

Secretaria  
de Educação e  
Esportes



GOVERNO DE  
**PER  
NAM  
BUCO**  
ESTADO DE MUDANÇA

## Máquinas térmicas e Combustíveis alternativos

## Orientações para Novas Oportunidades de Aprendizagem

### **Secretário de Educação e Esportes**

Alexandre Schneider

### **Secretária Executiva de Gestão de Rede**

Karen Martins Andrade Pinheiro

### **Secretária Executiva de Desenvolvimento da Educação**

Tárcia Regina da Silva

### **Secretário Executivo do Ensino Médio e Profissional**

Gilson Alves do Nascimento Filho

### **Secretário Executivo de Articulação Municipal**

Natanael Silva

### **Secretário Executivo de Administração e Finanças**

Gilson Monteiro Filho

### **Secretário Executivo de Obras**

Rafael Cunha

### **Secretário Executivo de Esportes**

Luciano Leonídio

### **Secretaria Executiva de Gestão de Pessoas**

Rafaela Ramos

## Elaboração

*Milton Matos Rolim*

### Equipe de coordenação

*Janine Furtunato Queiroga Maciel*

**Gerente de Políticas Educacionais do Ensino Médio  
(GGPEM/SEMP)**

*Rômulo Guedes e Silva*

**Gestor de Formação e Currículo  
(GGPEM/SEMP)**

*Andreza Shirlene Figueiredo de Souza*

**Chefe da Unidade de Formação e Currículo do Ensino Médio  
(GGPEM/SEMP)**

### Revisão

*Ana Caroline Borba Filgueira Pacheco*

## Sumário

<b>Introdução</b>	<b>3</b>
Máquinas Térmicas e Combustíveis Alternativos	3
<b>Tecendo conhecimento 1</b>	<b>3</b>
<b>Roteiro de atividade 1</b>	<b>5</b>
<b>Tecendo conhecimento 2</b>	<b>5</b>
<b>Roteiro de atividade 2</b>	<b>6</b>
<b>Tecendo conhecimento 3</b>	<b>7</b>
Impacto Ambiental das Máquinas Térmicas	7
<b>Roteiro de atividade 3</b>	<b>9</b>
<b>Tecendo conhecimento 4</b>	<b>9</b>
Motores Elétricos, Híbridos e Células Combustível	9
<b>Roteiro de atividade 4</b>	<b>10</b>
<b>Tecendo conhecimento 5</b>	<b>10</b>
Eficiência de Motores a Combustão e Elétricos	10
<b>Roteiro de atividade 5</b>	<b>11</b>
<b>Questionário</b>	<b>11</b>
<b>Referencial Bibliográfico</b>	<b>13</b>

## Introdução

Olá estudante.

Este caderno foi escrito especialmente para você, estudante do ensino médio. Aqui você encontrará uma abordagem sobre a Unidade Curricular **Máquinas Térmicas e Combustíveis Alternativos**, com atividades e formas de discussão das temáticas de maneira mais próxima, mediada por este caderno. Dúvidas podem ser tiradas com seus professores na escola.

A Unidade Curricular **Máquinas Térmicas e Combustíveis Alternativos** - presente na **Trilha Meio Ambiente e Sociedade** no Novo Ensino Médio da Rede Pública Estadual de Pernambuco - tem o objetivo de aprofundar conhecimentos que você já estudou na Formação Geral Básica (FGB), do nosso currículo.

Nessa trilha, há um enfoque nas máquinas térmicas, indicando suas peculiaridades, bem definidas e sua relação objetiva que influenciam na realidade, auxiliando na solução de problemas socioculturais e ambientais. Os aprendizados e as práticas vivenciadas na Formação Geral Básica, para a trilha, serão aprofundados como instrumentos à ciência, à comunicação, à cultura e à tecnologia.

Vamos iniciar nossos estudos e trilhar os caminhos do conhecimento, aumentando nossa bagagem intelectual!

### Máquinas Térmicas e Combustíveis Alternativos

Esta Unidade Curricular está voltada para as máquinas térmicas e têm fundamental importância nos dias de hoje, especialmente nas questões ambientais. Explora-se, inicialmente, as habilidades do Eixo Estruturante Investigação Científica, estimulando a curiosidade científica, no trato das questões ambientais, enquanto elemento fundamental para despertar o interesse e mobilizar para o desenvolvimento das habilidades específicas desta Unidade Curricular.

