



CEPRA

Centro de Formação Profissional
da Reparação Automóvel



CARACTERÍSTICAS E FUNCIONAMENTO DOS MOTORES



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Social Europeu



PROGRAMA OPERACIONAL POTENCIAL HUMANO



QUADRO
DE REFERÊNCIA
ESTRATÉGICO
NACIONAL
PORTUGAL 2007-2013



Colecção	Formação Modular Automóvel
Título do Módulo	Características e Funcionamento dos Motores
Coordenação Técnico-Pedagógica	CEPRA - Centro de Formação Profissional da Reparação Automóvel Departamento Técnico Pedagógico
Direcção Editorial	CEPRA - Direcção
Autor	CEPRA - Desenvolvimento Curricular
Maquetagem	CEPRA – Núcleo de Apoio Gráfico
Propriedade	Instituto de Emprego e Formação Profissional Av. José Malhoa, 11 - 1000 Lisboa
Edição 3.0	Portugal, Lisboa, 2000/04/28
Depósito Legal	147890/00

Copyright, 2000
Todos os direitos reservados
IEFP



“Produção apoiada pelo Programa Operacional Formação Profissional e Emprego, cofinanciado pelo Estado Português, e pela União Europeia, através do FSE”

“Ministério de Trabalho e da Solidariedade - Secretaria de Estado do Emprego e Formação”

ÍNDICE

DOCUMENTOS DE ENTRADA

OBJECTIVOS GERAIS	E.1
OBJECTIVOS ESPECÍFICOS	E.1
PRÉ-REQUISITOS	E.4

CORPO DO MÓDULO

0 - INTRODUÇÃO	0.1
1 - INTRODUÇÃO AO MOTOR	1.1
1.1 - TIPOS DE MOTORES	1.1
1.1.1 - TIPO DE MOVIMENTO	1.2
1.1.2 - MODO DE FUNCIONAMENTO	1.3
1.1.3 - TIPO DE COMBUSTÍVEL	1.4
1.1.4 - FORMAÇÃO DA MISTURA	1.4
1.1.5 - DISPOSIÇÃO E NÚMERO DE CILINDROS	1.5
1.1.5.1 - DISPOSIÇÃO DOS CILINDROS	1.5
1.1.5.2 - NÚMERO DE CILINDROS	1.7
1.1.6 - TIPO DE ARREFECIMENTO	1.19
1.1.7 - TIPO DE IGNIÇÃO	1.19
1.1.8 - TIPO DE ENCHIMENTO DO CILINDRO	1.19
1.1.9 - TIPO DE ACCIONAMENTO DAS VÁLVULAS	1.20
1.1.10 - CICLO DE FUNCIONAMENTO	1.21
1.1.11 - COMBUSTÃO	1.21
1.2 - MOTOR A GASOLINA	1.22
1.2.1 - FUNCIONAMENTO DO MOTOR A GASOLINA	1.22
1.3 - MOTOR DIESEL	1.24
1.3.1 - FUNCIONAMENTO DO MOTOR DIESEL	1.24
1.4 - CILINDRADA	1.25
1.5 - RELAÇÃO DE COMPRESSÃO	1.27
1.6 - PRESSÃO DE COMPRESSÃO	1.33
1.7 - DIFERENÇAS ENTRE MOTORES A GASOLINA E DIESEL	1.34
1.7.1 - DIFERENÇAS DE PRESSÕES E TEMPERATURAS ENTRE MOTORES A GASOLINA E DIESEL	1.34

1.7.2 - DIFERENÇAS DE CONSTRUÇÃO ENTRE MOTORES A GASOLINA E DIESEL	1.35
2 - ÓRGÃOS DO MOTOR	2.1
2.1 - BLOCO DO MOTOR	2.1
2.1.1 - SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO BLOCO	2.2
2.1.2 - MATERIAL DO BLOCO	2.3
2.1.3 - CILINDROS	2.4
2.1.4 - CAMISAS	2.7
2.1.4.1 - CAMISA HÚMIDA	2.9
2.1.4.2 - CAMISA SECA	2.12
2.1.5 - ÊMBOLOS	2.13
2.1.5.1 - CARACTERÍSTICAS DO ÊMBOLO	2.13
2.1.5.2 - CONSTITUIÇÃO DO ÊMBOLO	2.14
2.1.5.3 - MATERIAL DO ÊMBOLO	2.16
2.1.5.4 - FORÇAS SOBRE O ÊMBOLO	2.18
2.1.5.5 - CARGA TÉRMICA SOBRE O ÊMBOLO	2.19
2.1.6 - CAVILHÃO	2.20
2.1.6.1 - CARACTERÍSTICAS DO CAVILHÃO	2.20
2.1.6.2 - MATERIAL DO CAVILHÃO	2.21
2.1.6.3 - TIPOS DE FIXAÇÃO DO CAVILHÃO	2.21
2.1.7 - SEGMENTOS	2.23
2.1.7.1 - DESCRIÇÃO DOS SEGMENTOS	2.23
2.1.7.2 - TIPOS DE SEGMENTOS	2.24
2.1.7.3 - MATERIAL DOS SEGMENTOS	2.28
2.1.7.4 - MONTAGEM DOS SEGMENTOS	2.28
2.1.8 - BIELA	2.30
2.1.8.1 - CONSTITUIÇÃO DA BIELA	2.30
2.1.8.2 - CARACTERÍSTICAS DA BIELA	2.35
2.1.8.3 - MATERIAL DA BIELA	2.36
2.1.9 - CAMBOTA	2.36
2.1.9.1 - FUNÇÃO DA CAMBOTA	2.37
2.1.9.2 - MATERIAL DA CAMBOTA	2.37
2.1.9.3 - CONSTITUIÇÃO DA CAMBOTA	2.38
2.1.9.4 - APOIOS DA CAMBOTA	2.39
2.1.10 - VOLANTE DO MOTOR	2.44
2.1.10.1 - DESCRIÇÃO DO VOLANTE DO MOTOR	2.44
2.1.10.2 - CARACTERÍSTICAS DO VOLANTE DO MOTOR	2.46

