina a vapor de James Watt, desenvolvida na segunda metade do século XVIII, era um exemplo de que o calor leva à capacidade de produzir trabalho, mas o calor como forma de energia só foi estabelecido no século XIX.

O alemão, Julius Robert Mayer, ao que tudo indica, foi o primeiro a pensar sobre o calor como forma de energia. Mayer era médico de bordo e, durante uma viagem nos trópicos, observou pacientes sangrando. Ele percebeu que o sangue venoso parecia ser mais vermelho nessas regiões quentes do que nos climas frios da Europa, o que o levou a especular que o corpo não precisa gerar tanto calor pela queima de alimentos. Em 1842, Mayer chegou ao primeiro enunciado geral do princípio da conservação da energia:

As energias são entidades conversíveis, mas indestrutíveis... Em inúmeros casos, vemos que um movimento cessa sem ter produzido quer outro movimento (energia cinética) quer levantamento de peso (energia potencial), mas a energia, uma vez que existe, não pode ser aniquilada; pode somente mudar de forma, e daí surge a questão: Que outras formas pode ela assumir? Somente a experiência pode levar-nos a uma conclusão. (NUSENZVEIG, 2014, p. 206).

O cálculo para o equivalente mecânico, bem como a formulação do princípio da conservação da energia, contribuiu para o fim do calórico; e, se o calor é uma forma de energia, então a unidade de energia poderia ser usada para o calor.

Joule foi pioneiro em medir o equivalente de energia térmica em energia mecânica. Ele utilizou um aparelho, que tinha como base para determinar o equivalente de calor em energia mecânica, o movimento de queda de pesos, que giravam um conjunto de pás dentro de um recipiente com água, fazendo com que a água variasse de temperatura. Ou seja, a energia de queda dos pesos (energia mecânica) era convertida em calor (energia térmica). A perda de energia mecânica era calculada a partir das quantidades de massa e das alturas de queda, e o ganho de calor, através do equivalente de água e do acréscimo de temperatura.

Mostrou, também Joule, que a mesma quantidade de calor poderia ser obtida a partir da realização de um dado trabalho, independente dos processos utilizados para realizá-lo.

5 PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

5.1 Proposta didática

O presente trabalho consiste em um produto educacional de apoio ao professor de Física, para o ensino básico da Termodinâmica com enfoque CTSA.

Surgiu da necessidade de produzir um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) para obtenção do certificado de conclusão de curso de Licenciatura Plena em Física junto a Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Neste trabalho, desenvolvemos uma proposta (ANEXO A) de ensino da Termodinâmica fundamentada no processo formativo dos três momentos pedagógicos.

Segundo Delizoicov e Angotti (1990), os três momentos pedagógicos são caracterizados como: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

5.1.1 Problematização inicial

Segundo Delizoicov e Angotti, nesse momento apresentam-se situações que servirão para discussão com os alunos. A pretensão desse momento é relacionar o assunto da aula com situações reais de suas experiências, das quais eles provavelmente não conseguem interpretar corretamente por não terem conhecimento científico necessário a respeito (BONFIM et al., 20218, p. 189). O principal objetivo da problematização é identificar possíveis explicações contraditórias e perceber quais são as limitações do conhecimento por eles expressados, quando este é comparado com o conhecimento científico previamente selecionado para ser abordado (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002 apud BONFIM et al., 2018, p. 189). Portanto, esse momento é importante para se saber a respeito do que o aluno já conhece sobre o tema. É importante que o professor provoque o aluno no sentido de questionar e lançar dúvidas sobre o assunto da aula.

5.1.2 Organização do conhecimento

Delizoicov e Angotti (1990) explicam que nesse segundo momento os conhecimentos de Física, relativos ao tema da aula, devem ser estudados minuciosamente pelo aluno com acompanhamento do professor. Definições, conceitos, relações e leis serão rigorosamente aprofundados (BONFIM et al., 2018, p.189).

De acordo com Albuquerque, Santos e Ferreira (2015, p.467) é nesse momento que os conhecimentos científicos passam a ser introduzidos na discussão. Os alunos começam a manifestar entendimento a respeito da problematização inicial, mas para que haja êxito, se faz necessário consultar material e fazer pesquisas que possam contribuir na discussão. O professor deve indicar material de pesquisa que direcione esse estudo.

5.1.3 Aplicação do conhecimento

Essa etapa aborda metodicamente os conteúdos que vêm sendo assimilados pelos alunos para interpretar as situações iniciais que determinam o seu estudo, bem como situações parecidas, mas sem ligação com a problematização inicial. No entanto, são explicadas pelos mesmos conhecimentos. (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1990, p. 31).

Este momento é importante no sentido de que os alunos percebam várias outras aplicações do seu cotidiano, podendo ser explicadas a partir do que foi ensinado. Todavia, o professor precisa manter uma postura questionadora, podendo trazer informações que surgiram, bem como questionamentos que foram feitos pelos alunos no decorrer dos momentos anteriores (ALBUQUERQUE, SANTOS e FERREIRA, 2015).

6 METODOLOGIA

Nesse sentido, optamos em adotar uma abordagem metodológica dos três momentos pedagógicos, pois entendemos que essa metodologia atende aos objetivos propostos nesse trabalho.

Os estudos científicos buscam desvendar os mistérios da natureza sem se preocupar com o seu uso pela humanidade. “Pura ou aplicada, a Ciência é busca de saber, ou por ele mesmo, ou pela sua utilidade. Já quando o propósito não consiste na busca do saber, mas no alcance de um objetivo prático com o auxílio do saber científico, fala-se em “tecnologia” (CUPANI, 2009).