Orienta-se, aqui, que seja explorado o protagonismo do estudante na busca da compreensão das questões ambientais, em especial com relação à 2ª Lei da Termodinâmica, e da busca de

soluções que atendam a atuação na sociedade em que está inserido de forma propositiva.

## Tecendo conhecimento 1

- Física.

### Máquinas Térmicas e o Ciclo de Carnot

No segundo ano do Ensino Médio é previsto o assunto de termodinâmica, incluindo estudo dos gases, termodinâmica e máquinas térmicas. Por este motivo, vamos fazer aqui apenas uma breve revisão dos principais conceitos.

Conforme Ramalho, Nicolau e Toledo (2007), as máquinas térmicas, como, por exemplo, a máquina a vapor, foram inventadas e funcionavam antes que seu princípio teórico fosse estabelecido. Carnot (1796-1832) percebeu que uma diferença de temperatura era tão importante para uma máquina térmica quanto a diferença de nível d'água para uma máquina hidráulica. Ele estabeleceu que:

Para que uma máquina térmica consiga converter calor em trabalho de modo contínuo, deve operar em ciclo entre duas fontes térmicas, uma quente e outra fria: retira calor da fonte quente ( $Q_1$ ), converte-o parcialmente em trabalho ( $\tau$ ) e o restante ( $Q_2$ ) rejeita para a fonte fria (RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO, 2007 p. 194).

O que queremos com uma máquina térmica é que ela realize o máximo de trabalho, a partir do fornecimento de um mínimo de calor para o fluido de trabalho, no caso um gás. Desta forma, podemos representar a eficiência da máquina térmica pela razão entre o trabalho realizado (energia útil) e o calor fornecido (calor da fonte quente).

$$\eta = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia total}} \quad \eta = \frac{\tau}{Q_1}$$

Como o trabalho  $\tau = Q_1 - Q_2$ , temos:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Onde as quantidades de calor 1 e 2 são consideradas em módulo.

### O Ciclo de Carnot

Em 1824, Carnot idealizou um ciclo que proporciona o rendimento máximo a uma máquina térmica. Este ciclo consta de duas transformações adiabáticas alternadas com duas transformações isotérmicas, todas elas reversíveis, sendo o ciclo também reversível.

O rendimento do ciclo de Carnot foi demonstrado ser função exclusiva das temperaturas absolutas (temperatura kelvin) das fontes quente e fria, não dependendo, portanto, da substância utilizada. Assim, Carnot provou também que este rendimento corresponde ao rendimento máximo que pode ser obtido por uma máquina térmica operando entre duas temperaturas T1 (fonte quente) e T2 (fonte fria), podendo o rendimento de Carnot ser representado por:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Existem ciclos teóricos reversíveis que podem ter rendimento igual ao do ciclo de Carnot, mas nunca pode alcançar 100% ( $\eta=1$ ). Para isto ocorrer precisaríamos que  $T_2 = 0K$ .

A eficiência de Carnot é importantíssima em termodinâmica, pois ela estabelece o limite máximo de eficiência de qualquer máquina térmica, funcionando entre duas fontes de calor, uma fonte quente e outra fria.

### Ciclos termodinâmicos

Uma vez conhecidos os limites da eficiência de Carnot, foram construídos ciclos termodinâmicos teóricos que aproximasse a sua eficiência daquela dada pela fórmula de Carnot. A título de informação comentaremos sobre alguns destes ciclos, desenvolvidos para cada tipo de máquina térmica.

### O Ciclo Rankine

O ciclo Rankine apresenta a eficiência dos sistemas de turbinas a vapor. Hoje, o ciclo Rankine é o ciclo operacional fundamental de todas as usinas termelétricas. Em 1859, William John Macquorn Rankine, um engenheiro escocês, publicou o “Manual do motor a vapor e outros motores principais”. Rankine desenvolveu uma teoria completa sobre o motor a vapor e, de fato, de todos os motores térmicos (CONNOR, 2020).

Disponível em: [O que é o Ciclo Rankine - Ciclo da Turbina a Vapor - Definição](#). Acesso 01 set. 2022.

### O Ciclo Otto e Diesel

Os motores atuais mais utilizados são de combustão interna que utilizam o ciclo Otto, a gasolina, e Diesel, a óleo diesel.

O ciclo diesel, bem como o Otto, dependem da taxa de compressão e do calor específico. No momento, é importante ter em mente que, estes motores, apresentam uma eficiência, na prática, entre 20%, os menos eficientes e 40%, os mais eficientes. Isto se considerando a eficiência de transformação da energia que o combustível fornece e o trabalho realizado pelo motor.

