

MOTORES

DE COMBUSTÃO INTERNA

Volume 1

FRANCO BRUNETTI

Blucher



Franco Brunetti

MOTORES

DE COMBUSTÃO INTERNA

Volume 1

2ª edição

Motores de Combustão Interna – Volume 1

© 2018 Franco Brunetti

1ª edição – 2012

2ª edição – 2018

Editora Edgard Blücher

Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer
meios sem autorização escrita da editora.

Todos os direitos reservados pela Editora
Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Brunetti, Franco

Motores de combustão interna : volume 1 / Franco
Brunetti. – 2. ed. – São Paulo : Blucher, 2018.

554 p. : il.

Bibliografia

ISBN 978-85-212-1293-5

1. Motores de combustão interna 2. Automóveis –
motores I. Título

18-0242

CDD 629.287

Índice para catálogo sistemático:

1. Motores de combustão interna

Conteúdo

1 | INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA 21

1.1 Introdução 21

1.2 Motores alternativos 23

1.2.1 Nomenclatura 23

1.2.2 Nomenclatura cinemática 26

1.2.3 Classificação dos motores alternativos quanto à ignição 28

1.2.4 Classificação dos motores alternativos quanto ao número de tempos do ciclo de operação 30

1.2.5 Diferenças fundamentais entre os motores de 2T e 4T 35

1.2.6 Diferenças fundamentais entre os motores ciclos Otto e Diesel 36

1.3 Outras classificações 36

1.3.1 Quanto ao sistema de alimentação de combustível 36

1.3.2 Quanto à disposição dos órgãos internos 39

1.3.3 Quanto ao sistema de arrefecimento 40

1.3.4 Quanto às válvulas 41

1.3.5 Quanto à alimentação de ar 42

1.3.6 Quanto à relação entre diâmetro e curso do pistão 45

1.3.7 Quanto à rotação 46

1.3.8 Quanto à fase do combustível 46

1.3.9 Quanto à potência específica 46

1.4 Motores rotativos 48

1.4.1 Turbina a gás 48

1.4.2 Motor Wankel 52

1.5 Histórico 56

1.6 Aplicações 58

Exercícios 61

Referências bibliográficas 70

Figuras 70

2 | CICLOS 71

2.1 Introdução 71

2.2 Ciclos reais traçados com um indicador de pressões 72

- 2.2.1 Funcionamento dos indicadores de pressão 72
- 2.2.2 Diagrama da variação da pressão de um motor Otto a 4T 79
- 2.2.3 Diagramas de variação da pressão de um motor de ignição espontânea (Diesel), a 4T 85
- 2.2.4 Diagramas da variação da pressão para um motor a 2T de ignição por faísca 89

2.3 Ciclos padrão a ar 90

- 2.3.1 Introdução 90
- 2.3.2 Ciclo Otto (padrão ar do ciclo do motor de ignição por faísca, a quatro tempos) 90
- 2.3.3 Conceitos definidos a partir dos ciclos padrão ar 100
- 2.3.4 Ciclo Diesel (padrão ar do ciclo do motor de ignição espontânea ou Diesel) 107
- 2.3.5 Ciclo Misto ou de Sabathé 110
- 2.3.6 Ciclo Brayton (representativo do ciclo simples da turbina a gás) 115
- 2.3.7 Comparação dos ciclos 117

2.4 Diagramas e rotinas computacionais para misturas combustível–ar 119

- 2.4.1 Introdução 119
- 2.4.2 Propriedades de misturas de combustíveis e gases de combustão 119
- 2.4.3 Solução dos ciclos por meio de rotinas computacionais para misturas combustível–ar 130

2.5 Comparação dos ciclos reais com os ciclos teóricos 136

- 2.5.1 Admissão e escape 137
- 2.5.2 Perdas de calor 138
- 2.5.3 Perda por tempo finito de combustão 138
- 2.5.4 Perdas pelo tempo finito de abertura da válvula de escapamento 138

Exercícios 139

Referências bibliográficas 150

Figuras 151

3 | PROPRIEDADES E CURVAS CARACTERÍSTICAS DOS MOTORES 153

3.1 Momento de força, conjugado no eixo ou torque – T 153

3.2 Freio dinamométrico ou dinamômetro 154

- 3.2.1 Freio de Prony 154
- 3.2.2 Dinamômetros hidráulicos 157
- 3.2.3 Dinamômetros elétricos 161

3.3 Propriedades do motor 175

- 3.3.1 Potência efetiva – Ne 175
- 3.3.2 Potência indicada – Ni 176
- 3.3.3 Relações entre as potências 177
- 3.3.4 Controle ou variação da potência do motor 183

