

# Motores Térmicos

8° Semestre

4° ano

# Aula 9 – Índices Característicos de Motores de Combustão Interna

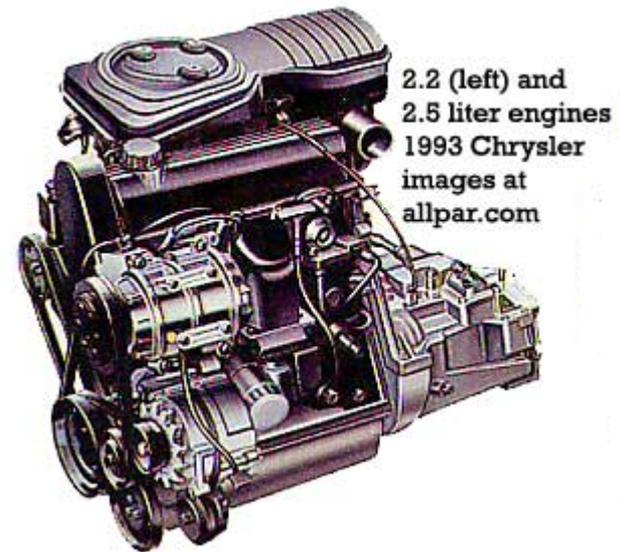
---

- ▶ Parâmetros Geométricos dos Motores;
- ▶ Momento Torsor e Potência;
- ▶ Trabalho Indicado por Ciclo;
- ▶ Rendimento Mecânico;
- ▶ Potência em Estrada;
- ▶ Pressão Média Efectiva;
- ▶ Consumo Específico de Combustível;
- ▶ Rendimento Térmico;
- ▶ Relações Ar/Combustível e Combustível/Ar;
- ▶ Rendimento Volumétrico;
- ▶ Peso e Volume Específicos do Motor;
- ▶ Factores de Correção Para a Potência e Rendimento Volumétrico;
- ▶ Emissões específicas e Índice de Emissões;
- ▶ Relação entre os Parâmetros de Desempenho.

# Problema 9.1

---

Para um motor que funciona segundo o ciclo Otto de quatro cilindros de marca Chrysler com 3 litros de cilindrada, com o curso do êmbolo de 92 mm, taxa de compressão 8,9 e potência máxima 65 kW @ 3500 RPM. Calcule para a potência máxima a velocidade média do pistão, a pressão média efectiva e a Potência específica.



# Problema 9.1 (Resolução)

---

A velocidade média do pistão é dada por:

$$\bar{V}_p = 2SN \quad [\text{m/s}]$$

$$\bar{V}_p = 2 \cdot 92 \times 10^{-3} \cdot \frac{3500}{60} = 10,73 \quad [\text{m/s}]$$

A Pressão média efectiva é dada por:

$$P_{me} = \frac{P_i \cdot n_R \times 10^{-3}}{V_d \cdot N} \quad [\text{Pa}]$$

$$P_{me} = \frac{65 \cdot 2 \cdot 60}{3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 3500} = 742,8 \quad [\text{kPa}]$$

A Potência específica é dada por:

$$P_{esp} = \frac{P_{\max}}{A_p} = \frac{65 \cdot S \cdot z}{V_d} = 7973 \quad [\text{kW/m}^2]$$



## Problema 9.2

---

- ▶ Para um motor a quatro tempos de seis cilindros com um raio da cambota de 50 mm, diâmetro do êmbolo 80 mm e pressão média efectiva ao Torque Máximo é de 1200 kPa, calcular o Momento Torsor Máximo sabendo que ele ocorre a Pótência de 104 kW. A que velocidade, em RPM surge o Torque máximo?

## Problema 9.2 (Resolução)

---

O volume deslocado é calculado de:

$$V_d = \pi \frac{D^2}{4} S \cdot Z$$

$$S = 2r$$

$$V_d = \pi \frac{D^2}{4} 2 \cdot r \cdot Z = \pi \cdot \frac{(0,08)^2}{2} \cdot 0,05 \cdot 6 = 0,003 \text{ m}^3$$

O Momento Torsor calcula-se de:

$$P_{me} = \frac{6,28 \cdot n_R \cdot T}{V_d} \quad [kPa]$$



## Problema 9.2 (Resolução)

---

$$T = \frac{P_{me} \cdot V_d}{6,28 \cdot n_R} = \frac{1200 \cdot 0,003}{6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 288,1 \text{ [Nm]}$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot T$$