A tecnologia é a aplicação da ciência, num contexto político e econômico. Transportes cada vez mais eficientes, casas automatizadas, veículos mais rápidos e seguros, equipamentos médicos mais eficientes e computadores com poder de processamento cada vez maior, são exemplos de aplicações do conhecimento científico e tecnológico para fins práticos.

A Física é a ciência baseada na observação, na experimentação e na análise matemática. Seu foco é encontrar leis capazes de explicar quantitativamente fenômenos e comportamentos de sistemas pertencentes ao macro e microcosmo. Para ensinar Física, é importante que o(a) professor(a) explore, junto com os alunos em sala de aula ou laboratório, atividades de cunho experimental para tentar despertar neles a curiosidade sobre o tema e sobre “o fazer ciência”. Fazer ciência é tentar compreender a natureza, é buscar uma compreensão melhor sobre o mundo que nos cerca. Fazer ciência é entender que modelos são construídos para explicar fenômenos. “A ciência é um assunto fascinante que nunca acaba, sempre tem algo novo para ser explicado”, reforça Almeida (2009, p.152).

Nesse sentido, nossa sequência didática foi pensada e elaborada com a intenção de propor um ensino sobre conceitos fundamentais da termodinâmica, tais como calor, trabalho, temperatura e energia. A contextualização no ensino desses temas foi apoiada no conhecimento científico e em uma tecnologia pouco conhecida, mas muito presente no nosso cotidiano: o Motor de Combustão Interna (MCI).

As aulas foram planejadas baseadas com base nos Parâmetros Curriculares Nacional (PCN+). Para a disciplina de Física, os PCN+ contemplam o ensino médio das competências e habilidades de física térmica (calor, temperatura, termodinâmica e máquinas térmicas) no primeiro e no segundo bimestre do segundo ano do Ensino

Médio Regular. Os conhecimentos prévios necessários para o desenvolvimento das aulas são: medida de temperatura, expansão térmica e condução de calor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procuramos mostrar que é possível ensinar assuntos da termodinâmica a partir do conhecimento inerente às máquinas térmicas em uma abordagem CTSA. Neste trabalho, sugerimos a física aplicada ao sistema de arrefecimento ou resfriamento dos motores de combustão interna como material didático para ensinar assuntos relativos à termodinâmica.

Espera-se, assim, que o material produzido nesse trabalho possa mostrar a importância sobre utilizar as abordagens CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) na proposta de ensino da termodinâmica, considerando não apenas as questões que envolvam motores de combustão interna, mas também os impactos sociais, tecnológicos e ambientais associados a essas máquinas. Ao incorporar as abordagens CTSA, estamos capacitando os alunos a compreenderem o contexto mais amplo em que os motores operam e promovendo a conscientização sobre a importância da sustentabilidade. Isso contribuirá para uma formação mais completa dos estudantes e para a construção de um futuro mais consciente e responsável em relação ao uso de recursos e à preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, K. B.; SANTOS, P. J. S E FERREIRA, G. K. **Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos?** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.32, n.2, p.461-482, 2015.
- ALMEIDA, M. A. de. **Introdução à Ciência Física**. 3ed. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009.
- ARAGÃO, R. M. R. de. **Teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel: sistematização dos aspectos teóricos fundamentais**. Tese de Doutorado. Universidade de Campinas Faculdade de Educação - Campinas -SP, 1976. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/romero/ppge/artigos/1976Aragao.pdf> Acesso em: 06 fev. 2023.
- BONFIM, D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J. do. **Abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade média. Experiências em ensino de ciências**. Paraná, v13, n.1, p.187-198, 2018.
- BRUNETTI, F. **Motores de Combustão Interna**. v.1 São Paulo: Blucher, 2012.
- CUPANI, A. O. **Filosofia da ciência**. Florianópolis: FILOSOFIA/EAD/UFSC, 206p. ISBN: 978-85-61484-14-9. 2009.
- ÇENGEL, M. A. B. **Termodinâmica**. 7ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.
- FREIRE, P.; FAUNDEZ, A. **Por uma pedagogia da pergunta**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.
- IBPT **Frota circulante no Brasil é de 65,8 milhões de veículos**. Disponível em: <https://www.folhadelondrina.com.br/carro-e-cia/frota-circulante-no-brasil-e-de-658-milhoes-de-veiculos-1002821.html?d=1>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- LDB: **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. 4.ed. Brasília, DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 59 p. 2020.
- MANUAL DE INSTRUÇÕES - **Volkswagen**. Disponível em: [file:///C:/Users/Severino/Downloads/MY%202019-D191.5B1.GOL.66%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Severino/Downloads/MY%202019-D191.5B1.GOL.66%20(1).pdf). Acesso em: 28 maio 2023.
- MARTINS, J. **Motores de combustão interna**. 2.ed. Porto: Publindústria, 2006.
- MATTHEWS, M. R. **História, filosofia e ensino de ciências: as tendências atuais de reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.12, n.3, p.164-214, dez., 1995. Disponível em: <file:///C:/Users/Severino/Downloads/Dialnet-HistoriaFilosofiaEE ensinoDeCiencias-5165906.pdf> Acesso em: 05 jun. 2023.
- MONTEIRO, I. G. dos S. **CTSA e ensino de química: (re)construindo práticas metodológicas para a formação inicial e continuada do professor**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 155p. 2018.

NUSSENZVEIG, H. M. **Flúidos Oscilações e Ondas de Calor**. 5.ed. São Paulo: Blucher, 2014.

OLIVEIRA, C. A. de; ROSA, A. da. **Motores de combustão interna - álcool e gasolina**. Santa Maria, SENAI, Roberto Babosa Ribas, 2003.

