**2.4:- CARACTERÍSTICAS DE UM MOTOR:** (Potências, Rendimentos, Pressões)

(pág. 15-20 apostila)

1. **Potências:**
2. Potência Efetiva: **Ne** - potência desenvolvida no eixo do motor, [CVe, kWe ou CV, kW], [BHP], (Brake Horse Power).
3. Potência Indicada: **Ni** - potência determinada na cabeça do pistão [CVi, kWi], [IHP] (Indicated Horse Power).
4. Potência de Atrito: **Nat** - potência devida aos atritos da máquina. Nos dinamômetros elétricos é facilmente determinada, fazendo-se o dinamômetro trabalhar como motor elétrico e medir então a potência desenvolvida [CVat, kWat], [FHP] (Friction Horse Power).

## Nat = Ni - Ne

1. Potência de Combustível: **Ncomb** – potência fornecida ao motor, na forma de combustível [CV, kW], [HP]
2. **Rendimento Mecânico:** **ηm** – é a relação entre a potência efetiva e a indicada.

ηm = 

**ηm** = 

1. **Pressão Efetiva Média:** **pme** (pressão média efetiva)

Define-se pressão efetiva média (pme), como sendo a altura de um retângulo, que tem por base o volume deslocado pelo pistão e a área igual ao trabalho realizado pelo ciclo.

Quando referida à potência efetiva Ne, [CV, kW ou BHP], tem-se a pressão média efetiva pme (bmep), “brake mean efective pressure”, se é referida à potência indicada (IHP), tem-se a pressão média indicada (imep), “indicated mean effective pressure”.

Ne [CV, kW ou CVe, kWe] → pme Ni [CVi, kWi] → pmi

Ne [BHP] → “BMEP:- brake mean effective pressure”.

Ni [IHP] → “IMEP:- indicated mean effective pressure”.

P

[Kgf/m2]

L [kgfm]

V[m3]

1 Pressão de referência

“pressão ambiente”

2

3

4

Pm

pm = → pm – [kgf/m2] ou L = pm x Vc

L – kgfm

Vc – m3



# Pode-se relacionar o trabalho L com a potência N, como segue:-

N = K x L → onde K – constante de proporcionalidade

Ne = K x Le

Ni = K x Li → ou N = K x pm x Vc ∴ pm =  = KI então ****

1. Referindo-se à potência indicada:

pmi = 

# Pressão indicada média

1. Referindo-se à potência efetiva:

pme = 

# Pressão efetiva média

A diferença entre a pmi e a pme é a pmat (pressão de atrito média).

## pmat = pmi - pme

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Local**  **Parâmetro** | Entrada no  Motor | Combustão | Ciclo  Teórico | Ciclo  Real | Efetiva no  Eixo | Atrito |
| Potências | Ncomb | Nc | Niid ou  Nit | Nir | Ne | Nat |
| Pressões  Médias | pmcomb | pmc | Pmiid ou  pmit | pmir | pme | pmat |
| Rendimentos | ηc ηtid ηT ηm  **ηe** | | | | | |

Ncomb x ηc = Nc

ηe = ηc x ηtid x ηT x ηm

Nc x ηtid = Niid

Niid x ηT = Nir

Nir x ηm = Ne Ne = ηm x ηT x ηtid x ηc x Ncomb

# Ne = Nir – Nat ηm =

**2-.4.1:- Cálculo da Potência em Função da Pressão Média:**

1. **Equação Geral dos MCIE:**

Considerando-se que:

s – curso do pistão [m]

d – diâmetro do pistão [m]

n – número de rotação rpm [min-1] ou [tempo-1]

x – número de rotações necessárias para cada curso motor:

x = 2 → motores de quatro tempos, simples efeito

x = 1 → motores de dois tempos, simples efeito

z – número de cilindros

pme – pressão efetiva média [kgf/m2]

pmi – pressão indicada média [kgf/m2]

 - área da cabeça do pistão [m2]

pme x força efetiva sobre o pistão [kgf]

pme x  x s – trabalho efetivo dado por um curso motor, por cilindro [kgfm]

pme x  x s x z x trabalho efetivo dado por todos os cilindros, por minuto [kgfm/min]



Sabendo-se ainda que 1 CV = 75kgfm/s teremos;

**Ne** = pme x

Potência Efetiva em **CV**, no eixo do motor.