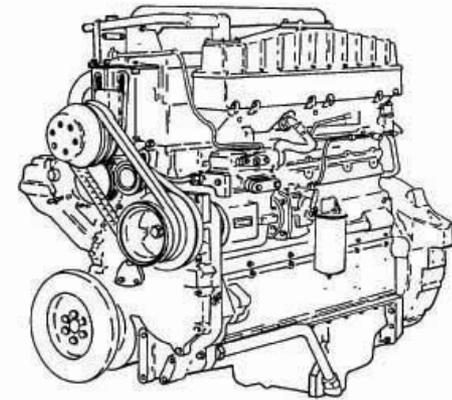
$$N = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot T} \cdot 60 = \frac{104000}{2 \cdot \pi \cdot 288,1} \cdot 60 = 3447 \text{ RPM}$$



## Problema 9.3

---

Para um motor que funciona segundo o ciclo Diesel de seis cilindros e marca Cummins com 10 litros de cilindrada que tem diâmetro do cilindro 125 mm, curso 136 mm, taxa de compressão 18,3 e potência máxima 246 kW @ 2100 RPM, se a velocidade média do pistão for 8 m/s calcule o fluxo de ar se o rendimento volumétrico for 0,92. Se a relação Combustível/Ar for de 0,05, qual é o fluxo de combustível injectado e a massa de combustível injectado por cilindro por ciclo? Calcule também o trabalho máximo por ciclo



## Problema 9.3 (Resolução)

---

A massa de ar calcula-se de:

$$\dot{m}_{ar} = \frac{\eta_v \cdot \rho \cdot V \cdot \bar{V}_p}{4 \cdot S} = 0,156 \quad \text{kg/s}$$

A relação Ar/Combustível calcula-se de:

$$RAC = \frac{1}{RCA} = 20$$

A massa de combustível por segundo calcula-se de:

$$\dot{B} = \frac{\dot{m}_{ar}}{RAC} = 0,00779 \quad \text{kg/s}$$



## Problema 9.3 (Resolução)

---

A massa de combustível por ciclo calcula-se de:

$$B_{ciclo} = \frac{n_R \cdot \dot{B}}{N \cdot n_C} = 0,00008828 \quad \text{kg}$$

O trabalho máximo por ciclo calcula-se de:

$$W_{i,c} = \frac{P_i \cdot n_R}{N} = \frac{246 \cdot 2 \cdot 60}{2100} = 16,73 \text{ kJ}$$



## Problema 9.4

---

Para um motor de combustão interna, quadrado, de quatro cilindros a quatro tempos, com o diâmetro do cilindro 100 mm, que funciona a 3500 RPM, com a massa específica do ar de  $1,31 \text{ kg/m}^3$ , sabendo ainda que o motor consome  $6,5 \text{ g/s}$  de combustível líquido com a fórmula química  $\text{C}_8\text{H}_{17}$ , e tem o rendimento térmico de 74% e Potencia Interna de 185 kW, calcular o rendimento volumétrico e o poder calorífico do combustível.

# Problema 9.4 (Resolução I)

---

## Dados

$$a = 8$$

$$b = 17$$

$$P = 185 \text{ [kW]}$$

$$N_{\text{cilindros}} = 4$$

$$\rho_{ar} = 1,31 \text{ [kg / m}^3\text{]}$$

$$N_1 = 3500 \text{ [RPM]}$$

$$B_c = 0,0065 \text{ [kg / s]}$$

$$D = 0,1 \text{ [m]}$$

$$\eta_t = 0,74$$

$$N = N_1 / 60$$

$$S = D \text{ (motor quadrado)}$$



## Problema 9.4 (Resolução II)

---

A relação Ar-Combustível calcula-se de:

$$RAC = \frac{34,32 \cdot (4 + b/a)}{12 + b/a} = 14,88$$

O Fluxo Mássico de ar obtém-se de:

$$RAC = \frac{m_{ar}}{B_c} \Rightarrow m_{ar} = RAC \cdot B_c$$

A cilindrada calcula-se de

$$V_d = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot N_{cilindros} \cdot S}{4} = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot N_{cilindros}}{4}$$

Então, o Rendimento Volumétrico calcula-se de:

$$\eta_v = \frac{2 \cdot m_{ar}}{\rho_{ar} \cdot V_d \cdot N} = \frac{2 \cdot RAC \cdot B_c \cdot 4}{\rho_{ar} \cdot \pi \cdot D^3 \cdot N_{cilindros} \cdot N} = \frac{2 \cdot 14,88 \cdot 0,0065 \cdot 4}{1,31[\text{kg} / \text{m}^3] \cdot \pi \cdot 0,1^3 \cdot 4 \cdot 58,33} = 0,806$$