2.1.11 - AMORTECEDOR DE VIBRAÇÕES OU DAMPER	2.47
2.1.11.1 - AMORTECEDOR OU DAMPER FLUIDO	2.48
2.1.11.2 - AMORTECEDOR OU DAMPER MECÂNICO	2.49
2.2 - CABEÇA DO MOTOR (MOTOR A GASOLINA).....	2.49
2.2.1 - CARACTERÍSTICAS DA CABEÇA DO MOTOR	2.54
2.2.2 - MATERIAL DA CABEÇA DO MOTOR	2.54
2.2.3 - JUNTA DA CABEÇA DO MOTOR.....	2.55
2.2.4 - FUNÇÃO DA JUNTA DA CABEÇA DO MOTOR.....	2.56
2.2.5 - MATERIAL DA JUNTA DA CABEÇA DO MOTOR	2.56
2.2.6 - CÂMARA DE COMBUSTÃO (MOTOR A GASOLINA).....	2.57
2.2.7 - PARAFUSOS DA CABEÇA DO MOTOR	2.59
2.3 - CABEÇA DO MOTOR (MOTOR DIESEL)	2.60
2.3.1 - MATERIAL DA CABEÇA DO MOTOR (MOTOR DIESEL).....	2.62
2.3.2 - CÂMARA DE COMBUSTÃO (MOTOR DIESEL)	2.62
2.3.2.1 - CÂMARAS DE COMBUSTÃO - INJEÇÃO INDIRECTA.....	2.63
2.3.2.2 - CÂMARAS DE COMBUSTÃO - INJEÇÃO DIRECTA	2.66
2.4 - CÁRTER	2.69
2.4.1 - CÁRTER SUPERIOR.....	2.69
2.4.2 - CÁRTER INFERIOR	2.69
3 - CICLOS OPERATIVOS	3.1
3.1 - CICLO A 4 (QUATRO) TEMPOS - MOTOR A GASOLINA.....	3.1
3.2 - CICLO A 2 (DOIS) TEMPOS - MOTOR A GASOLINA.....	3.7
3.3 - CICLO A 4 (QUATRO) TEMPOS - MOTOR DIESEL	3.13
4 - MOTOR WANKEL	4.1
4.1 - CONSTITUIÇÃO DO MOTOR	4.1
4.2 - FUNCIONAMENTO DO MOTOR WANKEL.....	4.3
4.3 - PROBLEMAS DO MOTOR WANKEL	4.9
4.3.1 - SEGMENTOS	4.9
5 - DIAGRAMAS DE FUNCIONAMENTO	5.1
5.1 - CICLOS TEÓRICOS	5.1
5.1.1 - CICLO A VOLUME CONSTANTE (CICLO OTTO).....	5.2
5.1.2 - CICLO A PRESSÃO CONSTANTE (CICLO DIESEL).....	5.3
5.1.3 - MOTOR A GASOLINA - DIFERENÇAS ENTRE OS CICLOS REAIS E TEÓRICOS.....	5.5
5.1.4 - MOTOR DIESEL - DIFERENÇAS ENTRE OS CICLOS REAIS E TEÓRICOS.....	5.7

6 - COMBUSTÃO E COMBUSTÍVEIS	6.1
6.1 - COMBUSTÍVEIS	6.1
6.1.1 - VOLATILIDADE.....	6.2
6.1.2 - ÍNDICE DE OCTANO.....	6.2
6.1.3 - ÍNDICE DE CETANO	6.3
6.2 - COMBUSTÃO	6.4
6.2.1 - COMPOSIÇÃO DO AR	6.5
6.2.2 - PROCESSO DE COMBUSTÃO - MOTOR A GASOLINA.....	6.5
6.2.2.1 - DETONAÇÃO	6.7
6.2.2.2 - AUTO-IGNIÇÃO	6.9
6.2.2.3 - PONTO DE IGNIÇÃO (MOTOR A GASOLINA)	6.10
6.2.3 - PROCESSO DE COMBUSTÃO - MOTOR DIESEL	6.16
6.2.4 - PRODUTOS DA COMBUSTÃO.....	6.19
6.2.5 - RELAÇÃO AR/COMBUSTÍVEL.....	6.20
6.2.6 - EFEITO DE MISTURAS RICAS E POBRES	6.21
6.2.7 - COMPOSIÇÃO DOS GASES DE ESCAPE NUMA MISTURA POBRE.....	6.23
6.2.8 - COMPOSIÇÃO DOS GASES DE ESCAPE NUMA MISTURA RICA.....	6.24
7 - TESTE DE COMPRESSÃO	7.1
7.1 - TESTE DE COMPRESSÃO (MOTOR A GASOLINA).....	7.1
7.1.1 - CONDIÇÕES DE ENSAIO	7.1
7.1.2 - EQUIPAMENTO DE VERIFICAÇÃO.....	7.2
7.1.3 - PROCEDIMENTOS DO TESTE.....	7.4
7.1.4 - LEITURA DOS RESULTADOS DO TESTE.....	7.8
7.2 - TESTE DE COMPRESSÃO (MOTOR DIESEL).....	7.14
7.2.1 - CONDIÇÕES DE ENSAIO	7.14
7.2.2 - EQUIPAMENTO DE VERIFICAÇÃO.....	7.15
7.2.3 - PROCEDIMENTOS DO TESTE.....	7.18
7.2.4 - LEITURA DOS RESULTADOS DO TESTE.....	7.24
8 - TESTE DE FUGAS	8.1
8.1 - PROCEDIMENTOS.....	8.1
9 - VERIFICAÇÃO DO EQUILÍBRIO DOS CILINDROS	9.1
10 - INSPECÇÃO VISUAL DO MOTOR	10.1
10.1 - COMPONENTES DANIFICADOS	10.1
10.2 - DETECÇÃO DE FUGAS DE ÁGUA, ÓLEO E AR	10.1
10.3 - ENDOSCOPIA	10.2

11 - INSPECÇÃO DA CABEÇA DO MOTOR	11.1
11.1 - VERIFICAÇÃO DA CABEÇA DO MOTOR	11.1
11.1.1 - LIMPEZA DA CABEÇA DO MOTOR	11.1
11.1.2 - INSPECÇÃO VISUAL DA CABEÇA DO MOTOR	11.3
11.1.3 - INSPECÇÃO VISUAL DA SUPERFÍCIE DE ASSENTAMENTO DO BLOCO DO MOTOR	11.4
11.1.4 - VERIFICAÇÃO DA PLANICIDADE DA SUPERFÍCIE DE ASSENTAMENTO DO BLOCO DO MOTOR	11.4
11.1.5 - INSPECÇÃO VISUAL DA JUNTA DA CABEÇA DO MOTOR	11.6
11.1.6 - MEDIÇÃO DO VOLANTE DAS CÂMARAS DE COMBUSTÃO	11.8
12 - INSPECÇÃO DO BLOCO DO MOTOR.....	12.1
12.1 - VERIFICAÇÃO DO BLOCO DO MOTOR	12.1
12.2 - VERIFICAÇÃO DOS CILINDROS	12.3
12.2.1 - DESGASTE DOS CILINDROS	12.3
12.2.2 - INSPECÇÃO VISUAL DOS CILINDROS	12.4
12.2.3 - MEDIÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO DOS CILINDROS	12.5
12.3 - VERIFICAÇÃO DOS ÊMBOLOS	12.7
12.3.1 - INSPECÇÃO VISUAL DO ÊMBOLO.....	12.8
12.3.2 - VERIFICAÇÃO DO DIÂMETRO DO ÊMBOLO.....	12.9
12.3.3 - VERIFICAÇÃO DA FOLGA DE MONTAGEM	12.10
12.3.4 - VERIFICAÇÃO DA FOLGA DOS SEGMENTOS NOS SEUS ALOJAMENTOS ...	12.11
12.3.5 - VERIFICAÇÃO DA FOLGA DOS SEGMENTOS DO ÊMBOLO	12.12
12.3.6 - VERIFICAÇÃO DA FOLGA ENTRE O CAVILHÃO E O SEU ALOJAMENTO NO ÊMBOLO.....	12.13
12.4 - VERIFICAÇÃO DA CAMBOTA.....	12.14
12.4.1 - INSPECÇÃO VISUAL DA CAMBOTA	12.14
12.4.2 - INDICAÇÃO DOS MOENTES DA CAMBOTA	12.14
12.4.3 - INDICAÇÃO DA FOLGA AXIAL DA CAMBOTA	12.15
12.4.4 - VERIFICAÇÃO DO EMPENO DA CAMBOTA.....	12.18
12.4.5 - VERIFICAÇÃO DOS CANAIS DE LUBRIFICAÇÃO DA CAMBOTA.....	12.19
12.5 - VERIFICAÇÃO DAS BIELAS.....	12.19
12.5.1 - VERIFICAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DA BIELA	12.20
12.6 - VERIFICAÇÃO DAS CAPAS DOS APOIOS DA CAMBOTA E DAS BIELAS.....	12.21
12.6.1 - VERIFICAÇÃO DO DESGASTE DAS CAPAS	12.21
12.6.2 - VERIFICAÇÃO DA FOLGA DOS APOIOS.....	12.23