* *A esta igualdade, costuma-se dar o nome de* **Equação Geral dos MCIE**.

Para um dado motor, podemos considerar d, s, n, x, z = constantes e ainda, sabemos que N = K x pm então podemos estabelecer as correlações;

K x pmcomb x ηc = K x pmc ∴ pmcomb x ηc = pmc

K x pmc x ηtid = K x pmiid ∴ pmc x ηtid = pmiid

K x pmiid x ηT = K x pmir ∴ pmiid x ηT = pmir

K x pmir x ηm = K x pme ∴ pmir x ηm = pme

pme = ηm x ηT x ηtid x ηc x pmcomb

ηe = ηc xηtid x ηT x ηm

Então na equação geral, se substituirmos pme pela pmi fica: -

**Ni**= pmi x 

## Potência indicada, em **CV**, na cabeça do pistão

1. **Cilindrada v**: -

O volume deslocado por um êmbolo, entre o ponto morto superior e o inferior, chama-se de “cilindrada”



[m3, cm3, l]

Se o motor tiver z cilindros, chama-se de “cilindrada do motor” à cilindrada de um cilindro multiplicada por z.

Vm = v x z =  Vm - [m3, cm3, l]

1. **Relação de compressão rv**: - (taxa de compressão)

O volume do cilindro, quando o pistão se encontra no ponto morto inferior PMI, dividido pelo volume do cilindro, quando o pistão se encontra no ponto morto superior PMS, recebe o nome de “Relação de Compressão” rv então:

rv = 

V – volume no PMI

V0 – volume no PMS

* Para motores à gasolina, rv variade 7 a 10.
* Para motores à álcool e a gás natural (GNV), rv varia de 9 a 14.
* Para motores Diesel, normalmente rv é acima de 14.

Considerando-se a equação geral e o volume de cilindrada total dos motores, podemos escrever:

v



Ne = pme x  Vm = z x v ∴

Vm

Para uma determinada classe de motores, a pme, n e x são praticamente constantes, logo o tamanho dos mesmos e a suas potências, são funções das cilindradas totais destes motores.

1. **Consumo específico Ce**: -

Define-se o consumo específico Ce, como sendo a relação do consumo de combustível em massa, [kg/h], pela potência efetiva do motor em [CV ou kW].

B – kg/h

Ne –CV, kW



para

## Ce - [kg/CVh, kg/kWh]

O Ce é um meio (parâmetro) muito eficaz para comparar motores, quanto ao seu rendimento.

1. **Rendimento térmico ηt**:-

É obtido pela relação entre o equivalente térmico do trabalho executado e o calor fornecido.

→ Sempre é necessário, definir-se onde é medido o “trabalho executado”



1. **Correlação entre o consumo específico e o rendimento global do motor (Ce, ηe)**:-

# Considerando-se que: -

Ne – potência efetiva em [CV]

B – consumo de combustível, em [kg/h]

Pci – poder calorífico do combustível em [kcal/kg]

B x pci – consumo de calor em [kcal/h]

 Consumo de calor em [kcal/s], sabendo-se que 1 kcal = 427 kgfm, então:

 Consumo de calor em unidades mecânicas [kgfm/s], mas 1 CV = 75 kgfm/s assim:

 Consumo de calor em [CV]

Uma parte de  é transformada em potência efetiva Ne, então pode-se escrever:



 x B x pci x ηe = Ne

 ηe =  mas  - consumo específico [kg/CVh] então

ηe =

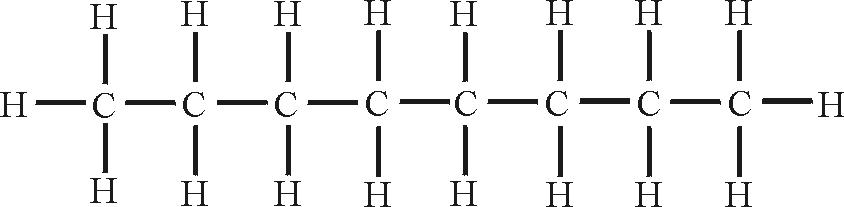


Ce = 

ou .jçoumçl’