### Fique por dentro

Para mais informações sobre máquinas térmicas acesse os links:



[Vídeo 1;](#)



[Vídeo 2.](#)



## Máquinas térmicas e a 2ª Lei da Termodinâmica

Conforme é estudado em termodinâmica do ensino médio, o rendimento máximo de uma máquina térmica, trabalhando entre uma fonte fria (a temperatura  $T_{fria}$ ) e uma fonte quente (a temperatura  $T_{quente}$ ) é dado pelo rendimento de um ciclo de Carnot, expresso por:

$$\eta = 1 - \frac{T_{fria}}{T_{quente}}$$

Podemos observar que o rendimento máximo nunca chegará a 100%, pois isso só ocorreria se a fonte fria estivesse a 0 K, ou zero absoluto, o que não é possível. Via de regra, a fonte fria está na temperatura ambiente.

Pela fórmula da eficiência de Carnot podemos observar que, quanto mais baixa a temperatura da fonte fria e mais alta a da fonte quente, maior será o rendimento do ciclo termodinâmico.

## Coefficiente de desempenho – Geladeira, Ar-condicionado

O coeficiente de desempenho, COP, de um refrigerador ou ar-condicionado é definido como o calor removido do ambiente frio, dividido pelo trabalho realizado para remover este calor (trabalho realizado pelo compressor). Quanto mais eficiente for a geladeira ou ar-condicionado, mais calor pode ser removido do interior da geladeira, ou sala refrigerada, por uma quantidade determinada de trabalho.

$$COP = \frac{Q_{fria}}{\tau}$$

Calculado a partir das temperaturas absolutas, o valor teórico máximo do COP é dado, em função das temperaturas das fontes quente e fria, como:

$$COP_{Max} = \frac{T_{fria}}{T_{quente} - T_{fria}}$$

**Obs:** Diferente da eficiência de uma máquina a vapor, o COP, pode ser maior que 1 e quanto maior seu valor, mais eficiente será a geladeira ou ar-condicionado.

## Entropia e Filosofia

O tema Entropia é bastante complexo, quando começamos a analisar como um todo na natureza. O processo de decomposição acontece incessantemente na natureza e faz parte dela. Plantas, animais e todo tipo de organismos surgem e se desenvolvem no que Aristóteles chamou de Geração e, então, entram em degenerescência, que Aristóteles chamou de Corrupção em sua obra “Da Geração e Corrupção”.

Então, devemos ter muito cuidado na generalização da segunda lei da Termodinâmica, ela se restringe a mecanismos, mais especificamente, as máquinas térmicas e, por extensão, a outros processos que envolvem a transformação de energia e trabalho. Nesse caso, podemos falar em qualidade da energia e sua degradação. Quanto a sua aplicação à natureza como um todo, ao nosso ver, trata-se de uma questão filosófica, com aspectos de metafísica.

## Roteiro de atividade 2

Nesta etapa o aluno deve pesquisar com especialistas ou na internet para explicar, de acordo com o aprendido nesta seção, porque não se deve colocar roupas para secar atrás da geladeira.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



mais conhecidas. Segundo Pena (c. 2023) existem três linhas principais de argumentação com relação às chamadas Mudanças Climáticas.

a) A primeira linha de argumentação se baseia em dados do IPCC, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, órgão ligado à ONU (Organização das Nações Unidas). Esta linha de argumentação baseia-se na elevação das temperaturas em função da emissão dos chamados gases-estufa, como o CO<sub>2</sub> (gás carbônico), CH<sub>4</sub> e o CFC (clorofluorcarboneto). Segundo estes dados, cerca de 90% das alterações climáticas foram causadas pelo homem e apenas 10% são naturais. Entre os mais conhecidos defensores dessa tese, está o ex-vice-presidente dos Estados Unidos, Al Gore, que organizou um documentário chamado Uma Verdade Inconveniente.