BIBLIOGRAFIA.....	C.1
DOCUMENTO DE SAÍDA	
PÓS-TESTE	S.1
CORRIGENDA DO PÓS-TESTE	S.11
ANEXOS	
EXERCÍCIOS PRÁTICOS.....	A.1
GUIAS DE EXECUÇÃO DOS EXERCÍCIOS PRÁTICOS	A.3

DOCUMENTOS DE ENTRADA

OBJECTIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

No final deste módulo, o formando deverá ser capaz de:

OBJECTIVO GERAL

Identificar os vários tipos de motores descrevendo as suas características e modos de funcionamento e identificar os vários órgãos de um motor descrevendo as suas funções no conjunto do motor. Deve ser também capaz de efectuar procedimentos de inspecção e testes de verificação do funcionamento do motor.

OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

1. Distinguir e identificar pelas suas principais características diferentes tipos de motores.
2. Descrever os princípios de funcionamento de um motor a gasolina a 4 (quatro) tempos identificando os 4 (quatro) tempos do ciclo.
3. Descrever os princípios de funcionamento de um motor a gasolina a 2 (dois) tempos identificando os 2 (dois) tempos do ciclo.
4. Descrever os princípios de funcionamento de um motor Diesel a 4 (quatro) tempos identificando os 4 (quatro) tempos do ciclo.
5. Dado um motor a gasolina, identificar os seus principais órgãos e descrever as suas funções.
6. Dado um motor Diesel, identificar os seus principais órgãos e descrever as suas funções.

7. Definir os conceitos de cilindrada unitária e total de um motor e dado um motor determinar a sua cilindrada unitária e total.
8. Definir o conceito de relação de compressão de um motor.
9. Dado um motor, efectuar o teste de compressão dos cilindros utilizando o equipamento adequado e os procedimentos correctos.
10. Dado um motor, efectuar o teste de fugas utilizando o equipamento adequado e os procedimentos correctos.
11. Dado um motor rotativo do tipo Wankel, descrever o seu princípio de funcionamento.
12. Dado um motor rotativo do tipo Wankel, identificar os seus principais órgãos e descrever as suas funções.
13. Descrever e interpretar o ciclo teórico Otto e o ciclo teórico Diesel.
14. Efectuar a comparação entre ciclos teóricos e reais.
15. Definir o índice de Octano de um combustível e descrever a sua influência no funcionamento de um motor a gasolina.
16. Definir o índice de Cetano de um combustível e descrever a sua influência no funcionamento de um motor diesel.
17. Descrever o processo de combustão de um motor a gasolina, identificando os produtos da combustão.
18. Descrever o processo de combustão de um motor a diesel, identificando os produtos da combustão.
19. Definir o conceito de detonação e descrever as causas e factores que influenciam o aparecimento deste fenómeno no motor.
20. Definir o conceito de ponto de ignição num motor a gasolina, descrever a influencia do ponto de ignição no funcionamento do motor e identificar os factores que o influenciam.

21. Definir o conceito de relação ar/combustível e de factor λ (lambda).
22. Descrever a relação do factor λ (lambda) com a natureza das misturas, identificando o efeito de misturas ricas e pobres.
23. Efectuar a inspecção e verificação da cabeça do motor, utilizando os instrumentos e procedimentos adequados.
24. Efectuar a inspecção e verificação do bloco do motor, efectuando medições metrológicas dos vários componentes do bloco utilizando os instrumentos e procedimentos adequados.

PRÉ-REQUISITOS

COLEÇÃO FORMAÇÃO MODULAR AUTOMÓVEL

Construção da Instalação Eléctrica	Componentes do Sistema Eléctrico e sua simbologia	Electricidade Básica	Magnetismo e Electrogagnetismo - Motores e Geradores	Tipos de Baterias e sua Manutenção	Tecnologia dos Semi-Condutores - Componentes
Circ. Integrados, Microcontroladores e Microprocessadores	Leitura e Interpretação de Esquemas Eléctricos Auto	Características e Funcionamento dos Motores	Distribuição	Cálculos e Curvas Características do Motor	Sistemas de Admissão e de Escape
Sistemas de arrefecimento	Lubrificação de Motores e Transmissão	Alimentação Diesel	Sistemas de Alimentação por Carburador	Sistemas de Ignição	Sistemas de Carga e Arranque
Sobrealimentação	Sistemas de Informação	Lâmpadas, Faróis e Farolins	Focagem de Faróis	Sistemas de Aviso Acústicos e Luminosos	Sistemas de Comunicação
Sistemas de Segurança Passiva	Sistemas de Conforto e Segurança	Embraiagem e Caixas de Velocidades	Sistemas de Transmissão	Sistemas de Travagem Hidráulicos	Sistemas de Travagem Antibloqueio
Sistemas de Direcção Mecânica e Assistida	Geometria de Direcção	Órgãos da Suspensão e seu Funcionamento	Diagnóstico e Rep. de Avarias no Sistema de Suspensão	Ventilação Forçada e Ar Condicionado	Sistemas de Segurança Activa
Sistemas Electrónicos Diesel	Diagnóstico e Reparação em Sistemas Mecânicos	Unidades Electrónicas de Comando, Sensores e Actuadores	Sistemas de Injecção Mecânica	Sistemas de Injecção Electrónica	Emissões Poluentes e Dispositivos de Controlo de Emissões
Análise de Gases de Escape e Opacidade	Diagnóstico e Reparação em Sistemas com Gestão Electrónica	Diagnóstico e Reparação em Sistemas Eléctricos Convencionais	Rodas e Pneus	Manutenção Programada	Termodinâmica
Gases Carburantes e Combustão	Noções de Mecânica Automóvel para GPL	Constituição de Funcionamento do Equipamento Conversor para GPL	Legislação Específica sobre GPL	Processos de Traçagem e Puncionamento	Processos de Corte e Desbaste
Processos de Furação, Mandrilagem e Roscagem	Noções Básicas de Soldadura	Metrologia	Rede Eléctrica e Manutenção de Ferramentas Eléctricas	Rede de Ar Comp. e Manutenção de Ferramentas Pneumáticas	Ferramentas Manuais

OUTROS MÓDULOS A ESTUDAR

Introdução ao Automóvel	Desenho Técnico	Matemática (cálculo)	Física, Química e Materiais	Construção da Instalação Eléctrica
-------------------------	-----------------	----------------------	-----------------------------	------------------------------------

Legenda

Módulo em estudo

Pré-Requisito

CORPO DO MÓDULO

0 - INTRODUÇÃO

Os primeiros veículos que o homem inventou para se deslocar ou transportar cargas, eram veículos que não dispunham de locomoção auto-suficiente. Para se moverem, tinham que ser empurrados ou puxados por animais ou pelo próprio homem. De facto, durante muitos séculos a tracção animal foi utilizada como o meio mais eficaz de fazer deslocar sobre a terra os veículos de transporte de pessoas e mercadorias.