3.3.5	Consumo específico – C_e	185
3.3.6	Relações envolvendo pressão média – p_m	188
3.4	Determinação da potência de atrito	192
3.4.1	Acionando o motor de combustão desligado, por meio de um motor elétrico	192
3.4.2	Teste de Morse	192
3.4.3	Reta de Willan	194
3.5	Curvas características dos motores	196
3.6	Redução da potência do motor a condições atmosféricas padrão	200
3.6.1	Cálculos do fator de redução – K	201
3.6.2	Comparativo entre fatores de redução	203
3.6.3	Banco de teste de veículos	204
	Exercícios	205
	Referências bibliográficas	215
	Figuras	216

4 | RELACIONAMENTO MOTOR-VEÍCULO 217

4.1	Introdução	217
4.2	Previsão do comportamento de um motor instalado num dado veículo	217
4.2.1	Força de arrasto – F_{arr}	218
4.2.2	Força de resistência ao rolamento – F_{rol}	223
4.2.3	Força de rampa – F_{ram}	228
4.3	Força total resistente ao avanço de um veículo – F_{res}	229
4.3.1	Raio de rolamento – $r_{rolamento}$	229
4.3.2	Relacionamento motor-veículo	230
4.4	Relacionamento entre ensaios em bancos de provas e aplicações do motor em veículos	234
	Exercícios	234
	Referências bibliográficas	243
	Figuras	244

5 | AERODINÂMICA VEICULAR 245

5.1	Introdução	245
5.2	Força de arrasto – F_{arr}	251
5.2.1	Força de arrasto de superfície (<i>skin friction</i>) – F_{arr-s}	251
5.2.2	Força de arrasto de pressão ou de forma – F_{arr-p}	255
5.3	Força de sustentação e momento de arfagem (<i>Pitching</i>) – F_s	267
5.4	Força lateral – F_L	269
5.5	História da aerodinâmica veicular	272
5.5.1	A era das linhas de corrente	272
5.5.2	Estudos paramétricos	285
5.5.3	Corpos de um volume único	288

- 5.5.4 O corpo do veículo do tipo “Pantoon” 291
- 5.5.5 Os veículos comerciais 292
- 5.5.6 Motocicletas 296

Exercícios 297

Referências bibliográficas 303

6 | COMBUSTÍVEIS 307

6.1 Um pouco de história 307

6.2 Combustíveis derivados do petróleo 308

- 6.2.1 Petróleos 308
- 6.2.2 Produção de derivados 313

6.3 Gasolina (*gasoline, gas, petrol, benzin, benzina, essence*) 318

- 6.3.1 Octanagem ou Número de Octano 319
- 6.3.2 Volatilidade 332
- 6.3.3 Composição dos gases de escapamento e relação Ar-Combustível – λ 338
- 6.3.4 Poder calorífico – PC 341
- 6.3.5 Massa específica 342
- 6.3.6 Tonalidade térmica de um combustível – TT 343
- 6.3.7 Corrosão ao cobre 344
- 6.3.8 Teor de enxofre 345
- 6.3.9 Estabilidade à oxidação 345
- 6.3.10 Outros parâmetros 348

6.4 Óleo Diesel (*gazole, Dieselöl, Dieselolie, gasóleo, gasolio, Mazot*) 350

- 6.4.1 Qualidade de ignição: cetanagem ou número de cetano – NC 352
- 6.4.2 Volatilidade 363
- 6.4.3 Massa específica – ρ 365
- 6.4.4 Viscosidade – ν 366
- 6.4.5 Lubricidade 367
- 6.4.6 Teor de enxofre 368
- 6.4.7 Corrosão ao cobre 368
- 6.4.8 Pontos de turbidez, de entupimento e de fluidez 368
- 6.4.9 Combustão 370
- 6.4.10 Estabilidade química 374
- 6.4.11 Condutividade elétrica 374

6.5 Compostos Oxigenados 375

- 6.5.1 Breve histórico 375
- 6.5.2 Álcoois 378
- 6.5.3 Éteres 378
- 6.5.4 Principais propriedades 379
- 6.5.5 Efeitos no desempenho dos motores 385

6.6 Óleos vegetais, gorduras animais, biodiesel e H-Bio 388

- 6.6.1 Óleos vegetais 389
- 6.6.2 Gorduras animais 391
- 6.6.3 Biodiesel 391
- 6.6.4 H-Bio 394
- 6.6.5 Farnesano 395