O poder calorífico Inferior calcula-se de:

$$\eta_t = \frac{P}{B_c \cdot Q_i} \Rightarrow Q_i = \frac{185}{0,0065 \cdot 0,74} = 38,462 \text{ [MJ/kg]}$$

---



## Problema 9.5

---

Calcular o Poder Calorífico inferior do combustível, a Potência e o curso de um motor a quatro tempos com dois cilindros, que funciona segundo o ciclo Diesel com o combustível  $C_8H_{18}$ , com o Momento Torsor de 110 Nm, admitindo ar com a massa específica de  $\rho = 1,3 \text{ kg/m}^3$ , a funcionar a 2000 l/min, com o consumo de combustível de 0,9 gramas por segundo, o coeficiente de excesso de ar de 1,2, o rendimento térmico de 72%, o rendimento volumétrico de 65% e os diâmetros do êmbolo de 80 mm.

# Problema 9.5 (Resolução I)

---

## Dados

$$\rho_a = 1,3 \text{ [kg / m}^3\text{]}$$

$$N = 2000 \text{ [1 / min]}$$

$$T = 110 \text{ [Nm]}$$

$$B = 0,0009 \text{ [kg / s]}$$

$$\lambda = 1,2$$

$$\eta_t = 0,72$$

$$\eta_v = 0,65$$

$$z = 2$$

$$a = 8$$

$$b = 18$$

$$D = 80 \text{ [mm]}$$



# Problema 9.5 (Resolução II)

---

O RAC estequiométrico calcula-se de:

$$y = b / a$$

$$RAC_s = \frac{m_a}{B}$$

$$RAC_s = \frac{34,32 \cdot (4 + y)}{12 + 1 \cdot y} = 15,05$$

O RAC real calcula-se de:

$$RAC = RAC_s \cdot \lambda$$

A cilindrada calcula-se de:

$$\eta_v = \frac{2 \cdot m_a}{\rho_a \cdot V_d \cdot N} \Rightarrow V_d = \frac{2 \cdot m_a}{\rho_a \cdot \eta_v \cdot N}$$



# Problema 9.5 (Resolução III)

---

O Poder Calorífico Inferior calcula-se de:

$$T = \frac{\eta_v \cdot \eta_t \cdot V_d \cdot Q_i \cdot \rho_a}{4 \cdot \pi \cdot RAC} \Rightarrow Q_i = \frac{110 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 18,06}{0,65 \cdot 0,72 \cdot 0,0009619 \cdot 1,3} = 42,66 \times 10^6 \text{ [J/kg]}$$

A Potência calcula-se como:

$$P = T \cdot 2 \cdot \pi \cdot N = 110 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 33,33 = 23039 \text{ [W]}$$

O curso do motor calcula-se de:

$$S = \frac{4 \cdot V_d}{\pi \cdot D^2 \cdot z} = \frac{4 \cdot V_d}{\pi \cdot D^2 \cdot z} = \frac{4 \cdot 2 \cdot RAC_r \cdot \lambda \cdot B}{\pi \cdot D^2 \cdot z \cdot \rho_a \cdot \eta_v \cdot N} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 18,06 \cdot 1,2 \cdot 0,0009}{\pi \cdot 0,08^2 \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot 0,65 \cdot 33,33} = 95,68 \text{ [mm]}$$



# Trabalho para Casa 03 (I)

---

Para um motor de combustão interna quadrado de quatro cilindros a quatro tempos com o diâmetro do cilindro 95 mm, aspira ar com a massa específica de  $1,31 \text{ kg/m}^3$ , sabendo ainda que o motor consome  $6,5 \text{ g/s}$  de combustível líquido com a seguinte composição dada em massa seca:

Carbono 60%, Hidrogénio 25%, Nitrogénio 5%, Oxigénio 1%, Enxofre 5 %,

Cinzas 6% e Humidade 7%, a relação ar-combustível estequiométrica é de

15, o coeficiente de excesso de ar é função da velocidade de rotação do

motor dado por  $\lambda = 10^{-7} \times N^2 - 0,0006 \times N + 2,0361$  e o rendimento térmico

é também função da velocidade de rotação do motor dado por

$$\eta_t = -7 \times 10^{-8} \times N^2 + 0,0005 \times N - 0,3762$$

# Trabalho para Casa 03 (II)

---

Plotar a Potencia Interna corrigida e o Torque para as rotações da cambota entre 1500 e 6000 RPM com o passo de 500 RPM. A temperatura e a pressão ambiente são de 35 °C e  $P=101325$  Pa respectivamente.

Enviar para o endereço: [motorestermicos.dema@gmail.com](mailto:motorestermicos.dema@gmail.com) até a 0 hora do dia 28 de Março de 2025 com o assunto: TPC03