Além do mais, tornava-se difícil e quase inacessível às pessoas percorrer grandes distâncias, fazendo com que as mesmas conhecessem pouco mais que o lugar onde tinham nascido.

A China é um exemplo de um grande País onde veículos de tracção humana para transporte de pessoas e cargas, foram utilizados em grande escala até aos nossos dias.

Mas ao longo das várias épocas da história da humanidade, houve sempre alguém cujo inconformismo e talento se juntaram para tentar mudar e melhorar situações menos boas, e satisfazer necessidades. Diminuir o seu esforço físico e a dependência em relação à tracção animal eram necessidades do homem.

A capacidade inventiva, espírito de iniciativa e força de vontade para atingir um objectivo pretendido, levaram o homem a inventar os motores (finais do século XIX). Apareceram vários tipos de motores (máquina a vapor, motores de combustão interna, a turbina, etc.), que iriam permitir entre muitas coisas, a desejada auto-locomoção de veículos de transporte abrindo assim caminho à diminuição do trabalho árduo e ingrato de muitas pessoas.

Surgiu então o termo automóvel (veículo que se desloca pelos seus próprios meios) até então inexistente.

A invenção do motor não foi obra de uma única pessoa, mas sim o resultado da contribuição do trabalho efectuado por muitas pessoas da área das ciências físicas e químicas.

Entre estas pessoas figuram nomes como Beau de Rochas (francês, inventor do ciclo a 4 tempos), Nicolas Otto (alemão, primeiro a fazer funcionar um motor segundo o ciclo com o seu nome) e Rodolphe Diesel (francês, inventor do motor com o seu nome).

De então para cá, os motores nomeadamente de automóveis não pararam de se desenvolver.

Apesar dos princípios de funcionamento dos motores se manter a mesma desde os primeiros motores, tem havido um enorme avanço em determinados campos tais como, os materiais utilizados, gestão electrónica dos motores, fiabilidade dos motores, diagnóstico de avarias dos motores, etc.

Este módulo apresenta as características e fundamentos de funcionamento dos motores modernos bem como procedimentos de reparação e verificação.

O profissional do ramo da reparação automóvel que conhece e domina as características e os fundamentos de funcionamento dos motores modernos tem meio caminho andado para uma boa execução do seu trabalho.

1 - INTRODUÇÃO AO MOTOR

1.1 - TIPOS DE MOTORES

Os motores utilizados em automóveis, podem ser divididos em grupos diferentes consoante os seguintes critérios:

Tipo de movimento.

Modo de funcionamento

Tipo de combustível

Formação da mistura

Disposição e número de cilindros

Tipo de arrefecimento

Tipo de ignição

Tipo de enchimento do cilindro

Tipo de accionamento das válvulas

1.1.1 - TIPO DE MOVIMENTO

Os motores dividem-se segundo o tipo de movimento do seguinte modo:

Motor de êmbolos com movimento alternado.

Motor com êmbolo rotativo (motor Wankel).

Motor de turbina.

Motor a jacto.

No estudo deste módulo apenas serão tratados os motores de êmbolos com movimento alternado e, os motores de êmbolo rotativo (motor Wankel).

Motor de êmbolos com movimento alternado

Estes motores transformam a energia calorífica proveniente da combustão de um carburante, em movimento linear e alternativo de êmbolos que, por sua vez é transformado em movimento rotativo de uma cambota através de um sistema biela/manivela, como mostra a figura 1.1.

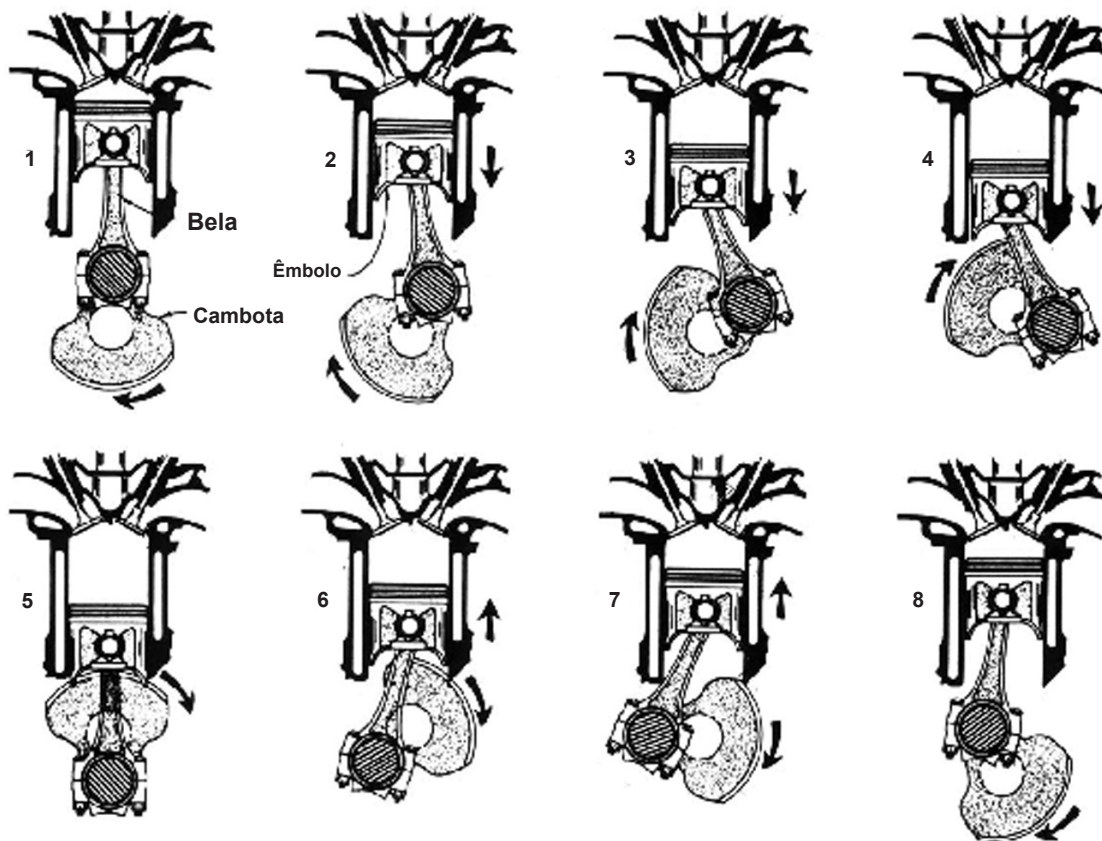


Fig.1.1 - Transformação de movimento linear e alternativo de um êmbolo em movimento rotativo de uma cambota.