PCN. **Parâmetros Curriculares Nacional**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conaes-comissao-nacional-de-avaliacao-da-educacaosuperior/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>. Acesso em: 07 jan. 2023.

QUADROS, S. **A termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas**. São Paulo: Scipione, 1996.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D. **Física I**. Rio de Janeiro: 2 ed, 1977. Livro técnico e científico. Editora S.A, 1977.

SENAC - **Serviço Nacional de Aprendizagem do Comércio**. Disponível em: <http://www.escolaelectra.com.br/alumni/biblioteca/Apostilamotoresdecombustaointera.pdf>. Acesso em: 20 maio 2023.

SILVA, M. A.; COSTA, E. S.; COSTA, A. A. **Conhecimento científico e senso comum: uma abordagem teórica**. VII Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”. São Cristóvão, 2013. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/9718/96/95.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2023.

APÊNDICE A - IDENTIFICAÇÃO

1. Identificação

- Conteúdo de Física
- Aplicação dessa sequência: Ensino Médio
- Série: 2º ano do médio
- Tempo previsto: 5 aulas de 50 minutos
- Tipo da aula: expositiva e dialogada

A) Tema: Um estudo sobre a termodinâmica

B) Conteúdo programático:

1. Medida de temperatura
2. Expansão térmica
3. Condução de calor

C) Objetivos:

Objetivos gerais: Que os alunos consigam compreender a empregabilidade da termodinâmica em vários aspectos do cotidiano.

Objetivos específicos:

- Reconhecer os processos de transformação de calor e suas importâncias para compreender fenômenos ambientais;
- Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas;
- Identificar a participação do calor e os processos envolvidos no funcionamento de máquinas térmicas de uso doméstico ou para outros fins, tais como geladeira, motores de carro, etc., visando sua utilização adequada;
- Identificar o calor como forma de energia.

D) Metodologia:

Desenvolvemos uma sequência didática (Apêndice A), baseada na metodologia de “Os três momentos pedagógicos”, que são: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011; MUENCHEN; DELIZOICOV, 2007).

E) Problematização inicial:

Nesse primeiro momento, propomos que sejam problematizadas situações das quais os alunos possam responder de acordo com o que eles já saibam sobre o assunto em questão. A problematização na Situação de Ensino (SE) tem como objetivo "buscar e explicar o primeiro entendimento que os alunos têm a respeito da problemática" (AUTH, 2002, p.141 apud MACHADO, p.44).

Lançar perguntas relacionadas sobre o tema da aula é uma forma de problematização. As perguntas precisam ser provocadoras, de modo que, ao serem respondidas, tragam novos questionamentos. Freire & Faundez (1985, p.27) afirmam que, para se discutir algo com base em determinadas hipóteses ou pressupostos, se faz necessário perguntar bem. É importante que as perguntas envolvam algo que faça parte do cotidiano dos alunos, podendo ser sobre coisas que estão presentes em suas residências, na escola ou mesmo algo presente nos momentos de lazer.

Para que seja possível analisar inicialmente sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto, propomos um questionário para ser respondido em grupos formados por números de integrantes, a depender da escolha do professor. Após as respostas, sugerimos que os grupos debatam entre si sobre suas respostas, e que o professor anote os pontos que serão passíveis de esclarecimentos a serem retomados no decorrer do momento seguinte. As respostas das questões serão reanalisadas no terceiro momento, agora em termos de conhecimento científico.

F) Organização do conhecimento

Neste momento, o professor apresenta o assunto da aula de maneira que concorra para uma transição do conhecimento do senso comum para o conhecimento científico. É importante que o professor, sempre que necessário, faça

menção aos questionamentos feitos na problematização inicial. Dúvidas dos alunos deverão ser trabalhadas para que sejam sanadas.

Este momento foi dividido em três bases temáticas, as quais evoluem de forma progressiva, partindo do estudo do conceito de temperatura, dilatação e finalizando com o estudo da calorimetria.

G) Aplicação do conhecimento

Neste momento, sugerimos a resolução de problemas, para que seja possível avaliar a concepção dos alunos a respeito dos assuntos estudados. Além de outras questões, propomos também que as questões do primeiro momento sejam novamente respondidas para que seja possível avaliar se ocorreu uma aprendizagem potencialmente significativa dos alunos no tocante aos temas.

H) Justificativa da metodologia

Por concordarmos que o conhecimento do senso comum pode contribuir no debate sobre a natureza de alguns fenômenos físicos em face do conhecimento científico, decidimos fazer uso de objetos de uso comum aos alunos. Acreditamos que, a partir de suas experiências, os alunos possam explicar o funcionamento de alguns objetos que fazem parte de seus cotidianos. As experiências não científicas do cotidiano refletem um aprendizado e não devem ser menosprezadas. Especialmente, Oliveira (2000 apud Silva et al., 2013, p. 2) defende que "o conhecimento científico não é superior ao conhecimento comum em todas as instâncias da vida: ambos resolvem problemas do existir nos campos que lhes são próprios". Portanto, valorizar os conhecimentos prévios dos alunos no processo de ensino-aprendizagem se faz necessário.

É importante destacar que numa abordagem CTSA, as experiências vivenciadas pelo sujeito aprendiz precisam ser valorizadas. Garantir uma abordagem acessível e integrada com a realidade da qual o aluno está inserido se faz necessário.

