



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Docente: Rildo Afonso de Almeida

Máquinas Térmicas e Hidráulicas



CICLOS TÉRMICOS



CICLOS TÉRMICOS

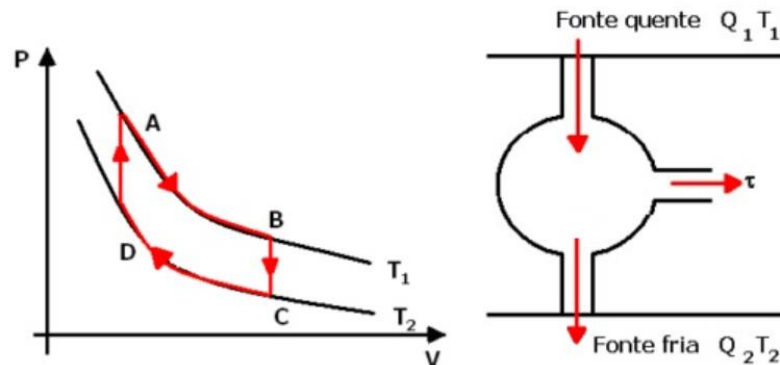
Define-se como **ciclo termodinâmico** a sequência repetitiva de transformações físicas produzidas por um sistema a fim de realizar trabalho. Os ciclos termodinâmicos são a base do funcionamento de motores de calor, que operam a maioria dos veículos no mundo. Veja alguns exemplos de ciclos termodinâmicos e os tipos de motores de calor que os mesmos representam:

- Ciclo de Carnot
- Ciclo de Otto
- Ciclo de Diesel
- Ciclo Rankine
- Ciclo de Stirling

CICLOS TÉRMICOS

Ciclo de Carnot

O ciclo de Carnot, proposto pelo engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot, é considerado um ciclo termodinâmico ideal, representando apenas o funcionamento teórico de uma máquina. Este ciclo reversível é formado por duas transformações isotérmicas, que se alternam com duas transformações adiabáticas. Todas as trocas de calor são isotérmicas neste ciclo.





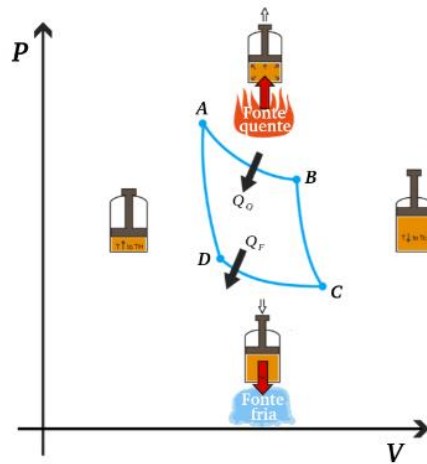
CICLOS TÉRMICOS

Até hoje ainda não foi possível desenvolver uma máquina de Carnot, ou seja, uma máquina que opere sob o ciclo de Carnot, uma vez que, seu rendimento corresponde ao máximo que uma máquina térmica pode atingir, operando entre determinadas temperaturas de fonte quente e fonte fria. Assim, para chegar próximo ao sistema isotérmico, um processo real desse ciclo teria que ser muito lento e isso inviabilizaria seu uso.

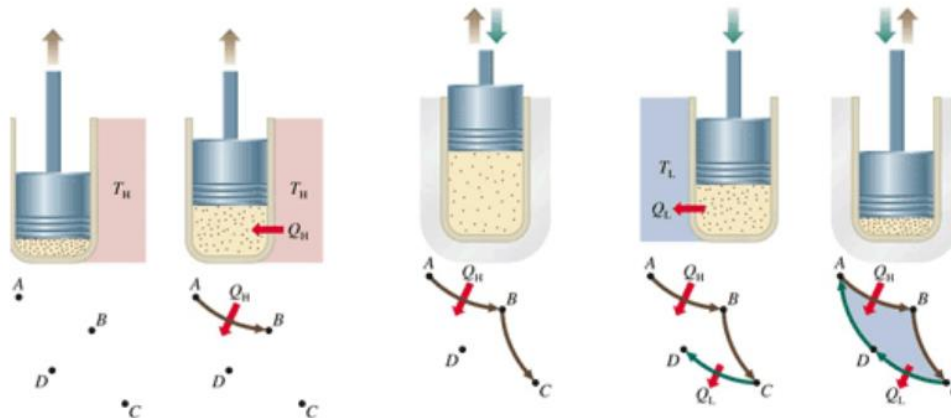
Por representar o ciclo mais básico da Termodinâmica, a máquina de Carnot é utilizada apenas como um comparativo, que mostra se uma máquina térmica tem ou não um bom rendimento.