1. **Relação Ar/Combustível (A/C)**: -

É o consumo de Ar em relação ao consumo de combustível; A/C = kgAr/kgCombustível



Então para a octana C8H18

Inicialmente reagindo estequiometricamente “***reação ideal***” com o oxigênio O2 fica;

C8H18 + α O2 → β CO2 + γ H2O

# C – 8 = β ∴ β = 8 H – 18 = 2 γ γ = 9

O - 2α = 2β + γ ∴ α = 

Então a reação com o O2 fica:

C8H18 + 12,5 O2 → 8 CO2 + 9 H2O

Sendo as massas atômicas iguais a:

C = 12 kg H = 1,0 kg O = 16 kg, teremos:

C8H18 + 12,5 O2  8 CO2 + 9 H2O

(12 x 8) + (1 x 18) + 12,5(16 x 2) 8[12 + (2 x 16)] + 9[(2 x 1) + 16]

352 + 162

114 + 400

514

514

114kg de C8 H18 352kg de CO2

necessitam de para formar e

400kg de O2 162kg de H2O

No entanto, o Ar atmosférico tem 23,15% em peso de oxigênio, logo se necessita de:

A = kg de Ar para queimar 114kg de C8H18 então (1.727 – 400 = 1.327kg de N2) é a massa de N2 aquecida na combustão.

**\*** Para efeito de cálculo, o Ar é considerado como sendo **(O2 + 3,7585N2)**

* [***mostrar o conceito da dedução da fórmula química do Ar***]

Com isto a reação total será:

C8H18 + 12,5 O2 + (12,5 x 3,7585) N2 → 8 CO2 + 9 H2O + (12,5 x 3,7585) N2 ou ainda,

C8H18 + 12,5 (O2 + 3,7585 N2) → 8 CO2 + 9 H2O + (12,5 x 3,7585) N2

C8H18 + 12,5 O2 + 47 N2 8 CO2 + 9 H2O + 47 N2

114 + 400 + 1.316 352 + 162 + 1.316

114 + 1.716 352 + 162 + 1.316

1.830 1.830

114kg de C8H18 352kg de CO2

necessitam de para formar 162kg de H2O

1.716kg de Ar 1.316kg de N2

Então se tem A/C = kg Ar/kg comb.

Esta é a relação estequiométrica para a combustão da C8H18 (octana), com o Ar.

Normalmente, no motor a gasolina, toma-se **A/C = 15**

Pode-se ainda definir a relação Combustível **/** Ar C/A = kg comb/kg Ar

C/A =  que no caso do motor a gasolina, vale:

C/A =  **C/A = 6,6%**

Ainda para os motores a gasolina, tem-se:

A/C = 22 C/A = 4,5%

Limite de inflamabilidade (explosividade) da mistura

A/C = 15 Estequiométrico C/A = 6,6%

A/C = 8 C/A = 12,5%

* **Exercícios:**

1. Calcular o A/C para o etanol anidro, reagindo estequiometricamente com o Ar. Considerar: C = 12,

H = 1,0, N = 14, O = 16, o Ar (O2 + 3,76N2) e o etanol anidro C2H5OH ou C2H6O.

C2H6O + α (O2 + 3,76N2) β CO2 + γ H2O + σ N2

C – 2 = β ∴ β = 2 β = 2

H – 6 = 2 γ ∴ γ = 3 γ = 3

O – 1 + 2 α = 2 β + γ ∴ ∴ α = 3 α = 3

N – 2 x 3,76 x α = 2 σ → σ = 3,76 x α ∴ σ = 11,28 σ = 11,28

C2H6O + 3 (O2 + 3,76N2) → 2 CO2 + 3 H2O + 11,28 N2

2 x 12 + 6 x 1 + 16 x 1 + 3 (2 x 16 + 3,76 x 2 x 14 → 2 (12 x 1 + 2 x 16) + 3 (2 x 1 + 16) + 11,28 (2 x 14)