Entendemos que a escola deve ter alcances para além de seus muros, ou seja, a escola precisa alcançar seu público em toda sua plenitude, no que diz respeito à formação de indivíduos conscientes de seus direitos e deveres, indivíduos capazes de perceber a importância da ciência no desenvolvimento de uma

sociedade, e na capacidade de resolver ou contribuir para soluções de questões no âmbito social e ambiental. Nesse sentido, acreditamos ser possível desenvolvermos uma sequência didática com assuntos da termodinâmica envolvendo conhecimento sobre máquinas térmicas, pois através do conhecimento sobre estas máquinas acreditamos ser possível ensinar e discutir os conceitos de calor, trabalho, temperatura, energia, primeira e segunda lei da termodinâmica, mecanismo de transmissão de energia, etc. de modo a contribuir para uma aprendizagem significativa tendo como foco uma abordagem CTSA.

Uma aprendizagem significativa, segundo Ausubel, ocorre quando ao aprender, o indivíduo consegue explicar com suas palavras sobre o que aprendeu (ARAGÃO, 1976, p.21).

A sequência didática como um todo, incluindo a aplicação de um questionário de múltiplas escolhas, desenvolvimento da mesma, avaliação dos alunos sobre seus conhecimentos prévios, terá a duração de 5 aulas de 50 minutos cada. Neste tempo, serão trabalhados os seguintes eixos temáticos: interdisciplinaridade, elementos de História da Física e das relações Ciência, Tecnologia e Ambiente – CTSA, e conteúdos conceituais tais como: medida de temperatura, expansão térmica e condução de calor.

I) Recursos/materiais necessários: Quadro, caneta piloto, projetor ou TV, computador, data show, slides, caneta ou lápis, internet, celular.

J) Desenvolvimento: A sequência didática foi elaborada em três momentos pedagógicos:

Atividade 1: Levantamento do conhecimento prévio dos alunos

A atividade se inicia com uma breve apresentação de como se pretende conduzir a dinâmica das aulas, bem como fazer uma sondagem sobre os conhecimentos prévios dos alunos através de um questionário, entregue aos alunos no momento da atividade.

Atividade 2: Discussão sobre os conceitos da termodinâmica com uso de informações sobre problemas de arrefecimento de motores de combustão interna

Aqui se propõe que sejam trabalhados novamente os conceitos já estudados no momento anterior, mas agora com o auxílio de exemplos de problemas no sistema de arrefecimento, como soluções e prevenção para os casos dos problemas dos motores à combustão, evidenciando as implicações para a Sociedade, Tecnologia e Ambiente - CTSA.

Atividade 3: Discussão das respostas do questionário de múltiplas escolhas

É proposto que sejam elaboradas questões de múltipla escolha cujo objetivo é avaliar se houve uma aprendizagem significativa sobre os assuntos abordados.

APÊNDICE B - SEQUÊNCIA DIDÁTICA

AULA 01: APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO

Aplicação do questionário sobre o Sistema de Arrefecimento de Veículos Automotores.

Objetivo: Aplicar o questionário sobre o sistema de arrefecimento de veículos automotores para avaliar o conhecimento dos alunos e promover a consolidação dos conceitos abordados.

Duração: 45 minutos.

Recursos necessários:

1. Questionário de múltipla escolha com 20 questões sobre o sistema de arrefecimento de veículos automotores.
2. Cópias do questionário para cada aluno.
3. Canetas ou lápis para os alunos.
4. Tabela com os níveis de conhecimento.

Passo a passo da aula:

Introdução (tempo estimado: 5 minutos)

1. Cumprimentar os alunos e revisar brevemente os conceitos estudados sobre o sistema de arrefecimento de veículos automotores.
2. Explicar que o objetivo da aula é avaliar o conhecimento adquirido através da aplicação do questionário.
3. Relembrar a tabela com os níveis de conhecimento para que os alunos possam fazer uma autoavaliação de seus resultados.

Aplicação do questionário (25 minutos)

1. Distribuir o questionário de múltipla escolha para cada aluno.
2. Explicar as instruções de como responder às questões.

3. Dar um tempo determinado para que os alunos respondam as questões individualmente.
4. Monitorar o tempo e esclarecer eventuais dúvidas dos alunos durante a aplicação do questionário.

Correção e discussão das respostas (15 minutos)

1. Recolher os questionários preenchidos pelos alunos.
2. Corrigir as respostas em conjunto com a turma, fornecendo as respostas corretas para cada questão.
3. Encorajar os alunos a compartilhar suas estratégias de resolução e a debater as questões mais desafiadoras.
4. Conferir a pontuação total de cada aluno e ajudá-los a identificar seu nível de conhecimento de acordo com a tabela.

Conclusão (5 minutos)

1. Parabenizar os alunos pela participação e pelo esforço durante a aplicação do questionário.
2. Destacar a importância de avaliar o conhecimento para identificar pontos fortes e áreas que precisam ser aprimoradas.
3. Reforçar a importância do sistema de arrefecimento de veículos automotores e sua influência no bom funcionamento do motor e na segurança do veículo.
4. Encorajar os alunos a continuar se aprofundando no assunto e a buscar maneiras de aplicar o conhecimento adquirido no contexto real.

Nota: caso o tempo seja insuficiente para concluir a correção e discussão das respostas, pode-se agendar uma próxima aula para dar continuidade a essa etapa e fornecer feedback individual aos alunos.