Exercícios 397

Referências bibliográficas 402

Figuras 403

7 | A COMBUSTÃO NOS MOTORES ALTERNATIVOS 405

- 7.1 A combustão nos motores de ignição por faísca – MIF 405**
 - 7.1.1 Combustão normal 405
 - 7.1.2 Detonação no motor de ignição por faísca 411
 - 7.1.3 Fatores que influem na detonação no motor Otto 414
- 7.2 Câmara de combustão 416**
- 7.3 A combustão nos motores Diesel 419**
- 7.4 Fatores que influenciam na autoignição no ciclo Diesel 421**
 - 7.4.1 Qualidade do combustível 421
 - 7.4.2 Temperatura e pressão 421
 - 7.4.3 Turbulência 422
- 7.5 Tipos básicos de câmaras para motores Diesel 422**
 - 7.5.1 Câmaras de injeção direta ou abertas 422
 - 7.5.2 Câmaras de injeção indireta ou divididas 423
 - 7.5.3 Comparação entre as câmaras divididas e abertas 424
- 7.6 A combustão por autoignição controlada CAI/HCCI 425**
- Exercícios 431**
- Referências bibliográficas 439**
- Figuras 440**

8 | MISTURA E INJEÇÃO EM CICLO OTTO 441

Parte I – FORMAÇÃO DA MISTURA COMBUSTÍVEL–AR NOS MOTORES DO CICLO OTTO 441

- 8.1 Introdução 441**
- 8.2 Definições 442**
 - 8.2.1 Relação combustível–ar – F 442
 - 8.2.2 Relação combustível–ar estequiométrica – F_e 443
 - 8.2.3 Fração relativa combustível–ar – F_r 444
- 8.3 Tipo de mistura em relação ao comportamento do motor 444**
 - 8.3.1 Limite pobre 444
 - 8.3.2 Mistura econômica 445
 - 8.3.3 Mistura de máxima potência 445
 - 8.3.4 Limite rico 445
- 8.4 Curva característica do motor em relação à mistura 445**
 - 8.4.1 Carburador elementar 446
 - 8.4.2 Sistema de injeção 447
 - 8.4.3 Curva característica 447
- 8.5 Carburador 453**
- 8.6 Injeção mecânica para motores Otto 454**
- 8.7 Injeção eletrônica para motores Otto 455**
 - 8.7.1 Classificação dos sistemas de injeção eletrônica 461
 - 8.7.2 Sistema analógico de injeção eletrônica 462

- 8.7.3 Sistema digital de injeção eletrônica 465
- 8.7.4 Métodos numéricos aplicados ao estudo de formação de mistura 468

Exercícios 470**Referências bibliográficas 479****Figuras 480****Parte II – INJEÇÃO DIRETA DE COMBUSTÍVEL EM CICLO OTTO (GDI – GASOLINE DIRECT INJECTION) 481****8.8 Introdução 481****8.9 Requisitos de combustão e formação de mistura 483**

- 8.9.1 Mecanismo de atomização do spray 483
- 8.9.2 Atomização do combustível 484
- 8.9.3 Orientação da combustão 489
- 8.9.4 Combustão homogênea e estratificada 491

8.10 Sistema de injeção direta de combustível 492**8.11 Controle da combustão 494**

- 8.11.1 Mapa característico de combustão 494
- 8.11.2 Injeção em dois estágios 497
- 8.11.3 Partida a frio 498

8.12 Emissões de poluentes 500

- 8.12.1 Formação de poluentes 500
- 8.12.2 Pós-tratamento de poluentes 503

8.13 Conclusões 505**Exercícios 507****Referências bibliográficas 508****9 | SISTEMA DE IGNIÇÃO E SENSORES APLICADOS AOS MOTORES 509****Parte I – SISTEMAS DE IGNIÇÃO 509****9.1 Visão geral 509****9.2 Os componentes de um sistema de ignição convencional 510****9.3 Princípio de funcionamento 511****9.4 Cálculo do tempo de ignição 521****9.5 Avanço ou atraso no tempo de ignição 524****9.6 As evoluções tecnológicas no sistema de ignição 528**

- 9.6.1 Ignição transistorizada com platinado 530
- 9.6.2 Ignição transistorizada sem platinado 531
- 9.6.3 Ignição eletrônica mapeada 532

Exercícios 534

Parte II – SENSORES APLICADOS AOS MOTORES	536
9.7 Sensores de rotação e fase do motor	536
9.8 Sensor de pressão e temperatura do coletor de admissão	538
9.9 Sensor de posição da borboleta	540
9.10 Caudal de ar	541
9.11 Concentração de oxigênio (sonda λ)	542
9.12 Sensor de temperatura	544
9.13 Sensor de detonação – <i>Knock</i>	544
9.14 Outros	545
Exercícios	546
Referências bibliográficas	547
Figuras	547