46 412 88 54 316

458 458

Então:

46kg de álcool 88kg de CO2

reagem com formando 54kg de H2O

412kg de Ar 316kg de N2

Com isto, para o etanol anidro (álcool anidro)

A/C = **A/C = 9,0** C/A = **C/A = 11,2%**

Para os motores a álcool, tem-se:

A/C = 18,6 C/A = 5,4%

Limite de inflamabilidade (explosividade) da mistura

A/C = 9,0 Estequiométrico C/A = 11,2%

A/C = 2,7 C/A = 37%

1. Calcular o A/C e **o teor dos gases resultantes da combustão** estequiométrica para o Metano CH4, reagindo com o Ar. Considerar: C = 12, H = 1,0, N = 14 O = 16 e o ar (O2 + 3,7585 N2).

CH4 + α (O2 + 3,7585N2) β CO2 + γ H2O + σ N2

C – 1 = β ∴ β = 1 β = 1

H – 4 = 2 γ ∴ γ = 2 γ = 2

O – 2 α = 2 β + γ ∴  ∴ α = 2 α = 2

N – 2x 3,7585 x α = 2 σ → σ = 3,7585 x 2 ∴ σ = 7,517 σ = 7,517

Reação estequiométrica de combustão

CH4 + 2 (O2 + 3,7585N2) 1 CO2 + 2 H2O + 7,517 N2

Verificação:

# C – 1 = 1 O – 2 x 2 = 2 x 1 + 1 x 2 = 4

# H – 4 = 2 x 2 N – 2 x 3,7585 x 2 = 2 x 7,517 ∴ 7,517 = 7,517

Relação Ar**/**combustível A/C

CH4 + 2 (O2 + 3,7585N2) → 1 CO2  + 2 H2O + 7,517 N2

12 + 4 x 1 + 2 (2 x 16 + 3,7585 x 2 x 14 · 1 (12 x 1 + 2 x 16) + 2 (2 x 1 + 16) + 7,517 (2 x 14))

16 274,476 44 36 210,476

290,476 290,476

Então:

16kg de Metano 44kg de CO2

reagem com formando 36kg de H2O

274,476kg de Ar 210,476kg de N2

Com isto, o A/C para o Metano é:

A/C = **17,15kgar/kgCH4.** C/A = **C/A = 5,8%**

**Teor dos gases resultantes da combustão:**

|  |  |
| --- | --- |
| * % em massa | * %em volume |
| TCO2 = | TCO2 = = 9,5% |
| TH2O = | TH2O = = 19,0% |
| TN2 = | TN2 = = 71,5% |
| ∑ 100% | ∑ 100% |

Na tabela a seguir, podem-se observar os produtos resultantes da combustão estequiométrica, com o Ar (O2 + 3,7585N2); da Gasolina (C8H18), do Etanol (C2H5OH) e do Metano (CH4).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Produtos das Combustões em [kgproduto/kgcombustível] | | | |
| **Produtos**  **Combustíveis** | CO2 | H2O | N2 |
| **Gasolina** | 3,09 | 1,42 | 11,54 |
| **Etanol** | 1,91 | 1,17 | 6,86 |
| **Metano** | 2,75 | 2,25 | 13,15 |

Segundo [www.gamagases.com.br/propriedades\_metano.htm](http://www.gamagases.com.br/propriedades_metano.htm), o metano (CH4), tem massa especifica.

γCH4 = 0,7174 kg/m3 a 101,325 kPa a 0oC e limites de inflamabilidade no Ar, entre 5,0 e 15,4% (em volumes), portanto os limites de inflamabilidade volumétricos para a mistura Metano/Ar são:

A/C = 20,0 C/A = 5,0%

Limite de inflamabilidade (explosividade) da mistura

A/C = 9,5 Estequiométrico C/A = 10,5%

A/C = 6,5 C/A = 15,4%

Os mesmos limites, considerando as massas de Ar e de Metano ficam:

A/C = 36,0 C/A = 2,8%

Limite de inflamabilidade (explosividade) da mistura

A/C = 17,1 Estequiométrico C/A = 5,8%

A/C = 11,5 C/A = 8,7%

OBS: Para transformar as relações A/C volumétricas em massas, além da densidade do metano, deve-se considerar a densidade absoluta do Ar, nas mesmas condições, ou seja; pressão de 101,325kPa e temperatura de 0oC.