QUESTIONÁRIO COM ABORDAGEM CTSA

1. Qual é a principal função do sistema de arrefecimento em um veículo?
 - a) controlar a temperatura ambiente no interior do veículo;
 - b) evitar a corrosão das peças do motor;

- c) reduzir as emissões de poluentes;
 - d) resfriar o motor para evitar superaquecimento.
2. O sistema de arrefecimento opera com base em qual princípio físico?
- a) gravidade;
 - b) pressão atmosférica;
 - c) transferência de calor;
 - d) eletricidade estática.
3. O líquido de arrefecimento utilizado no sistema é composto principalmente por:
- a) água destilada;
 - b) óleo lubrificante;
 - c) gás refrigerante;
 - d) líquido anticongelante.
4. Qual é a função do radiador no sistema de arrefecimento?
- a) regular a pressão do líquido de arrefecimento;
 - b) aquecer o ar ambiente no interior do veículo;
 - c) resfriar o líquido de arrefecimento;
 - d) produzir eletricidade para o motor.
5. Como ocorre a transferência de calor no sistema de arrefecimento?
- a) por meio de correntes de ar geradas pela ventoinha;
 - b) por meio da circulação do líquido de arrefecimento;
 - c) pela radiação infravermelha emitida pelo motor;
 - d) através da expansão e contração dos componentes metálicos.
6. Quais são os componentes principais do sistema de arrefecimento de um veículo?
- a) radiador, bomba d'água e filtro de ar;
 - b) alternador, correia dentada e bateria;

- c) termostato, embreagem e compressor de ar-condicionado;
- d) radiador, bomba d'água e ventoinha.

7. Qual é a função da ventoinha no sistema de arrefecimento?

- a) controlar a pressão dos pneus;
- b) resfriar o líquido de arrefecimento;
- c) purificar o ar do motor antes da combustão;
- d) regular a temperatura do ar-condicionado.

8. Como a eficiência do sistema de arrefecimento pode afetar o consumo de combustível?

- a) aumentando o consumo de combustível;
- b) reduzindo o consumo de combustível;
- c) não há relação entre o sistema de arrefecimento e o consumo de combustível;
- d) tornando o veículo mais suscetível a falhas no motor.

9. Quais são as consequências de um superaquecimento do motor de um veículo?

- a) aumento da potência do motor;
- b) redução das emissões de poluentes;
- c) desgaste acelerado das peças do motor;
- d) melhoria na economia de combustível.

10. Como o sistema de arrefecimento dos veículos pode impactar o meio ambiente?

- a) aumentando a emissão de gases poluentes;
- b) reduzindo a emissão de gases poluentes;
- c) não há impacto ambiental relacionado ao sistema de arrefecimento;
- d) aumentando o consumo de água potável.

11. Quais são as tecnologias utilizadas para melhorar a eficiência do sistema de arrefecimento?
- a) arrefecimento a ar e arrefecimento líquido;
 - b) ar-condicionado e sistema de som;
 - c) ABS e controle de estabilidade;
 - d) injeção eletrônica e sistema de direção assistida.
12. O que é o reservatório de expansão no sistema de arrefecimento?
- a) um componente que armazena o líquido de arrefecimento;
 - b) um dispositivo que regula a pressão dos pneus;
 - c) um filtro que purifica o ar do motor;
 - d) um sensor que controla a temperatura ambiente no interior do veículo.
13. Quais são as consequências de utilizar um líquido de arrefecimento inadequado no sistema?
- a) aumento da potência do motor;
 - b) diminuição da emissão de poluentes;
 - c) redução do consumo de combustível;
 - d) danos ao sistema de arrefecimento e superaquecimento do motor.
14. O que pode causar o entupimento do radiador no sistema de arrefecimento?
- a) uso de combustível de má qualidade;
 - b) vazamento de óleo lubrificante;
 - c) acúmulo de sujeira e detritos;
 - d) aumento da pressão dos pneus.
15. Qual é a função do termostato no sistema de arrefecimento?
- a) controlar a temperatura do ar-condicionado;
 - b) regular a pressão dos pneus;
 - c) regular o fluxo do líquido de arrefecimento;
 - d) controlar a emissão de poluentes.

16. O que pode ocorrer se o termostato do sistema de arrefecimento estiver travado na posição fechada?

- a) aumento da pressão dos pneus;
- b) diminuição da potência do motor;
- c) resfriamento excessivo do motor;
- d) superaquecimento do motor.

17. O que é o radiador de ar no sistema de arrefecimento?

- a) um dispositivo que controla a temperatura ambiente do veículo;
- b) um componente que regula o fluxo do líquido de arrefecimento;
- c) um sensor que mede a pressão dos pneus;
- d) um componente que resfria o líquido de arrefecimento por meio do ar ambiente.

18. O que pode causar a corrosão no sistema de arrefecimento?

- a) uso de combustível de má qualidade;
- b) falha no sistema de escapamento;
- c) acúmulo de sujeira e detritos;
- d) presença de água ou impurezas no líquido de arrefecimento.

19. Qual é a consequência do uso de um líquido de arrefecimento com baixa concentração de anticongelante em regiões com clima frio?

- a) redução da potência do motor;
- b) aumento da eficiência do sistema de arrefecimento;
- c) aumento do consumo de combustível;
- d) risco de congelamento do líquido de arrefecimento.

20. Qual é a importância de realizar a manutenção periódica do sistema de arrefecimento?

- a) melhorar o desempenho do sistema de som;
- b) prolongar a vida útil das peças do motor;
- c) diminuir o consumo de água potável;

d) aumentar a velocidade máxima do veículo.

RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO COM ABORDAGEM CTSA

1. b) resfriar o motor.
2. c) radiador.
3. d) reservatório de expansão.
4. a) transferência de calor.
5. c) ventoinha.
6. a) bomba d'água.
7. d) superar o ponto de ebulição da água.
8. b) arrefecimento a ar e arrefecimento líquido.
9. c) redução do consumo de combustível.
10. d) danos ao sistema de arrefecimento e superaquecimento do motor.
11. a) arrefecimento a ar e arrefecimento líquido.
12. a) um componente que armazena o líquido de arrefecimento.
13. d) danos ao sistema de arrefecimento e superaquecimento do motor.
14. c) acúmulo de sujeira e detritos.
15. c) regular o fluxo do líquido de arrefecimento.
16. d) superaquecimento do motor.
17. d) um componente que resfria o líquido de arrefecimento por meio do ar ambiente.
18. d) presença de água ou impurezas no líquido de arrefecimento.
19. d) risco de congelamento do líquido de arrefecimento.
20. b) prolongar a vida útil das peças do motor.