Introdução ao estudo dos motores de combustão interna

Atualização:
Fernando Luiz Windlin
Clayton Barcelos Zabeu
Ednildo Andrade Torres
Ricardo Simões de Abreu
José Roberto Coquette
Sérgio Lopes dos Santos
Sergio Moreira Monteiro

1.1 Introdução

As máquinas térmicas são dispositivos que permitem transformar calor em trabalho. O calor pode ser obtido de diferentes fontes: combustão, energia elétrica, energia atômica etc. Este texto preocupa-se apenas com o caso em que o calor é obtido pela queima do combustível, isto é, energia química em trabalho mecânico.

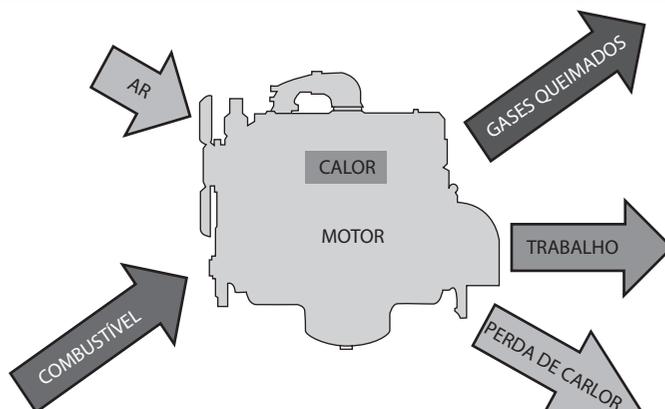


Figura 1.1 – Fluxos de massa e energia em um motor de combustão interna – MCI [A].

A obtenção de trabalho é ocasionada por uma sequência de processos realizados numa substância que será denominada “fluido ativo – FA”. No caso da Figura 1.1, o FA é formado pela mistura ar e combustível na entrada do volume de controle e produtos da combustão na saída.

Quanto ao comportamento do fluido ativo (FA), as máquinas térmicas serão classificadas em:

- Motores de combustão externa – MCE: quando a combustão se processa externamente ao FA, que será apenas o veículo da energia térmica a ser transformada em trabalho, como, por exemplo, uma máquina a vapor, cujo ciclo é apresentado na Figura 1.2.
- Motores de combustão interna – MCI: quando o FA participa diretamente da combustão.

Ao longo do texto serão focados os motores de combustão interna – MCI. Quanto à forma de se obter trabalho mecânico, os MCI são classificados em:

- Motores alternativos: quando o trabalho é obtido pelo movimento de vaivém de um pistão, transformado em rotação contínua por um sistema biela–manivela.

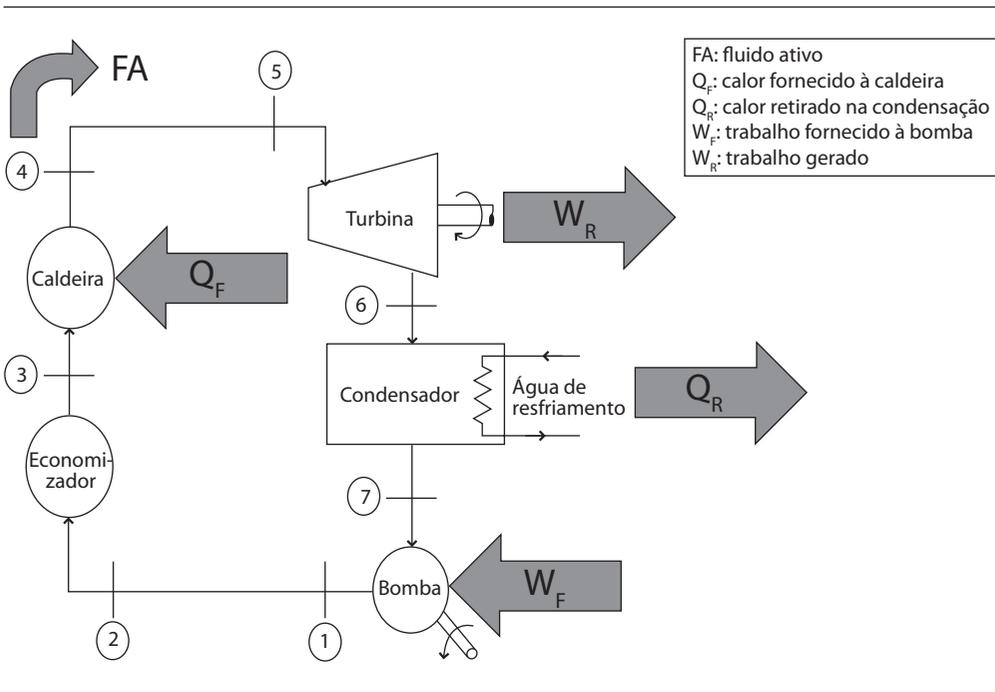


Figura 1.2 – Ciclo Rankine representativo de um motor de combustão externa – MCE.