Motor de êmbolos com movimento rotativo

Estes motores transformam a energia calorífica proveniente da combustão de um carburante, em movimento rotativo de um êmbolo que, por sua vez é transmitido directamente ao sistema de transmissão. Este tipo de motor é chamado motor **Wankel**, nome do seu criador.

1.1.2 - MODO DE FUNCIONAMENTO

Os motores funcionam segundo um dos seguintes modos de funcionamento:

Motor a 4 (quatro) tempos.

Motor a 2 (dois) tempos.

1.1.3 - TIPO DE COMBUSTÍVEL

Os motores dividem-se segundo o tipo de combustível do seguinte modo:

Motor a gasolina.

Motor a gasóleo (motor Diesel).

Motor a GPL (gás de petróleo liquefeito).

Motor a álcool.

Motor de múltiplos combustíveis.

O motor a gasolina e o motor diesel são os motores mais utilizados.

O motor a GPL começa actualmente a ser bastante utilizado, devido ao GPL desgastar menos o motor, ser mais económico e, ser menos poluente que os motores a gasolina e diesel, entre outras vantagens.

O motor a álcool é utilizado em países como o Brasil, desde as crises petrolíferas da década de 70.

1.1.4 - FORMAÇÃO DA MISTURA

Os motores dividem-se segundo o tipo de formação da mistura do seguinte modo:

Motor com carburador.

Motor de injeção.

Podemos distinguir os motores, também pelo local onde se forma a mistura:

Dentro do cilindro - Motor Diesel e modernos motores a gasolina de injeção directa.

No colector de admissão - Motor a gasolina convencional.

1.1.5 - DISPOSIÇÃO E NÚMERO DE CILINDROS

1.1.5.1 - DISPOSIÇÃO DOS CILINDROS

Os motores dividem-se segundo a disposição dos cilindros do seguinte modo:

Motor de cilindros em linha.

Motor de cilindros em V.

Motor de cilindros em W.

Motor de cilindros horizontais opostos.

Motor radial.

Cilindros em linha:

É a disposição mais utilizada por ser a mais económica e simples. Trata-se de um único bloco onde se encontram os cilindros alinhados, como mostra a figura 1.2.

A principal desvantagem desta disposição dos cilindros em relação às outras disposições (para o mesmo número de cilindros) é o facto da cambota ter que ser maior.

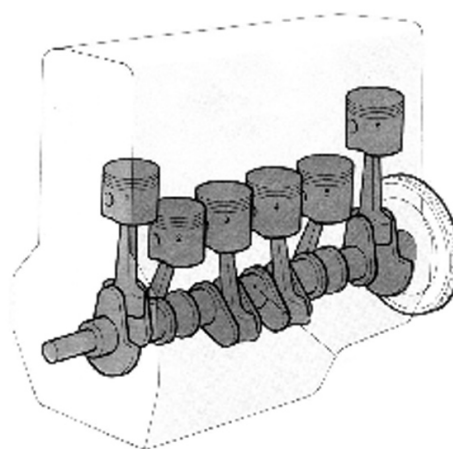


Fig.1.2 - Cilindros em linha

Cilindros em “V”:

Os cilindros são dispostos em dois blocos que se unem em “V” formando um determinado ângulo (Fig.1.3). Os dois blocos têm uma cambota comum. Tem a vantagem de ser mais curto que o bloco em linha, para o mesmo número de cilindros. É mais utilizado quando o número de cilindros é de seis ou mais.

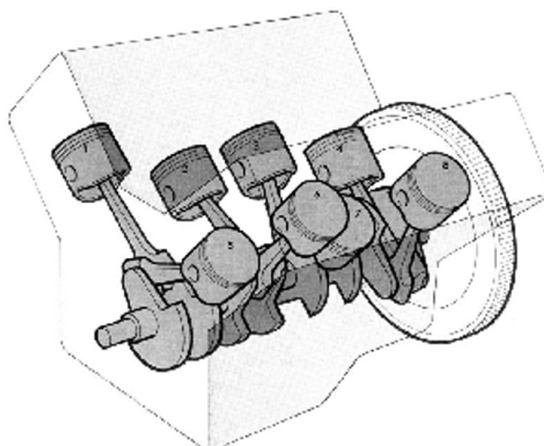


Fig.1.3 – Cilindros em V

Cilindros em “W”

Esta configuração é semelhante à disposição em “V”, mas possui três blocos de cilindros. Deste modo, constroem-se motores com vários cilindros, normalmente 12 (doze), ocupando menos espaço que um motor de cilindros em “V”, também com 12 (doze) cilindros. Ver a Figura 1.4

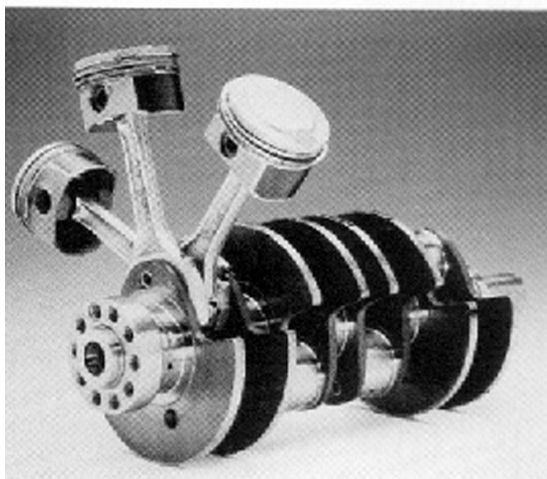


Fig.1.4 – Cilindros em W

Cilindros horizontais opostos:

Neste caso existem duas bancadas que se opõem horizontalmente, como se vê na figura 1.5. Tem a vantagem de ser um motor bastante equilibrado pois o movimento de um êmbolo é compensado pelo outro que se desloca em sentido contrário. Obtém-se, também, um centro de gravidade do veículo mais baixo, com consequências benéficas para o comportamento do veículo.

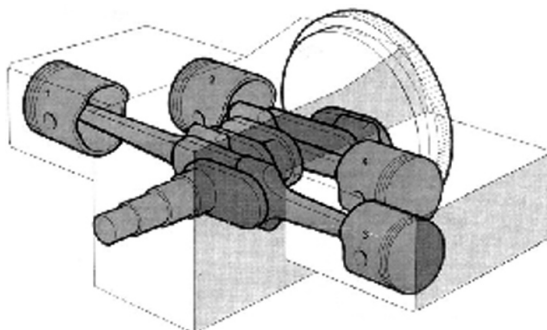


Fig.1.5 - Cilindros horizontais opostos

1.1.5.2 – NÚMERO DE CILINDROS

Se os motores tivessem apenas **um cilindro**, para se obter a potência necessária, o cilindro teria de ser de grandes dimensões.