Considerando a equação de estado dos gases p x V = M x R x T onde RAr = 29,26 kgfm/kgK, 0oC = 273,16K, então para o volume de 1,0 m3, a massa de Ar correspondente é dada por (I):

 (I) como p = 101,325kPa = 101,325 x 103Pa x =1.013,25hPa = 1.013,25mBAR = 1,01325BAR como 1BAR = 1,01972kgf/cm2 = 1 Atmosfera, então:

p = 1,01325BAR x = 1,03323 x = 10.332,3kgf/m2, substituindo em (I) fica:

, ou seja, 1m3 de Ar pesa 1,2927kg/m3.

Assim o γAr = 1,2927 kg/m3

1. Determinar a equação de combustão e a relação Ar/Combustível (A/C) para a Octana C8H18, **reagindo com 80% do Ar estequiométrico**. Considerar: C = 12, H = 1,0, N = 14 O = 16 e o Ar (O2 + 3,7585 N2).

A reação estequiométrica da Octana com o Ar é:

C8H18 + 12,5 (O2 + 3,7585 N2) 8 CO2 + 9 H2O + 47 N2

Então 12,5 moles de Ar é a quantidade estequiométrica necessária para queimar a Octana, assim se a quantidade disponível de Ar é de apenas 80%, então o n° de moles será de 80% do valor estequiométrico, ou seja, a nova reação será:

C8H18 + 0,8 x 12,5 (O2 + 3,7585 N2) α CO2 + β CO + γ H2O + σ N2

10

C – 8 = α + β α + β = 8 **[I]**

H – 18 = 2γ γ = 9,0

O – 2 x 10 = 2α + β + γ 20 = 2α + β + 9 2α + β = 11 **[II]**

N – 2 x 3,7585 x 10 = 2 σ ∴ σ = 37,585 σ = 37,585

Resolvendo [I] e [II] fica: α + β = 8 (-1) e +

2α + β = 11

α = 3,0, substituindo em **[I]** 3 + β = 8, então β = 5,0

Assim a reação de combustão, com falta de Ar fica:

C8H18 + 10 (O2 + 3,7585 N2) 3 CO2 + 5 CO + 9 H2O + 37,585 N2

Nesta reação substituindo-se as massas atômicas dos elementos obtém-se:

C8H18 + 10 (O2 + 3,7585 N2) 3 CO2 + 5 CO + 9 H2O + 37,585 N2

(8x12+18x1) + 10(16x2+3,7585x2x14) 3(12+2x16) + 5(12+16) + 9(2x1+16) + 37,585x2x14

114 + 1.372,38 132 + 140 + 162 + 1.052,38

1.486,38 1.486,38

A relação Ar/combustível A/C será:  A/C = 12

1. Determinar a equação de combustão e a relação Ar/combustível (A/C) para a Octana C8H18, **reagindo com o Ar que está em excesso de 20% em relação ao estequiométrico.** Considerar: C = 12, H = 1,0, N = 14 O = 16 e o Ar (O2 + 3,7585 N2).

A reação estequiométrica da Octana com o Ar é:

C8H18 + 12,5 (O2 + 3,7585 N2) 8 CO2 + 9 H2O + 47 N2

Com o excesso de Ar de 20% a reação passa a ser:

C8H18 + 1,2 x 12,5 (O2 + 3,7585 N2) 8 CO2 + 9 H2O + α N2 + β O2

15

O – 2 x 15 = 2 x 8 + 9 + 2β 30 = 25 + 2β  β = 2,5

N – 2 x 3,7585 x 15 = 2α α = 56,378

Assim a reação de combustão, com excesso de Ar fica:

C8H18 + 15 (O2 + 3,7585 N2) 8 CO2 + 9 H2O + 56,378 N2 + 2,5 O2

Nesta reação substituindo-se as massas atômicas dos elementos obtém-se:

C8H18 ....+.... 15 (O2 + 3,7585 N2) 8 CO2 + 9 H2O + 56,378 N2 + 2,5 O2

(8x12+18x1) + 15(16x2+3,7585x2x14) 8(12+2x16) + 9(12+16) + 56,378(2x14) + 2,5x2x16

114 + 2.058,57 352 162 1.578,584 80

2.172.57 2.172,58

A relação Ar/combustível A/C será:  A/C = 18

1. **Rendimento volumétrico ηv**:-

É a relação entre a massa de ar realmente aspirada e a massa de ar, correspondente ao volume deslocado pelo êmbolo, nas condições atmosféricas.

* Massa de ar realmente aspirada - Gr
* Massa de ar deslocada pelo êmbolo – Gt

V – volume total [m3]

v – volume específico [m3/kg]

G = 

Normalmente para os motores se usa G na unidade de tempo, (vazão mássica) G [kg/h, kg/s, etc]

Gr =  p x V = G x R x T ou se (G) tem-se p x v = R x T então

Gt = v = logo Gr = e Gt =  mas;



Vr = Vt = Vc – volume do cilindro então;

ηv = 

ηv = 

ηv < 1 – para motores de aspiração natural

ηv ≥ 1 – para motores sobrealimentados

1. **Relações para comparação de motores**:-
2. Consumo específico Ce [kg/CVh, kg/kWh]
3. Pressão média efetiva pme [kgf/m2, kgf/cm2]
4. Peso “específico” do motor [kg de motor/CVe]
5. Potência liberada por cilindrada, a qual já envolve a rotação.



1. **Tipos de testes**:-

Podem ser de dois tipos

I – **Testes com velocidade variável**:-

1. ***Motores a explosão***:

Abre-se totalmente a borboleta reguladora da aceleração, no carburador, e varia-se a carga, variando-se, portanto, a rotação.

Em diversas rotações, fazem-se as leituras da potência, torque, consumo específico, temperaturas e se obtém gráficos conforme segue:

Cemin

ηtmax

Nemax

Mtmax

n3 Nemax

Cemin ηtmax

n2 Cemin

n [rpm]

n1 Mtmax

n1 = Rotação de torque máximo, n2 = Rotação de Ce mínimo e ηmax, n3 = Rotação de potência máxima Nemax.

1. ***Motores Diesel****:*

Também se varia a rotação, mantendo-se o acelerador todo aberto, quando então se obtém curvas semelhantes às do motor a explosão (gasolina, álcool).

Nos motores Die sel, de aspiração natural, a plena carga é notada facilmente, pois a injeção de combustível pode ultrapassar a relação estequiométrica e a combustão torna-se incompleta, com a consequente formação de fumaça escura, que é um indício de que nem todo o combustível, encontrou o oxigênio necessário e como o hidrogênio é mais facilmente combinável com o oxigênio, resulta carbono livre, em forma de fuligem. Tal fenômeno, entretanto não é observado nos motores turbo alimentados.

II – **Testes com velocidade constante**:

Mantém-se o motor numa determinada rotação e varia-se a carga, consequentemente, há uma variação do consumo. Normalmente a carga é referida em porcentagem da carga máxima. (geradores de energia elétrica)

Consumo

Específico

Ce [kg/CVh

% de Carga

25 50 75 100 110

Ce mínimo

* ***[Na sequencia são apresentados Dados Práticos de Rendimentos dos Motores de Combustão Interna de Êmbolos.*]**

**DADOS PRÁTICOS DE RENDIMENTOS**

**NOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA DE ÊMBOLOS**

**I - RENDIMENTO MECÂNICO E RENDIMENTO ECONÔMICO OU GLOBAL**

* Rendimento econômico é o rendimento total do motor.