- Motores rotativos: quando o trabalho é obtido diretamente por um movimento de rotação. São exemplos: turbina a gás e o motor Wankel.
- Motores de impulso: quando o trabalho é obtido pela força de reação dos gases expelidos em alta velocidade pelo motor. Neste caso são exemplos: motor a jato e foguetes.

1.2 Motores alternativos

1.2.1 Nomenclatura

De forma a unificar a nomenclatura tratada neste texto, a Figura 1.3 mostra os principais elementos de um motor alternativo de combustão interna, enquanto na Figura 1.4 destaca-se o pistão nas posições extremas dentro do cilindro, denominadas respectivamente de ponto morto superior (PMS) e ponto morto inferior (PMI).

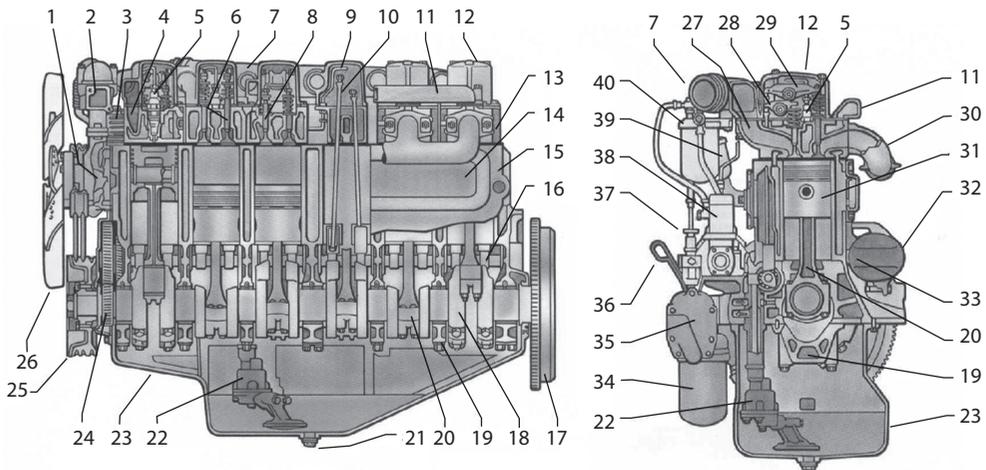


Figura 1.3 – Vista dos componentes de um motor de combustão interna – MCI [C].

Os componentes apresentados na Figura 1.3 pertencem a um motor ciclo Diesel e são:

1. Bomba d'água	5. Injetor de combustível	9. Linha de combustível
2. Válvula termostática	6. Válvula de escape	10. Haste de válvula
3. Compressor de ar	7. Coletor de admissão	11. Duto de água
4. Duto de admissão	8. Válvula de admissão	12. Tampa de válvula

continua

continuação

13. Cabeçote	23. Cártter	32. Motor de partida
14. Tampa lateral	24. Engrenagem do virabrequim	33. Dreno de água
15. Bloco	25. Amortecedor vibracional	34. Filtro de óleo
16. Eixo comando de válvulas	26. Ventilador	35. Radiador de óleo
17. Volante	27. Duto de admissão	36. Vareta de nível de óleo
18. Virabrequim	28. Balancim da válvula de admissão	37. Bomba manual de combustível
19. Capa de mancal	29. Balancim da válvula de escapamento	38. Bomba injetora de combustível
20. Biela	30. Coletor de escapamento	39. Respiro do cárter
21. Bujão do cárter	31. Pistão	40. Filtro de combustível
22. Bomba de óleo		

Quanto ao item 18, virabrequim, não existe uma padronização de nomenclatura, podendo ser chamado de girabrequim, eixo de manivelas e eixo de cambotas, entre outros. A função de cada componente será discutida nos capítulos subsequentes.