O êmbolo e a biela teriam que ser muito grandes, o volante do motor muito pesado, e a cambota muito robusta.

O excessivo peso das massas em movimento e o forte impulso (todo o esforço motor) que a cambota receberia em cada duas voltas, tornaria difícil um funcionamento equilibrado do motor. Pelo que um motor de um único cilindro não é adequado para um automóvel.

Num motor de **vários cilindros** a mesma potência é obtida, com a vantagem da utilização de mais componentes móveis de menores dimensões e peso.

A cambota em vez de receber todo o esforço motor de uma só vez em cada duas voltas (como no caso do motor de um cilindro), recebe-o ao longo dessas duas voltas repartido em vários impulsos (tantos quantos o número de cilindros).

Nos motores de **vários cilindros** podem-se considerar duas hipóteses:

a) Motor com muitos cilindros de pequena cilindrada unitária.

b) Motor com poucos cilindros de grande cilindrada unitária.

Algumas das vantagens e desvantagens da hipótese a) em relação à hipótese b) são as seguintes:

VANTAGENS
<ul style="list-style-type: none">- Melhor rendimento térmico.- Possibilidade de obtenção de potências específicas superiores aumentando o regime máximo do motor.- Maior uniformidade do binário do motor.- Melhor equilíbrio das massas em movimento, o que se traduz em menores vibrações do motor.
DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none">- Aumento do comprimento da cambota, o que se traduz em aumento de problemas ligados a vibrações torsionais.- Aumento do volume e peso total do motor.- Diminuição do rendimento mecânico e com ela a diminuição da potência.

MOTOR DE 2 (DOIS) CILINDROS

Os motores de dois cilindros são motores utilizados em veículos de pequena potência e pequena cilindrada, para circulação urbana.

Estes motores são normalmente motores a gasolina e com cilindros dispostos em **linha** ou **horizontalmente opostos**.

Num motor de dois cilindros a 4 (quatro) tempos, os tempos nos dois cilindros acontecem como mostram as tabelas 1.1. e 1.2 .

2 CILINDROS EM LINHA	$\frac{1}{2}$ VOLTAS DA CAMBOTA	TEMPOS DO CICLO	
		CILINDRO 1	CILINDRO 2
	1 ^a	Admissão	Combust./Expans.
	2 ^a	Compressão	Escape
	3 ^a	Combust./ Expans.	Admissão
	4 ^a	Escape	Compressão

Tab. 1.1 - Dois cilindros em linha

2 CILINDROS HORIZONTAL / OPOSTO	$\frac{1}{2}$ VOLTAS DA CAMBOTA	TEMPOS DO CICLO	
		CILINDRO 1	CILINDRO 2
	1 ^a	Admissão	Combust./Expans.
	2 ^a	Compressão	Escape
	3 ^a	Combust./ Expans.	Admissão
	4 ^a	Escape	Compressão

Tab. 1.2 - Dois cilindros horizontal / opostos

MOTOR DE 4 (QUATRO) CILINDROS

Os motores de 4 (quatro) cilindros são os motores mais utilizados nos veículos de pequena e média potência.

A maioria dos motores de 4 (quatro) cilindros que funcionam em ciclo de 4 (quatro) tempos, tanto a gasolina como a diesel, são motores com **cilindros dispostos em linha**.

No entanto, também são utilizados motores com **cilindros dispostos em V e horizontalmente opostos**.

Estes motores funcionando em ciclo de 4 (quatro) tempos, podem ter diferentes **ordens de ignição**:

1-3-4-2

1-4-3-2

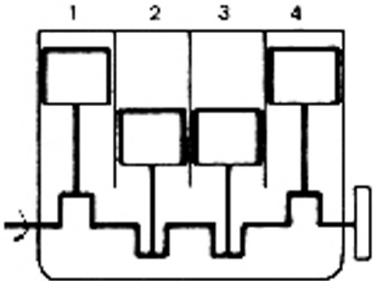
NOTA:

Ordem de ignição 1-3-4-2 significa que as combustões nos 4 (quatro) cilindros dão-se na seguinte ordem:

Primeiro no cilindro 1, a seguir no cilindro 3, a seguir no cilindro 4 e por último no cilindro 2.

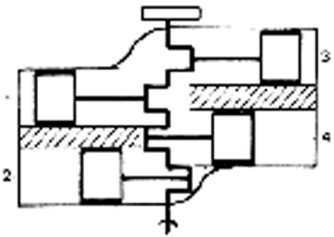
Como é óbvio, todos os tempos do ciclo terão a mesma ordem.

A tabela 1.3 mostra os tempos de um motor de 4 (quatro) **cilindros em linha**, funcionando em ciclo de 4 (quatro) tempos, em que a **ordem de ignição é 1-3-4-2**.

4 CILINDROS EM LINHA Ordem de ignição: 1-3-4-2	$\frac{1}{2}$ VOLTAS DA CAMBOTA	TEMPOS DO CICLO			
		CILINDROS			
		1	2	3	4
	1 ^a	C / E	E	C	A
	2 ^a	E	A	C / E	C
	3 ^a	A	C	E	C / E
	4 ^a	C	C / E	A	E
A - Admissão C - Compressão C/E - Combustão / Expansão E - Escape					

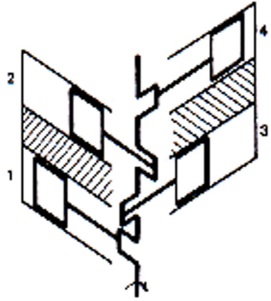
Tab.1.3 – Quatro cilindros em linha

A tabela 1.4 mostra os tempos de um motor de 4 (quatro) **cilindros horizontalmente opostos**, funcionando em ciclo de 4 (quatro) tempos, em que a **ordem de ignição é 1-4-3-2**.

4 CILINDROS HORIZONTAL / OPOSTOS Ordem de ignição: 1-4-3-2	$\frac{1}{2}$ VOLTAS DA CAMBOTA	CILINDROS			
		1	2	3	4
			1 ^a	C / E	E
2 ^a	E		A	C	C / E
3 ^a	A		C	C / E	E
4 ^a	C		C / E	E	A
A - Admissão C - Compressão C/E - Combustão / Expansão E - Escape					

Tab.1.4 – Quatro cilindros horizontal/ opostos

A tabela 1.5 mostra os tempos de um motor de 4 (quatro) cilindros em V, funcionando num ciclo de 4 (tempos) em que a ordem de ignição é 1-4-3-2.

4 CILINDROS EM V Ordem de ignição: 1-3-4-2	$\frac{1}{2}$ VOLTAS DA CAMBOTA	TEMPOS DO CICLO			
		CILINDROS			
		1	2	3	4
	1ª	C / E	E	C	A
	2ª	E	A	C / E	C
	3ª	A	C	E	C / E
	4ª	C	C / E	A	E

A - Admissão C - Compressão C/E - Combustão / Expansão E - Escape

Tab.1.5 – Quatro cilindros em V

MOTOR DE 3 (TRÊS) CILINDROS

Os motores de 3 (três) cilindros são motores em que os cilindros são dispostos em linha, como mostra a figura 1.6.