AULA 02: SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE VEÍCULO AUTOMOTOR

Objetivo da Aula: Compreender o funcionamento e a importância do sistema de arrefecimento de veículos automotores, utilizando a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e os três momentos pedagógicos.

Duração: 60 minutos.

Recursos necessários:

1. Projetor ou quadro branco para exibir slides;
2. Slides com imagens e informações sobre o sistema de arrefecimento;
3. Vídeos explicativos sobre o sistema de arrefecimento;
4. Materiais de demonstração, como um modelo em miniatura de um sistema de arrefecimento ou componentes reais (se disponíveis);
5. Papel e canetas para atividades escritas;
6. Questionário de múltipla escolha sobre o tema (opcional).

Momento 1: Problematização (20 minutos)**Cumprimento e introdução (5 minutos)**

1. Cumprimentar os alunos e apresentar o tema da aula: sistema de arrefecimento de veículo automotor.
2. Estabelecer a relevância do tema, ressaltando a importância do sistema de arrefecimento para o bom funcionamento do motor.

Apresentação da situação-problema (5 minutos)

Apresentar aos alunos a seguinte situação-problema: Imagine que você está dirigindo um veículo em uma rodovia e percebe que o indicador de temperatura está subindo rapidamente. Quais medidas você tomaria e por quê?

Discussão em grupos (10 minutos)

Dividir os alunos em grupos e fornecer tempo para discutir a situação-problema. Incentivar os alunos a compartilhar suas ideias e argumentos, levando em consideração a importância do sistema de arrefecimento e as consequências de um superaquecimento do motor.

Momento 2: Investigação (25 minutos)**Apresentação de slides e vídeos (10 minutos)**

1. Apresentar slides com imagens e informações sobre os componentes do sistema de arrefecimento, como radiador, bomba d'água, termostato e ventoinha.
2. Utilizar vídeos explicativos para demonstrar o funcionamento do sistema de arrefecimento e os princípios físicos envolvidos.

Demonstração prática (10 minutos)

1. Realizar uma demonstração prática, utilizando um modelo em miniatura do sistema de arrefecimento ou componentes reais (se disponíveis).
2. Explicar aos alunos como os componentes interagem entre si e como ocorre a circulação do líquido de arrefecimento.

Atividade escrita (5 minutos)

1. Distribuir papel e canetas aos alunos e propor uma atividade escrita relacionada à investigação realizada.
2. Por exemplo, os alunos podem descrever o papel de cada componente do sistema de arrefecimento ou explicar como ocorre a transferência de calor durante o processo de arrefecimento.

Momento 3: Sistematização e Aplicação (15 minutos)

Discussão coletiva (10 minutos)

1. Promover uma discussão coletiva para sistematizar os conceitos e conhecimentos adquiridos durante a investigação.
2. Os alunos podem compartilhar suas descobertas e discutir a importância do sistema de arrefecimento no funcionamento dos motores.

AULA 03: SISTEMA DE ARREFECIMENTO - TEMPERATURA

Objetivo: Compreender o funcionamento do sistema de arrefecimento de veículos, destacando a importância da medição de temperatura, por meio de uma abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e a aplicação dos Três Momentos Pedagógicos.

Duração: aproximadamente 1 hora.

Recursos necessários:

1. Projetor ou quadro branco para apresentação de slides;
2. Slides preparados com antecedência;
3. Questionário sobre o sistema de arrefecimento de veículos (preparado previamente);
4. Termômetro ou outro dispositivo de medição de temperatura (opcional);
5. Materiais de apoio, como livros, artigos ou folhetos sobre o tema.

Momento 1: Problematização (10 minutos)

Apresente a situação-problema aos alunos: “Imagine que você está dirigindo um veículo em um dia quente e o indicador de temperatura começa a subir rapidamente. Como poderíamos medir a temperatura do motor nessa situação?”

1. Incentive a reflexão e o debate em sala de aula, questionando os alunos sobre a importância do sistema de arrefecimento e por que a medição de temperatura é fundamental nesse contexto;
2. Explore as questões sociais e ambientais relacionadas, como a eficiência energética, consumo de combustível e emissões de poluentes.

Momento 2: Investigação (30 minutos)

1. Apresentar os conceitos básicos do sistema de arrefecimento de veículos, destacando seus componentes principais, como radiador, bomba d'água, termostato e ventoinha;
2. Explorar os princípios físicos envolvidos no processo de arrefecimento, incluindo a transferência de calor, a circulação do líquido de arrefecimento e a atuação da ventoinha;
3. Introduzir a importância da medição de temperatura no sistema de arrefecimento e explicar os métodos utilizados, como termômetros, sensores de temperatura e termistores;
4. Realizar uma atividade prática, se possível, utilizando um termômetro ou outro dispositivo de medição de temperatura para mostrar aos alunos como é feita a medição da temperatura em um veículo.

Momento 3: Sistematização e Aplicação (15 minutos)

1. Promover uma discussão coletiva para sistematizar os conceitos e conhecimentos adquiridos durante a investigação, permitindo que os alunos compartilhem suas descobertas;
2. Conectar o tema do sistema de arrefecimento de veículos com questões sociais, tecnológicas e ambientais, destacando como a eficiência do sistema pode influenciar o consumo de combustível e as emissões de poluentes;
3. Propor uma atividade final em que os alunos apliquem seus conhecimentos adquiridos, por exemplo, elaborando um projeto de melhoria do sistema de arrefecimento de um veículo, considerando a eficiência energética, a redução de impactos ambientais e a segurança.