Quanto à posição do pistão no interior do cilindro, adota-se:

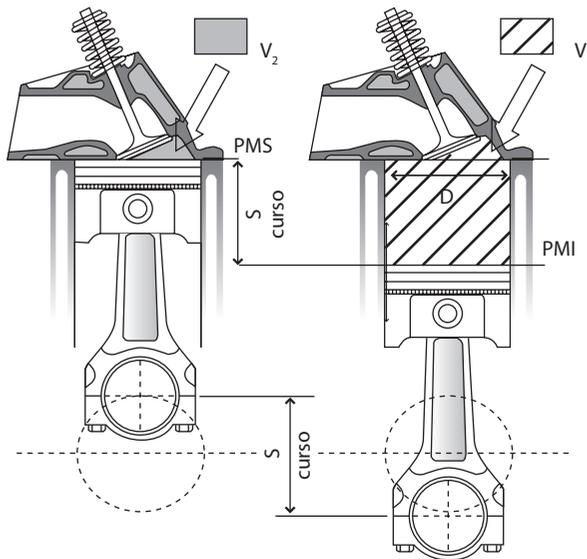


Figura 1.4 – Nomenclatura referente às posições do pistão.

Em que:

PMS: Ponto Morto Superior – é a posição na qual o pistão está o mais próximo possível do cabeçote.

PMI: Ponto Morto Inferior – é a posição na qual o pistão está o mais afastado possível do cabeçote.

- S:** Curso do pistão – é a distância percorrida pelo pistão quando se desloca de um ponto morto para outro (do PMS ao PMI) ou vice-versa.
- V_1 :** Volume total – é o volume compreendido entre a cabeça do pistão e o cabeçote, quando o pistão está no PMI.
- V_2 :** Volume morto ou volume da câmara de combustão – é o volume compreendido entre a cabeça do pistão e o cabeçote, quando o pistão está no PMS (também indicado com V_m).
- V_{du} :** Cilindrada unitária – também conhecida como volume deslocado útil ou deslocamento volumétrico, é o volume deslocado pelo pistão de um ponto morto a outro (veja Equação 1.1).
- z:** Número de cilindros do motor.
- D:** Diâmetro dos cilindros do motor.
- V_d :** Volume deslocado do motor, deslocamento volumétrico do motor ou cilindrada total (veja Equação 1.2).

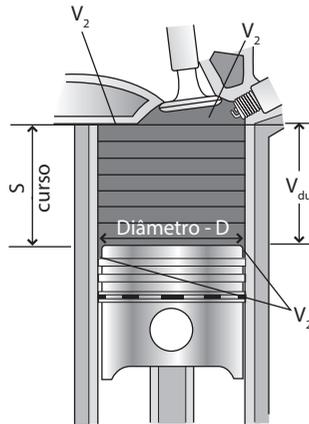


Figura 1.5 – Nomenclatura referente às posições do pistão [C].

Das Figuras 1.4 e 1.5, pode-se deduzir:

$$V_{du} = V_1 - V_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} S \quad \text{Eq. 1.1}$$

Para um motor de z cilindros (multicilindro), a cilindrada ou deslocamento volumétrico do motor V_d será:

$$V_d = V_{du} \cdot z = \frac{\pi \cdot D^2}{4} S \cdot z \quad \text{Eq. 1.2}$$

r_v : Relação volumétrica ou taxa de compressão – é a relação entre o volume total (V_1) e o volume morto (V_2), e representa em quantas vezes V_1 é reduzido (veja Equação 1.3).

$$r_v = \frac{V_1}{V_2} \quad \text{Eq. 1.3}$$

Da Equação 1.1:

$$V_{du} + V_2 = V_1$$

$$r_v = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{du} + V_2}{V_2} = \frac{V_{du}}{V_2} + 1 \quad \text{Eq. 1.4}$$

A Figura 1.6 apresenta uma relação construtiva típica entre o número z de cilindros de um motor e a cilindrada total deste. Cabe ressaltar que os incrementos da eletrônica nos motores têm sistematicamente alterado essa relação por causa dos recursos de controle disponíveis (exemplo: *knock sensor*).

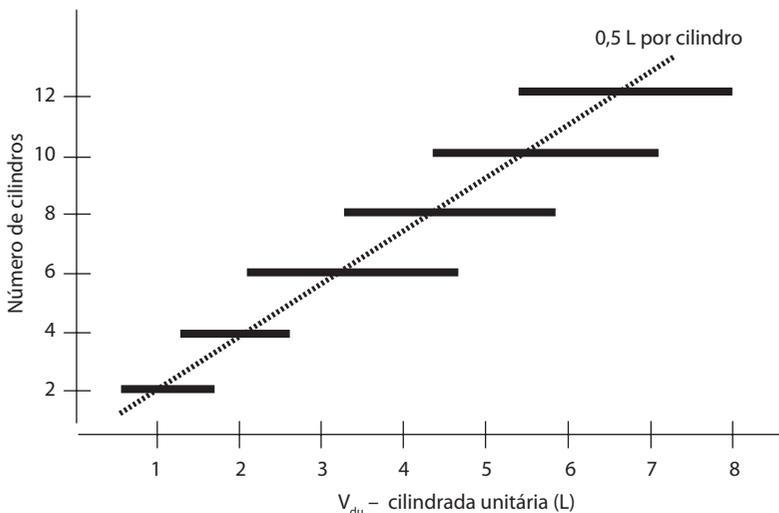


Figura 1.6 – Relação típica entre número de cilindros e volume deslocado [A].