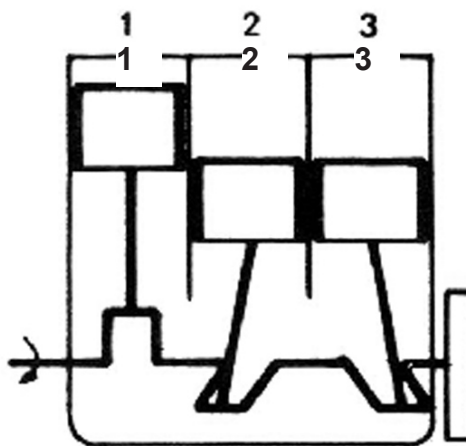


Fig.1.6 – Motor de 3 (três) cilindros em linha

Nestes motores os moentes da cambota onde se apoiam as cabeças das bielas dos três cilindros, estão desfasados de 120° entre si, como mostra a figura 1.7.

A **ordem de ignição** de um motor de 3 (três) cilindros, funcionando em ciclo de 4 (quatro) tempos é geralmente **1-3-2** e as combustões nos cilindros sucedem-se espaçadamente com intervalos de 60°

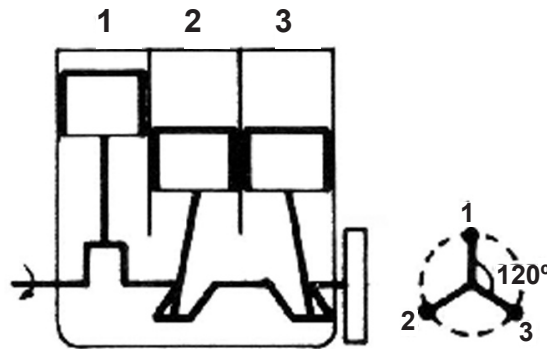


Fig.1.7 – Desfasamento de 120° entre os moentes da cambota

MOTOR DE 5 (CINCO) CILINDROS

Os motores de 5 (cinco) cilindros, tanto a gasolina como diesel, são motores em que os cilindros são normalmente dispostos em linha, como mostra a figura 1.8.

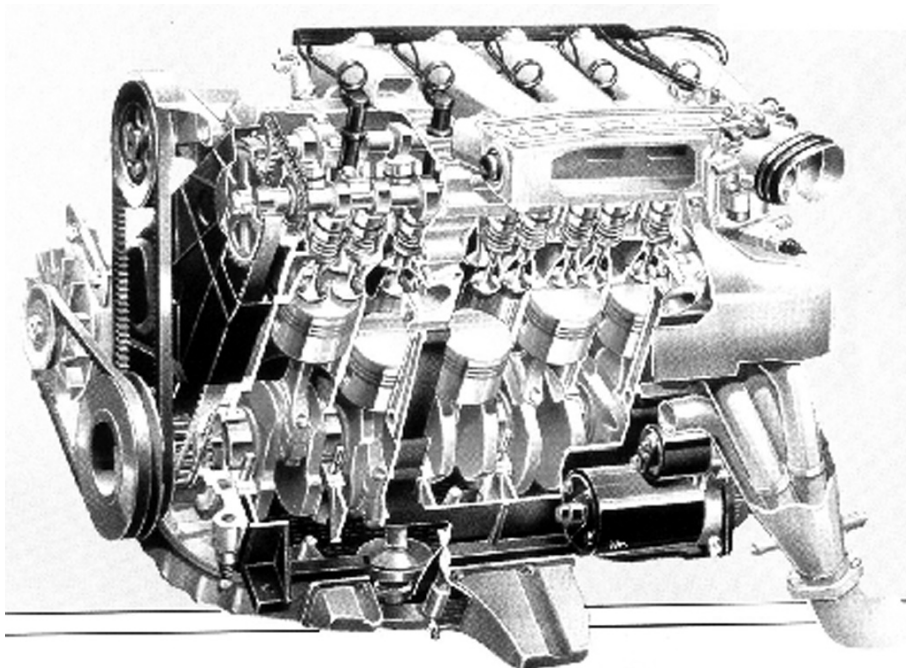


Fig.1.8 – Motor de 5 (cinco) cilindros em linha

Nestes motores os moentes da cambota onde se apoiam as cabeças das bielas dos cinco cilindros, podem estar desfasados de 72° entre si, como mostra a figura 1.9.

A **ordem de ignição** de um motor de 5 (cinco) cilindros, funcionando em ciclo de 4 (quatro) tempos, pode ser **1-2-4-5-3**.

Quando começa o tempo de combustão / expansão num cilindro, ainda não terminou o tempo de combustão / expansão do cilindro anterior na ordem.

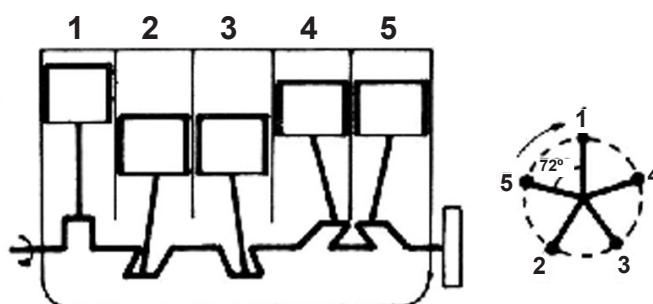


Fig.1.9 – Desfasamento de 72° entre os moentes da cambota

Os motores de 5 (cinco) cilindros apresentam uma regularidade de rotação do motor maior que os motores de 4 (quatro) cilindros, o que resulta em menores vibrações em funcionamento.

MOTOR DE 6 (SEIS) CILINDROS

Os motores de 6 (cinco) cilindros, tanto a gasolina como diesel, são motores em que os cilindros são dispostos em **linha** (Fig.1.10) ou em V (Fig.1.11).