Aplicação (15 minutos)

1. Durante a aula, observe a participação e o envolvimento dos alunos nas discussões e atividades;
2. Realize uma avaliação formativa ao longo da sequência, por meio de perguntas orais, debates e atividades escritas para verificar a compreensão dos alunos.

Informações adicionais

1. Utilize recursos visuais, como slides, imagens ou vídeos, para auxiliar na compreensão dos conceitos;
2. Incentive a participação ativa dos alunos por meio de perguntas e discussões em grupo;
3. Estimule a busca por informações complementares e a leitura de materiais de apoio para aprofundar o conhecimento sobre o tema.

AULA 04: SISTEMA DE ARREFECIMENTO - CONDUÇÃO DE CALOR

Momento 1: Problematização

Objetivo: Apresentar aos alunos a importância do sistema de arrefecimento de veículos e despertar o interesse sobre o tema.

Introdução (10 minutos)

1. Apresente a situação-problema: “Imagine que você está dirigindo um veículo em um dia quente e o indicador de temperatura começa a subir rapidamente. Quais medidas você tomaria e por quê?”
2. Faça uma breve discussão em sala de aula para que os alunos compartilhem suas ideias e soluções.

Debate em grupo (15 minutos)

1. Divida a turma em grupos pequenos.
2. Peça aos grupos que discutam a situação-problema e elaborem possíveis soluções para controlar a temperatura do veículo.
3. Incentive-os a considerar fatores como o sistema de arrefecimento, a condução de calor e a importância de evitar o superaquecimento.
4. Debate em sala de aula (20 minutos).

Nota: Promover um debate coletivo, permitindo que cada grupo compartilhe suas soluções e argumente sobre a importância do sistema de arrefecimento. Estimular a troca de ideias entre os alunos e incentivá-los a refletir sobre como a falha no sistema de arrefecimento pode afetar o desempenho e a segurança do veículo.

Momento 2: Investigação

Objetivo: Explorar os componentes, princípios físicos e a condução de calor no sistema de arrefecimento de veículos.

Pesquisa orientada (25 minutos)

1. Solicite aos alunos que realizem uma pesquisa sobre os componentes do sistema de arrefecimento, como radiador, bomba d'água, termostato, mangueiras, líquido de arrefecimento, entre outros.
2. Incentive-os a investigar como esses componentes funcionam e sua importância para o controle da temperatura do veículo.
3. Destaque a relação entre a condução de calor e o processo de arrefecimento.

Experimento prático (30 minutos)

Realizar um experimento em sala de aula ou em um laboratório para demonstrar os princípios físicos envolvidos no processo de arrefecimento, com foco na condução de calor. Utilize materiais como recipientes com água, objetos metálicos e fontes de calor para simular o sistema de arrefecimento e observar como a condução de calor ocorre.

Análise comparativa (20 minutos)

1. Promover uma discussão em sala de aula sobre as diferentes tecnologias utilizadas no sistema de arrefecimento, como arrefecimento líquido e arrefecimento a ar.
2. Incentivar os alunos a comparar as vantagens e desvantagens de cada tecnologia, levando em consideração a eficiência da condução de calor.

Momento 3: Sistematização e Aplicação

Objetivo: Sistematizar os conhecimentos adquiridos durante a investigação, incluindo a condução de calor, e relacionar o sistema de arrefecimento com questões sociais, tecnológicas e ambientais.

Discussão coletiva (25 minutos)

1. Realize uma discussão em sala de aula para que os alunos compartilhem as informações obtidas durante a pesquisa e o experimento;
2. Incentive-os a relacionar a condução de calor com o funcionamento adequado do sistema de arrefecimento e a importância de sua manutenção;
3. Apresentação de casos reais (30 minutos), exibir vídeos ou apresentar casos reais que mostrem a importância do sistema de arrefecimento em situações cotidianas e nas diferentes áreas, como transporte, indústria e meio ambiente;
4. Estimular os alunos a refletir sobre os impactos sociais, tecnológicos e ambientais do sistema de arrefecimento de veículos;
5. Reflexão sobre questões sociais, tecnológicas e ambientais (20 minutos). Promover uma reflexão em sala de aula sobre como a eficiência do sistema

de arrefecimento pode influenciar o consumo de combustível, as emissões de poluentes e as preocupações ambientais;

6. Incentivar os alunos a pensar em soluções e melhorias que possam contribuir para a redução dos impactos sociais e ambientais relacionados ao arrefecimento de veículos.

Aplicação

Objetivo: Aplicar os conhecimentos adquiridos por meio de uma atividade prática relacionada ao sistema de arrefecimento.

Projeto de melhoria (40 minutos)

1. Desafie os alunos a elaborarem um projeto de melhoria do sistema de arrefecimento de um veículo, considerando critérios como eficiência energética, redução de impactos ambientais e segurança, levando em conta os princípios da condução de calor.
2. Incentive-os a desenvolver propostas inovadoras, considerando os conhecimentos adquiridos durante a sequência didática.

Apresentação dos projetos (30 minutos)

1. Permita que os alunos apresentem seus projetos à turma, defendendo suas ideias e explicando os benefícios e desafios envolvidos.
2. Estimular o debate entre os alunos, encorajando perguntas e discussões sobre a aplicação dos princípios da condução de calor em seus projetos.