1.2.2 Nomenclatura cinemática

Neste tópico serão descritas algumas características referentes à cinemática dos motores e, para tanto, será utilizada a Figura 1.7.

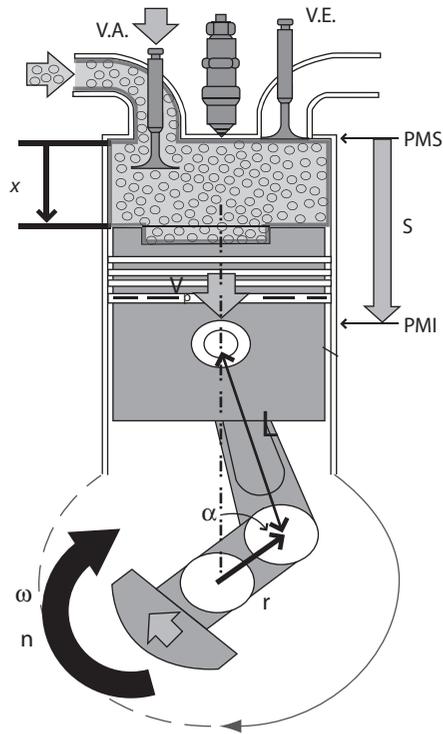


Figura 1.7 – Nomenclatura cinemática [C].

Sendo:

V.E.: válvula de escape.

V.A.: válvula de admissão.

r: raio da manivela.

n: frequência da árvore de manivelas.

ω : velocidade angular da árvore de manivelas.

V_p : velocidade média do pistão.

$$S = 2 \cdot r \quad \text{Eq. 1.5}$$

$$\omega = 2\pi \cdot n \quad \text{Eq. 1.6}$$

$$V_p = 2 \cdot S \cdot n \quad \text{Eq. 1.7}$$

α = ângulo formado entre a manivela e um eixo vertical de referência.

$\alpha = 0^\circ$, quando o pistão está no PMS.

$\alpha = 180^\circ$, quando o pistão está no PMI.

L: comprimento da biela.

x: distância para o pistão atingir o PMS.

$$x = r (1 - \cos\alpha) + L (1 - \sqrt{1 - (\frac{r}{L})^2 \cdot \sin^2\alpha})$$

Eq. 1.8

$$V_d = V_2 + x \frac{\pi}{4} Dp^2$$

Eq. 1.9

1.2.3 Classificação dos motores alternativos quanto à ignição

A combustão é um processo químico exotérmico de oxidação de um combustível. Para que o combustível reaja com o oxigênio do ar, necessita-se de algum agente que provoque o início da reação. Denomina-se ignição o processo que provoca o início da combustão.

Quanto à ignição, os motores alternativos são divididos em dois tipos fundamentais:

MIF – MOTORES DE IGNIÇÃO POR FAÍSCA OU OTTO

Nesses motores, a mistura combustível-ar é admitida, previamente dosada ou formada no interior dos cilindros quando há injeção direta de combustível (*GDI gasoline direct injection*, e inflamada por uma faísca que ocorre entre os eletrodos de uma vela.

MIE – MOTORES DE IGNIÇÃO ESPONTÂNEA OU DIESEL

Nesses motores, o pistão comprime somente ar, até que este atinja uma temperatura suficientemente elevada. Quando o pistão aproxima-se 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

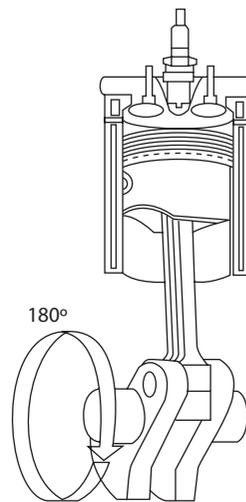


Figura 1.8 – MIF – Motor de ignição por faísca [C].

espontânea do combustível denomina-se “temperatura de autoignição (TAI)”. A Figura 1.9 apresenta uma câmara de combustão típica de um MIE, enquanto a Tabela 1.1 apresenta alguns valores típicos da TAI.