CICLOS TÉRMICOS

Ciclo de Carnot



- Expansão isotérmica AB: o gás retira energia térmica da fonte quente;
- Expansão adiabática BC: o gás se expande sem trocar calor, ocasionando uma queda de temperatura;
- Compressão isotérmica CD: o gás rejeita energia térmica para a fonte fria;
- Compressão adiabática DA: o gás comprime sem trocar calor, ocasionando um aumento de temperatura.





CICLOS TÉRMICOS

→ O RENDIMENTO NO CICLO DE CARNOUT

Podemos calcular o rendimento de uma máquina térmica, independentemente do ciclo operacional, através da seguinte expressão:

$$\mu = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$$

Em se tratando de ciclo de Carnout – e isto só é verdade para este ciclo; é verdadeira a seguinte igualdade:

$$\frac{Q_f}{Q_q} = \frac{T_f}{T_q} \text{ Em que } T_f \text{ e } T_q \text{ são as temperaturas da fonte fria e fonte quente respectivamente, em kelvin.}$$

Substituindo a igualdade na expressão supracitada, obteremos a seguinte fórmula para o cálculo do rendimento de uma máquina que opera em ciclo de Carnout:

$$\mu = 1 - \frac{T_f}{T_q}$$



CICLOS TÉRMICOS

→ TEOREMA DE CARNOUT

I. Primeiro enunciado

Nenhuma máquina térmica que opere entre duas dadas fontes , às temperaturas T_f e T_q , podem ter maior rendimento que uma máquina de Carnout operando entre estas mesmas fontes

II. Segundo enunciado

Qualquer máquina de Carnout operando entre um mesmo par de temperaturas e possuem o mesmo rendimento , independentemente do gás ou material empregado na construção da máquina



CICLOS TÉRMICOS

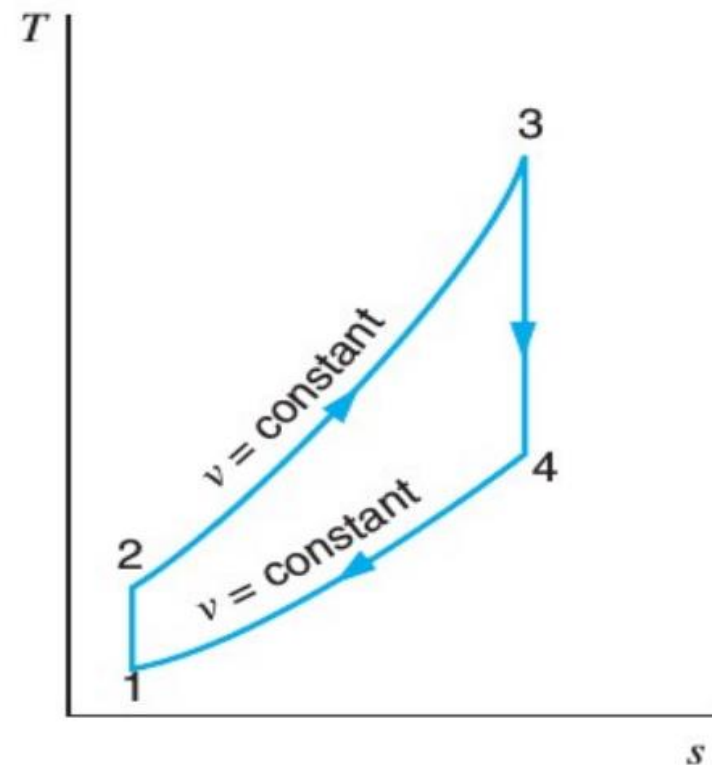
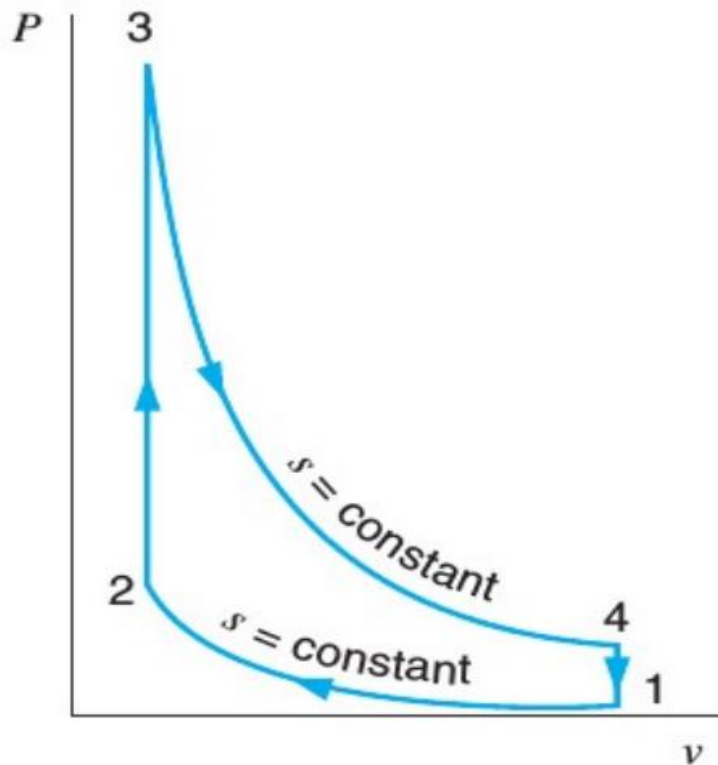
Ciclo de Otto