Avaliação e feedback (15 minutos)

1. Avaliar os projetos de acordo com critérios estabelecidos previamente, valorizando a consideração das condições de calor e a criatividade das soluções propostas.
2. Fornecer feedback aos alunos, destacando suas contribuições e incentivando o pensamento crítico.
3. Encerrar a aula reforçando a importância do sistema de arrefecimento de veículos, enfatizando a relação entre a condução de calor, o funcionamento

adequado e a eficiência do sistema. Incentivar os alunos a aplicarem os conhecimentos adquiridos em situações do cotidiano, estimulando sua participação ativa na busca por soluções inovadoras e sustentáveis no contexto dos sistemas de arrefecimento de veículos.

AULA 05: PROBLEMAS NO SISTEMA DE ARREFECIMENTO DE MOTORES

Objetivos:

1. Compreender a importância dos sistemas de arrefecimento de veículos automotores.
2. Identificar os principais problemas relacionados a esses sistemas.
3. Explorar as causas e soluções possíveis para os problemas em sistemas de arrefecimento.
4. Refletir sobre as implicações sociais, tecnológicas e ambientais desses problemas.
5. Desenvolver habilidades de investigação, análise e resolução de problemas.

Duração: 90 minutos

Recursos necessários:

1. Quadro branco ou lousa.
2. Marcadores ou giz.
3. Acesso à internet.
4. Projetor ou tela para exibir vídeos ou apresentações.
5. Materiais para experimento prático (modelo simplificado de sistema de arrefecimento, recipientes, água, termômetro, etc.).
6. Folhas de papel e canetas para os alunos.

Momento 1: Problematização

Introdução (10 minutos)

1. Iniciar a aula cumprimentando os alunos e introduzindo o tema: Problemas em Sistemas de Arrefecimento de Veículos Automotores.
2. Perguntar aos alunos se eles já tiveram alguma experiência com problemas em sistemas de arrefecimento ou se já ouviram falar sobre o assunto.
3. Explique que durante a aula eles terão a oportunidade de explorar esses problemas, suas causas e possíveis soluções.

Apresentação de problemas (20 minutos)

1. Apresente aos alunos diferentes problemas relacionados aos sistemas de arrefecimento de veículos, como vazamentos, superaquecimento do motor, falhas na bomba d'água, entre outros.
2. Estimule a participação dos alunos, incentivando-os a compartilhar experiências pessoais ou conhecimentos prévios sobre o tema.
3. Registre os problemas no quadro ou na lousa.

Discussão em grupo (15 minutos)

1. Divida a turma em grupos pequenos e peça que discutam os problemas apresentados.
2. Incentive-os a identificar as possíveis causas desses problemas e a refletir sobre as consequências para o veículo, o condutor e o meio ambiente.
3. Circule pela sala, fornecendo orientações e estimulando a participação de todos os grupos.

Momento 2: Investigação Pesquisa orientada (20 minutos)

1. Solicite aos alunos que realizem uma pesquisa sobre as principais causas de problemas nos sistemas de arrefecimento de veículos e as possíveis soluções para cada um deles.
2. Oriente-os a buscar informações em fontes confiáveis, como manuais de veículos, artigos científicos e sites especializados.

3. Disponibilize computadores ou dispositivos móveis com acesso à internet para auxiliar na pesquisa.

Análise de casos (30 minutos)

1. Apresente aos alunos casos reais de problemas em sistemas de arrefecimento, como relatos de proprietários de veículos ou estudos de casos.
2. Divida a turma em grupos e peça que analisem os casos, identificando as causas dos problemas e propondo soluções adequadas.
3. Incentive a troca de informações e ideias entre os grupos, promovendo um ambiente colaborativo.

Momento 3: Sistematização e aplicação

Debate em sala de aula (20 minutos)

1. Reúna a turma em um debate coletivo para compartilhar as informações obtidas na pesquisa e na análise dos casos.
2. Incentive os alunos a exporem suas descobertas, argumentarem sobre as causas dos problemas e apresentarem possíveis soluções.
3. Estimule a reflexão sobre as implicações sociais, tecnológicas e ambientais desses problemas e soluções.

Experimento prático (20 minutos)

1. Realize um experimento prático para demonstrar aos alunos os princípios físicos envolvidos no sistema de arrefecimento de veículos.
2. Apresente um modelo simplificado de sistema de arrefecimento e explique o funcionamento básico.
3. Realize o experimento, demonstrando a condução de calor e a transferência de energia no sistema.
4. Solicite a participação dos alunos, permitindo que eles observem e registrem os resultados.

Aplicação

Projeto de melhoria (25 minutos)

1. Desafie os alunos a elaborarem um projeto de melhoria para um sistema de arrefecimento de veículo automotor, considerando critérios como eficiência energética, redução de impactos ambientais e segurança.
2. Divida a turma em grupos e forneça um tempo adequado para o planejamento e a elaboração do projeto.
3. Incentive os alunos a pensarem em soluções inovadoras e a justificarem suas escolhas com base nos conhecimentos adquiridos durante a aula.

Apresentação dos projetos (15 minutos)

1. Permita que cada grupo apresente seu projeto à turma, defendendo suas ideias e explicando os benefícios e desafios envolvidos.
2. Estimule a participação dos demais alunos, promovendo perguntas e debates sobre as propostas apresentadas.

Conclusão e avaliação (10 minutos)

1. Encerrar a aula fazendo uma síntese dos principais pontos discutidos e das soluções propostas.
2. Realize uma breve avaliação, por meio de perguntas orais ou escritas, para verificar a compreensão dos alunos em relação ao tema e aos objetivos da aula.
3. Forneça feedback aos alunos, valorizando suas contribuições e incentivando o pensamento crítico.