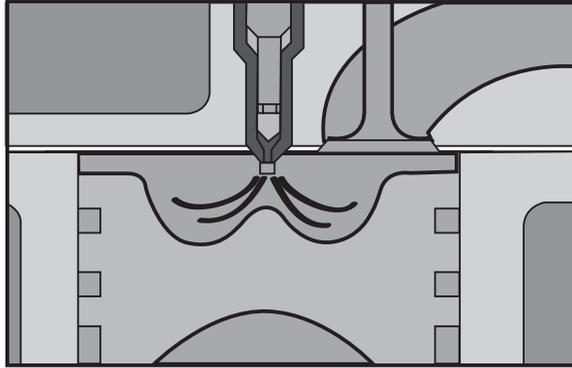


Figura 1.9 – MIE – Motor de ignição espontânea [C].

Tabela 1.1 – TAI – valores típicos.

Temperatura de Autoignição – TAI (°C)			
Diesel	Etanol Hidratado	Metanol	Gasolina E22
250	420	478	400

As diferentes formas de funcionamento dos dois tipos de motores criam características distintas que, de certa forma, direcionam as suas aplicações, como será visto ao longo do texto.

A Tabela 1.2 apresenta os valores praticados de taxa de compressão para os diferentes combustíveis. Novamente cabe ressaltar que a massiva presença da eletrônica nos motores tem sistematicamente alterado essa relação.

Tabela 1.2 – r_v – Valores típicos.

Relação ou Taxa de compressão – r_v		
	MIF	MIE
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

1.2.4 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 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, como será verificado a seguir. Quanto ao número de tempos, os motores alternativos, sejam do tipo MIF ou MIE, são divididos em dois grupos:

MOTORES ALTERNATIVOS A QUATRO TEMPOS (4T)

Neste caso, o pistão percorre quatro cursos, correspondendo a duas voltas da manivela do motor, para que seja completado um ciclo. Os quatro tempos, representados na Figura 1.10, são descritos a seguir.

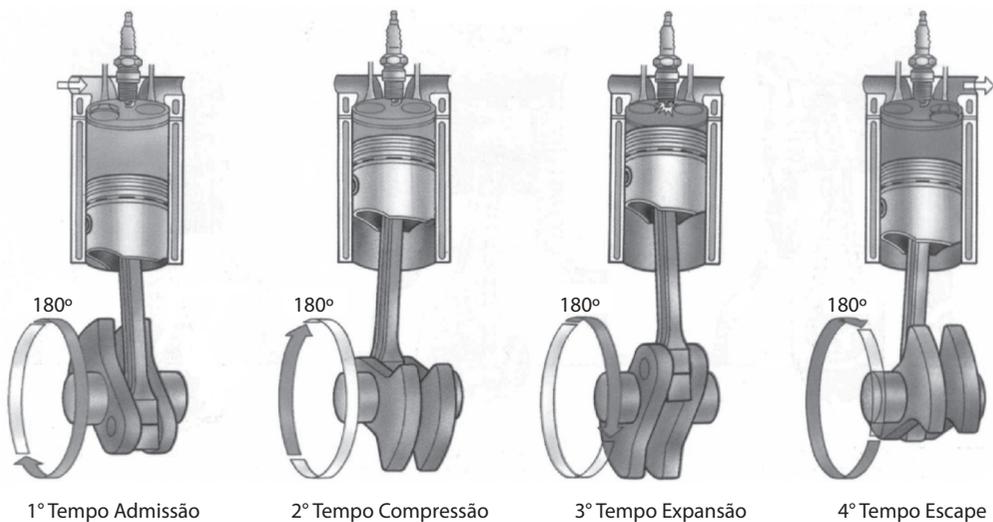


Figura 1.10 – Os quatro tempos do motor alternativo [C].

Tempo de Admissão

O pistão desloca-se do PMS ao PMI. Nesse movimento, o pistão dá origem a uma sucção (depressão) que causa um fluxo de gases através da válvula de admissão – V.A., que se encontra aberta. O cilindro é preenchido com mistura combustível–ar ou somente ar nos motores de injeção direta de combustível – GDI – se for de ignição por fâsca, ou por ar (apenas ar), nos MIE.



MOTORES

DE COMBUSTÃO INTERNA

Volume 1

FRANCO BRUNETTI

Blucher



Clique aqui e:

[Veja na loja](#)

Motores de Combustão Interna - Vol. 1

Franco Brunetti

ISBN: 9788521212935

Páginas: 554

Formato: 17 x 24 cm

Ano de Publicação: 2018