**TABELA I**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TIPOS DE MOTORES** | **ηm** | **ηe** |
| 1 – Motores a gás, pequenos | 0,72 a 0,74 | 0,20 a 0,22 |
| 2 – Motores a gás, médios | 0,78 a 0,82 | 0,26 a 0,29 |
| 3 - Motores a gás, grandes | 0,80 a 0,83 | 0,26 a 0,30 |
| 4 – Motores à gasolina | 0,78 a 0,82 | 0,22 a 0,29 |
| 5 – Motores de culatra incandescente | 0,74 a 0,76 | 0,20 a 0,24 |
| 6 – Motores diesel médios | 0,76 a 0,78 | 0,32 a 0,34 |
| 7 – Motores diesel grandes | 0,78 a 0,80 | 0,34 a 0,36 |
| 8 – Motores diesel grandes, sem compressor | 0,82 a 0,85 | 0,34 a 0,38 |
| 9 – Motores diesel turbo-alimentados, marítimos, de baixa rotação | 0,82 a 0,92 | 0,36 a 0,42 |

**TABELA II**

|  |  |
| --- | --- |
| **TIPOS DE MOTORES** | **ηe** |
| 1 – Pequenos motores de dois tempos à carburação | 0,15 a 0,20 |
| 2 – Motores de dois tempos, grandes, com lavagem de cilindros | 0,18 a 0,22 |
| 3 – Motores de automóveis, à gasolina, quatro tempos, a 2000 rpm  RAZÃO DE COMPRESSÃO VOLUMÉTRICA |  |
| 4:1 | 0,23 |
| 5:1 | 0,27 |
| 6:1 | 0,30 |
| 7:1 | 0,32 |
| 4 – Motores de corrida, alta velocidade, rv = 10:1 | 0,35 |
| 5 – Motores de aviação, com superalimentação rv = 7: a 8,5:1 | 0,31 a 0,36 |
| 6 – Motores diesel, com válvulas comuns, rv = 10:1 a 18:1 | 0,36 a 0,39 |
| 7 – Motores diesel, a 1300 rpm, câmara de combustão  tipo Ricardo, rv = 15:1 | 0,40 |

* Em motores de dois tempos, com bomba de lavagem especial, temos:

**ηm2T = (0,85 a 0,90) x ηm4T**

Em motores de dois tempos, com lavagem por compressão no Carter, temos:

**ηm2T = (0,70 a 0,80) x ηm4T**

**TABELA III**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **RENDIMENTOS MECÂNICOS** | | |
| **MOTORES** | **4 TEMPOS** | **2 TEMPOS** |
| 1 - Automóveis | 0,75 a 0,85 | 0,50 a 0,70 |
| 2 – Estacionários pequenos | 0,80 a 0,87 | 0,70 a 0,75 |
| 3 – Estacionários grandes | 0,84 a 0,90 | 0,75 a 0,85 |
| 4 – Motores de popa | 0,80 a 0,85 | 0,60 a 0,70 |

**II - RENDIMENTO VOLUMÉTRICO**

* Uma das fórmulas experimentais existentes e das mais usadas é a de **MINTER & FINN:**

**ηV = **

**177,4 e 108,2** são constantes experimentais

**rv** = razão de compressão volumétrica

**ηV** = rendimento volumétrico em %

Para:

|  |  |
| --- | --- |
| **rv** | **ηV** |
| 6:1 | 80 % |
| 7:1 | 79 % |

**III - RENDIMENTO VOLUMÉTRICO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DO PISTÃO**

* Para os motores de automóveis temos:

|  |  |
| --- | --- |
| VELOCIDADE MÉDIA DO PISTÃO | **ηV** |
| 5,10 m/s | 0,75 a 0,90 |
| 7,67 m/s | 0,74 a 0,85 |
| 10,18 m/s | 0,70 a 0,80 |
| 16,25 m/s | 0,60 a 0,70 |

#### RENDIMENTO VOLUMÉTRICO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DOS GASES

**ATRAVÉS DAS VÁLVULAS:**

* Alguns autores relacionam o rendimento volumétrico, com a velocidade média dos gases, através das válvulas.

|  |  |
| --- | --- |
| VELOCIDADE DOS GASES | **ηV** |
| 30,5 m/s (110km/h) | 0,78 |
| 61,0 m/s (220km/h | 0,73 |
| 91,5 m/s (329km/h) | 0,56 |

* ***(Estudar problema da página 20 na apostila e os exercícios da lista I).***