b) Na segunda linha, alguns cientistas, apesar de aceitarem a existência do Aquecimento Global, defendem que se trata de um processo natural, pois o Sol seria o principal fator que influencia o clima da Terra, e não os gases atmosféricos. Assim, com o aumento das atividades solares, aconteceria o aquecimento médio das temperaturas no planeta. Entre os principais defensores, aparece o professor Timothy Ball, PhD pela Universidade de Londres. Entre outras críticas, contestam a ameaça representada pelos gases-estufa. Alguns cientistas afirmam que o CO<sub>2</sub> é benéfico para a atmosfera terrestre, pois estimula o desenvolvimento e crescimento das vegetações. Por essa linha, se o CO<sub>2</sub> representasse uma ameaça, o planeta Marte seria mais quente que a Terra, pois sua atmosfera é composta em mais de 95% por esse gás. No entanto, suas temperaturas são, em média, de -50°C

c) Em uma terceira linha, há um grupo que afirma que o Aquecimento Global se trata de uma teoria que jamais foi provada. Para eles seria uma estratégia, de “alarmismo”, dos países desenvolvidos para evitar o aumento do consumo e do padrão de vida do mundo subdesenvolvido, o que envolveria outras questões políticas e que não possuem validade científica. Entre seus defensores pode-se destacar Timoth Oke, climatólogo canadense, Ricardo Augusto Felício, climatólogo e professor da USP, e Luiz Carlos Molion, meteorologista da Universidade Federal de Alagoas.

Disponível em: [Aquecimento global existe mesmo?](#). Acesso em 25 jun. 2024.

## Os combustíveis e o meio ambiente

Apesar da controvérsia citada, podemos nos basear na segunda Lei da Termodinâmica para afirmar que a utilização de combustíveis é

mais prejudicial ao Meio Ambiente, que as energias não combustíveis, devido à alta geração de entropia, como visto no item anterior. Assim, a migração de combustíveis fósseis, ou até mesmo biocombustíveis, para outras fontes de energia, como a solar e eólica, reduziria muito o impacto da atividade humana sobre o Meio Ambiente. Outro aspecto importante é o desmatamento, que podemos considerar uma forma de aumento de entropia no ambiente.

## Os combustíveis e o fluxo de energia no ambiente

Devemos ter em mente que quase toda energia térmica da Terra, vem do Sol. É esta energia que movimenta o ar, evapora a água para produzir as nuvens e tudo mais que observamos de movimentos naturais. Uma parcela bem pequena desta energia é armazenada na forma de energia química, primeiro pelas plantas, depois pelos animais que se alimentam das plantas e finalmente pelos decompositores de plantas e animais.

Quando utilizamos combustíveis fósseis, estamos devolvendo esta energia ao meio ambiente na forma de calor e, no caso dos biocombustíveis, estamos fazendo isto antes que esta energia sirva ao restante da cadeia ecológica.

Esta explicação simplificada serve para demonstrar a importância de deixarmos de utilizar combustíveis fósseis. Porém aqui fica um alerta, não devemos querer mudar as coisas a qualquer custo, pois toda economia atual tem seus alicerces nos combustíveis fósseis que está tendo sobrevida com os biocombustíveis, pois ambos são utilizados no mesmo tipo de tecnologia, ou seja em máquinas térmicas.

A simples paralisação do uso de combustíveis, causaria o caos, ou seja, entropia social. Por isso, devemos ter a substituição dos combustíveis como meta, mas seguindo um caminho de substituição econômica e socialmente sustentável.

## Os combustíveis Alternativos

Muito tem se falado sobre a utilização do álcool e biodiesel como alternativas para substituição dos combustíveis fósseis. Porém, devemos ter em mente que cada tonelada de soja, por exemplo, como combustível, é uma tonelada a menos de alimento disponível. Mas tem situações que justificam o uso de biomassa para produzir combustíveis.









d) 50%; 600 K.

Disponível em: <https://app.estuda.com/questoes/?id=130596>. Acesso em 01 out. 2024.

2) (UESB) A máquina térmica é um dispositivo capaz de converter calor em trabalho e é constituída por dois reservatórios a temperaturas distintas.

Com relação às máquinas térmicas e à Segunda Lei da Termodinâmica, é correto afirmar:

a) As máquinas térmicas de Carnot são utilizadas para converter energia mecânica totalmente em trabalho.

b) Uma máquina térmica tem maior eficiência quando transforma menos calor em trabalho, rejeitando assim mais calor para a fonte fria.

c) Uma máquina térmica que realiza um trabalho de 20,0kJ, quando lhe é fornecida uma quantidade de calor igual a 25,0kJ, apresenta um rendimento de 78%.

d) Uma máquina térmica operando entre duas temperaturas fixas e distintas pode ter rendimento maior que a máquina ideal de Carnot, se estiver operando entre essas mesmas temperaturas.

e) Qualquer máquina térmica real que opera entre um reservatório térmico de temperatura  $T_1$  e um reservatório de temperatura  $T_2$ , com  $T_1 > T_2$  tem rendimento menor do que qualquer máquina térmica **reversível** que opera entre reservatórios térmicos com as mesmas temperaturas  $T_1$  e  $T_2$ .