O ciclo de Otto idealiza o funcionamento de motores de combustão interna, que operam grande parte dos veículos automotores movidos a álcool, gasolina ou gás natural. Neste tipo de motor, o calor captado pelo ciclo é proveniente de uma reação de combustão, que acontece no interior do motor. Uma faísca provoca a ignição da combustão e com isso, os gases produzidos na reação são utilizados para realizar trabalho.

Assim como nenhum outro ciclo termodinâmico, o ciclo de Otto não é tão eficiente quanto o ciclo de Carnot, visto que sua eficiência depende diretamente das propriedades do fluido, como, por exemplo, o calor latente de evaporação e a energia interna.

CICLOS TÉRMICOS

Ciclo de Otto





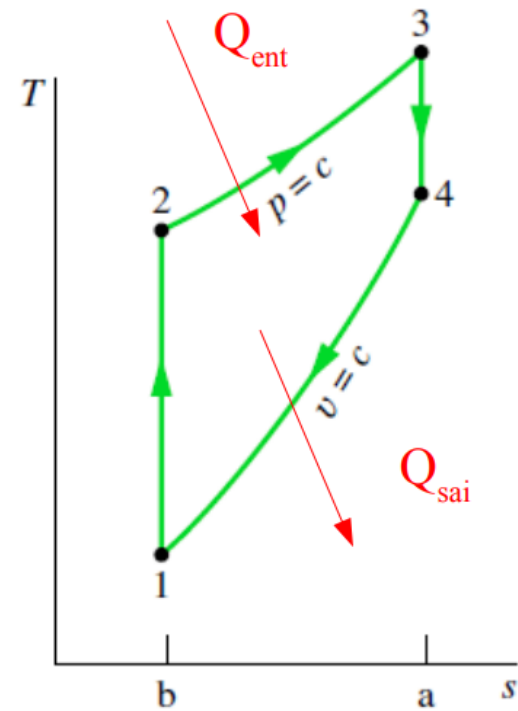
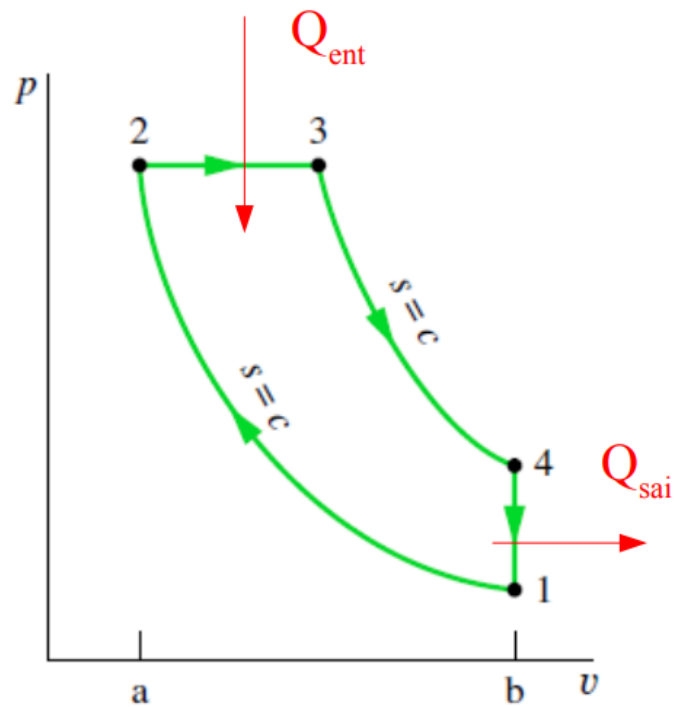
CICLOS TÉRMICOS