Disponível em: <https://app.estuda.com/questoes/?id=229105>. Acesso em 01 out. 2024.

3) (PUC-PR) Uma máquina térmica opera entre duas fontes a temperaturas constantes. Considerando que essas fontes estão a 27°C e 327°C e que a máquina retira 100 kJ da fonte quente a cada ciclo, qual é a energia útil obtida por essa máquina por ciclo?

- a) 50 kJ
- b) 91 kJ
- c) 9 kJ
- d) 27 kJ

e) 32,7 kJ

Disponível em: <https://app.estuda.com/questoes/?id=1557705>. Acesso em 01 out. 2024.

4) (UEL) A Revolução Industrial foi acompanhada por profundas transformações na Europa. Os novos meios de transporte, que utilizavam as máquinas térmicas recém-criadas, foram essenciais aos avanços relacionados à industrialização por todo o continente. Naquele período, foi demonstrado teoricamente que uma máquina térmica ideal é aquela que descreve um ciclo especial, denominado ciclo de Carnot. Sobre os princípios físicos da termodinâmica e do ciclo de Carnot, assinale a alternativa correta.

a) As máquinas térmicas, que operam em ciclos, são **incapazes** de retirar o calor de uma fonte e o transformar integralmente em trabalho.

b) Em uma máquina térmica que opera em ciclos de Carnot, ocorrem duas transformações isobáricas e duas isovolumétricas.

c) No ciclo de Carnot, ocorre uma transformação reversível, enquanto as demais são irreversíveis.

d) O rendimento de uma máquina térmica é nulo quando as etapas do ciclo de Carnot forem transformações reversíveis.

e) Uma máquina térmica é capaz de transferir calor de um ambiente frio para um quente sem a necessidade de consumir energia externa.

Disponível em: <https://app.estuda.com/questoes/?id=94145>. Acesso em 01 out. 2024.

5) (IFRR) Uma máquina térmica que opera segundo o Ciclo de Carnot tem temperatura da sua fonte quente 827 °C e temperatura da fonte fria -53°C. Calcule o rendimento da máquina.

- a) 80%
- b) 60%
- c) 40%
- d) 30%
- e) 90%

Disponível em: [Uma máquina térmica que opera segundo o Ciclo de Carnot tem | Quizlet](#). Acesso em 01 out. 2024.

## Referencial Bibliográfico

BRASIL. Lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [L12305](#). Acesso 13 fev. 2022.

CONNOR. N. O que é o Ciclo Rankine – Ciclo da Turbina a Vapor – Definição. Publicado em 26 jan. 2020. Disponível em: [O que é o Ciclo Rankine - Ciclo da Turbina a Vapor - Definição](#). Acesso 01 set. 2022.

CARRO ELÉTRICO. Consumo de carros elétricos e híbridos, publicado em 2018. Disponível em: [Consumo de carros elétricos e híbridos](#). Acesso 27 set. 2022.

COELHO, A. M. Carros híbridos e elétricos são econômicos? Consumo em km\kWh! Disponível em: [Carros híbridos e elétricos são econômicos? Consumo em km\kWh!](#). Acesso 27 set. 2022.

RAMALHO, NICOLAU E TOLEDO. Os fundamentos da Física. 9ª Edição. Vol. 2. Ed. Moderna. São Paulo, 2007.

## Vídeos

Vídeo 1 - Física das máquinas térmicas | Física do cotidiano. Acessível em: [https://www.youtube.com/watch?v=bYaBParE6\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=bYaBParE6_o). Acesso em 25 jul. 2024.

Vídeo 2 - Construa um MOTOR MOVIDO A VELA (MOTOR STIRLING). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=egNrHP6pMUo>. Acesso em 26 jun. 2024.

Vídeo 3 - A TRISTE REALIDADE de CARROS ELÉTRICOS no BRASIL! QUAIS AS VANTAGENS e DESVANTAGENS? Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p1C5VqKvp7k>. Acesso 05 out. 2022.

Vídeo 4 - Carro Elétrico Vs Carro a Gasolina | Como os carros elétricos realmente funcionam. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lydQ4r67ScI>. Acesso em 03 mar. 2023.

Vídeo 5 - Disponível em: GASOLINA SINTÉTICA: ela pode ser a SALVAÇÃO dos motores a COMBUSTÃO? <https://www.youtube.com/watch?v=q9v6UArE2XQ>. Acesso em 25 jun. 2024.