Ciclo de Diesel

O ciclo de Diesel representa o funcionamento de outro tipo de motor de combustão interna: o motor movido a diesel. A principal característica deste ciclo é o fato da combustão ser provocada pela compressão da mistura de combustível com o ar (sem faísca). Isso ocorre porque nesse tipo de motor não existe a vela (o dispositivo que causa a faísca), ao contrário dos motores movidos a gasolina, por exemplo.

CICLOS TÉRMICOS

Ciclo de Diesel





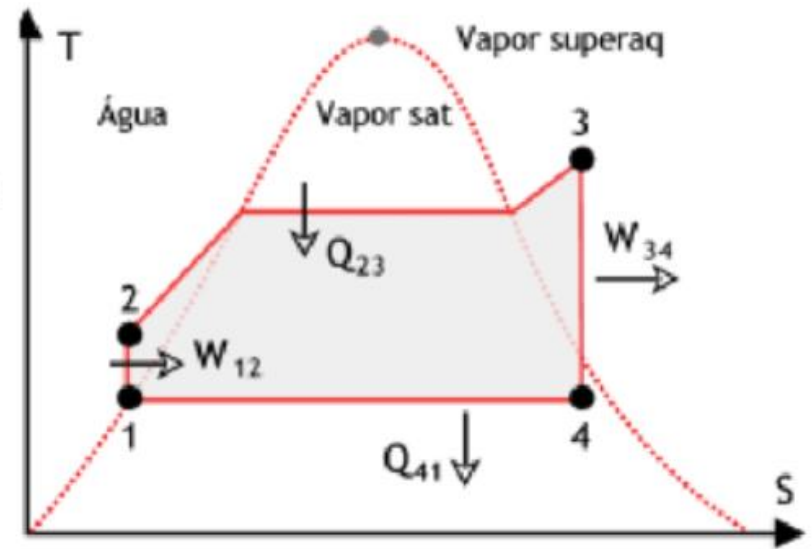
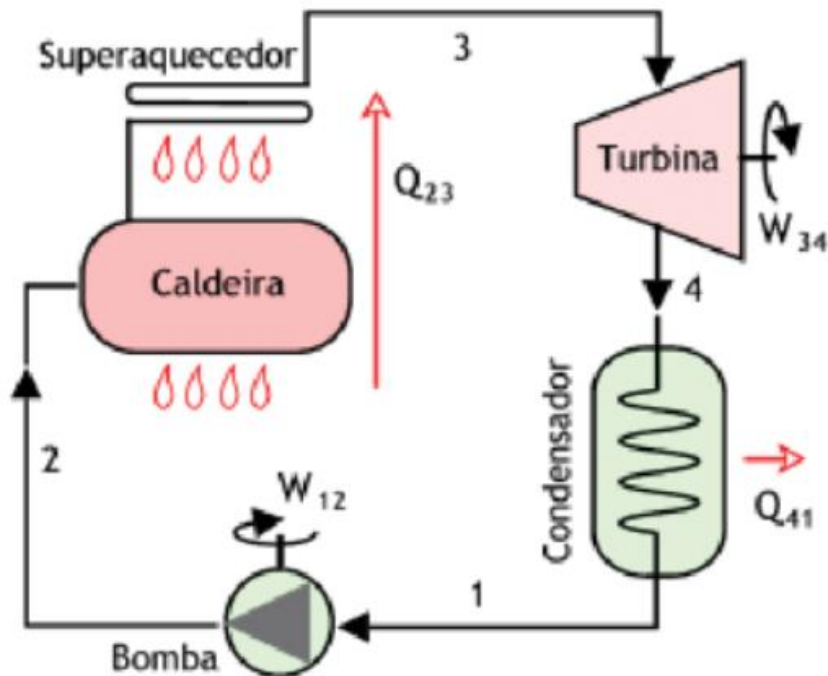
CICLOS TÉRMICOS

Ciclo Rankine

O ciclo Rankine é o ciclo termodinâmico que representa de forma idealizada o funcionamento das máquinas a vapor, ou seja, de um motor que opera através da transformação de energia térmica em energia mecânica. Tal processo baseia-se no fato de que um gás se contrai ao condensar e se expande quando evapora, de forma a realizar trabalho mecânico. Sendo assim, neste ciclo existe uma transição de fases: condensação e evaporação.

CICLOS TÉRMICOS

Ciclo Rankine





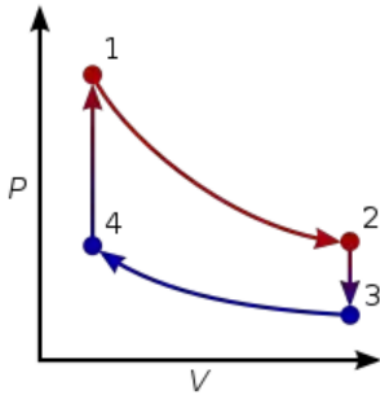
CICLOS TÉRMICOS

Ciclo de Stirling

‘O ciclo de Stirling idealiza o funcionamento de um motor de combustão externa. Esse ciclo é o mais simples, uma vez que é composto apenas por duas câmaras que oferecem temperaturas diferentes, de maneira que o gás seja resfriado alternadamente. Este ciclo é o que mais se parece com o ciclo de Carnot. As máquinas térmicas que operam com base no ciclo de Stirling apresentam um rendimento maior do que aquelas operadas com base no ciclo de Otto ou de Diesel.

CICLOS TÉRMICOS

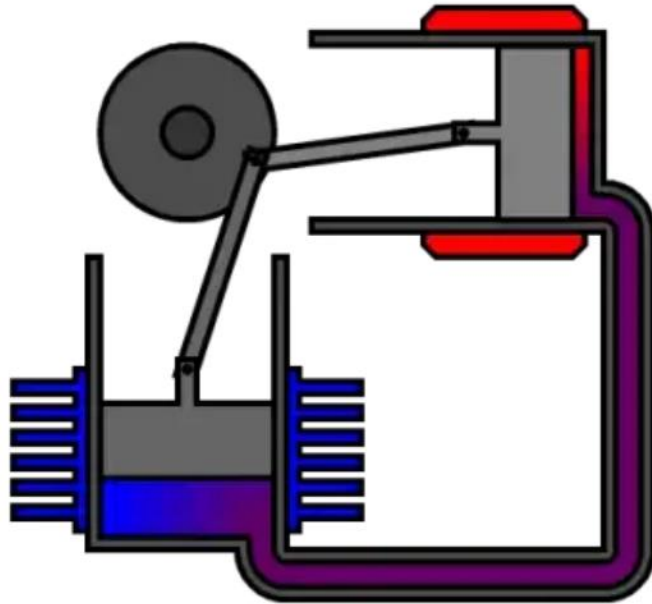
Ciclo de Stirling



- 1-2 expansão isotérmica do fluido de trabalho com o suprimento de calor do aquecedor. Expansão de temperatura constante.
- 2-3 eliminação do calor isocórico do fluido de trabalho para o regenerador. Processo em volume constante.
- 3-4 compressão isotérmica do fluido de trabalho com remoção de calor no refrigerador.

CICLOS TÉRMICOS

Ciclo de Stirling



O motor Stirling é um tipo de motor térmico. Sua operação é baseada na expansão e contração de um gás. Esse gás é forçado a mover-se ciclicamente de um foco frio onde contrai para uma área quente onde se expande.



CICLOS TÉRMICOS

Pode-se concluir, então, que um ciclo termodinâmico é uma série de processos repetitivos realizados por um fluido, que pode ser um gás ou um líquido, para produzir trabalho.



CICLOS TÉRMICOS

Exercícios

01. Uma máquina que opera em ciclo de Carnot, possui uma fonte fria de temperatura $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; sabendo que o rendimento desta máquina é de 20%, calcule a temperatura da fonte quente da máquina e indique a mais próxima dentre as alternativas.

- a) $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. c) $67\text{ }^{\circ}\text{C}$. e) $98\text{ }^{\circ}\text{C}$.
b) $54\text{ }^{\circ}\text{C}$. d) $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

02. Uma determinada máquina térmica deve operar em ciclo entre as temperaturas de 27°C e 227°C . Em cada ciclo ela recebe 1000 cal da fonte quente. O máximo de trabalho que a máquina pode fornecer por ciclo ao exterior, em calorías, vale:

- a) 1'000. c) 500. e) 200.
b) 600. d) 400.



CICLOS TÉRMICOS

Exercícios

03. (Enem 2003) No Brasil, o sistema de transporte depende do uso de combustíveis fósseis e de biomassa, cuja energia é convertida em movimento de veículos. Para esses combustíveis, a transformação de energia química em energia mecânica acontece:

- a) na combustão, que gera gases quentes para mover os pistões no motor.
- b) nos eixos, que transferem torque às rodas e impulsionam o veículo.
- c) na ignição, quando a energia elétrica é convertida em trabalho.
- d) na exaustão, quando gases quentes são expelidos para trás.
- e) na carburação, com a difusão do combustível no ar.



CICLOS TÉRMICOS

Exercícios

04. Uma máquina térmica, operando em ciclo de Carnot, trabalha entre as temperaturas de -73°C e 227°C . EM cada ciclo, a máquina recebe 500 J da fonte quente. Analise as seguintes alternativas:

- I. O rendimento desta máquina é de 40%.
- II. O trabalho realizado por esta máquina é de 300 J.
- III. O calor rejeitado, por ciclo, para a fonte fria é de 200 J.

Está correta ou estão corretas

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) I e III.
- d) somente I. III.
- e) somente III.



CICLOS TÉRMICOS

Exercícios

05. Numa turbina, o vapor de água é admitido a 800 K e é expulso a 400 K. Se o rendimento real dessa turbina é 80% do seu rendimento ideal ou limite, fornecendo-se 100 KJ de calor à turbina ela poderá realizar um trabalho igual a:

- a) 80 kJ.
- b) 60 kJ.
- c) 40 kJ.
- d) 20 kJ.
- e) 10 kJ.

CICLOS TÉRMICOS

Exercícios

06. Um projeto propõe a construção de três máquinas térmicas , M1, M2 e M3, que devem operar entre as temperaturas de 250 K e 500 K, ou seja, que tenham rendimento igual 50%. Em cada ciclo de funcionamento, o calor absorvido por todas é o mesmo: $Q = 20 \text{ KJ}$, mas espera-se que cada uma delas realize o trabalho W mostrado na tabela abaixo.

Máquina	W
M1	20 KJ
M2	12 KJ
M3	8 KJ

De acordo com a segunda lei da termodinâmica, verifica-se que somente é possível a construção da(s) máquina(s)

- a) M1. c) M3. e) M2 e M3.
b) M2. d) M1 e M2.



Bibliografia Básica

- 1 - MACINTYRE, A.J.- Bombas e Instalações de Bombeamento. Ed. Guanabara, 1980.
- 2 - WYLEN, G.V.&SONITAG, R>E.- Fundamentos da Termodinâmica Clássica. Editora Edigard Blücher, 1978
- 3 - SIMONE, G. A. – Centrais e Aproveitamentos Hidrelétricos. Ed. Érica-2003.



Bibliografia Complementar

- 1 - MACINTYRE, A J. – Máquinas Motrizes Hidráulicas. Ed. Guanabara, 1983.
- 2 - SOUZA, S. & FUCHS, R. D. & SANTOS, A. H. M. - Centrais Hidro e Termoelétricas, Editora Edgard Blücher, 1983.
- 3 - BISTAFA, Sylvio R. Mecânica dos fluidos noções e aplicações. Editora Blucher
- 4 - ORGANIZADOR JEFERSON AFONSO LOPES DE SOUZA. Transferência de calor. Pearson
- 5 - STROBEL, Christian. Termodinâmica técnica. Editora Intersaberes.