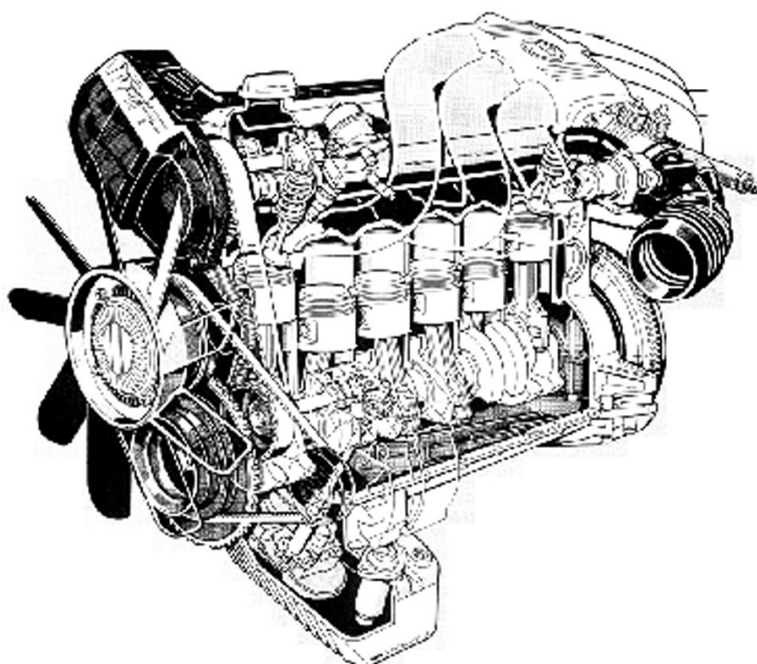


Fig.1.10 – Motor de 6 (seis) cilindros em linha

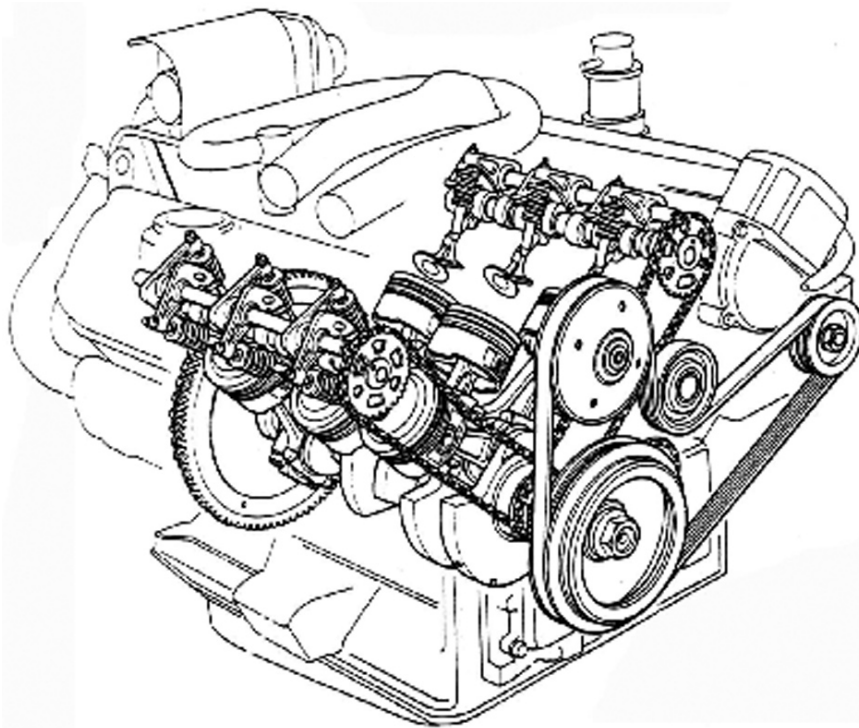


Fig.1.11 – Motor de 6 (seis) cilindros em V

CILINDROS EM LINHA

Na disposição de **cilindros em linha**, os êmbolos deslocam-se aos pares (cilindros 1 e 6, cilindros 2 e 5 e cilindros 3 e 4) existindo um desfasamento entre os moentes da cambota destes três pares de cilindros de 120° entre si, como mostra a figura 1.12.

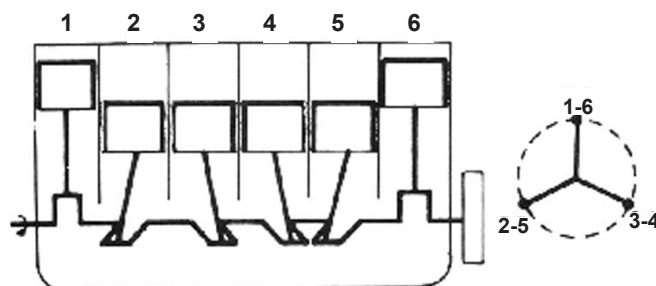


Fig.1.12 – Desfasamento de 120° entre os moentes da cambota

A **ordem de ignição** de um motor de 6 (seis) cilindros em linha é **1-5-3-6-2-4**.

Quando começa o tempo de combustão / expansão num cilindro, ainda não terminou o tempo de combustão / expansão do cilindro anterior na ordem.

Com esta ordem de ignição, o motor apresenta uma boa regularidade de rotação do motor, sendo os esforços repartidos uniformemente ao longo da cambota, o que resulta em menores vibrações e esforços torsionais em funcionamento.

Uma grande desvantagem do motor de 6 (seis) cilindros em linha, é o facto de ser um motor muito comprido.

CILINDROS EM V

Na disposição de **cilindros em V**, tem-se dois blocos de 3 (três) cilindros cada formando um determinado ângulo entre si.

A figura 1.13 mostra o esquema de um motor de 6 (seis) **cilindros em V** em que o **ângulo entre os dois blocos é de 90°**. As bielas unem-se à cambota duas a duas, em três moentes da cambota que se encontram desfasados de 120°.

A **ordem de ignição** do motor da figura 1.13 é **1-4-2-5-3-6**, ou seja, as combustões dão-se alternadamente em cilindros pertencentes a blocos diferentes e segundo uma ordem linear ao longo da cambota.

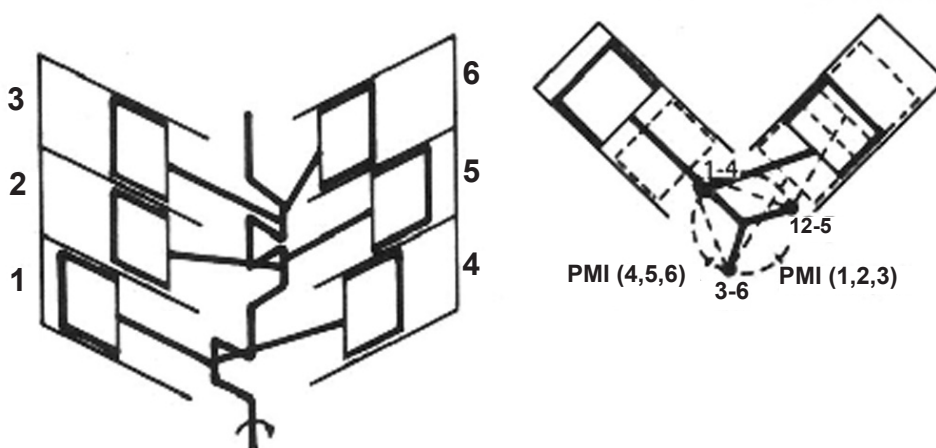


Fig.1.13 – Motor de 6 (seis) cilindros em V (blocos a 90°)

A figura 1.14 mostra o esquema de um motor de 6 (seis) cilindros e V e que o ângulo entre os dois blocos é de 60° . A cambota tem 6 (seis) moentes (um por cada biela e cilindro) que se encontram desfasados de 60° .

No motor da figura 1.14, os cilindros sobem e descem dois a dois (cilindros 1 e 5, cilindros 2 e 6 e cilindros 3 e 4) e a **ordem de ignição é 1-4-2-5-3-6**, ou seja, as combustões dão-se alternadamente em cilindros pertencentes a blocos diferentes e segundo uma ordem linear ao longo da cambota.

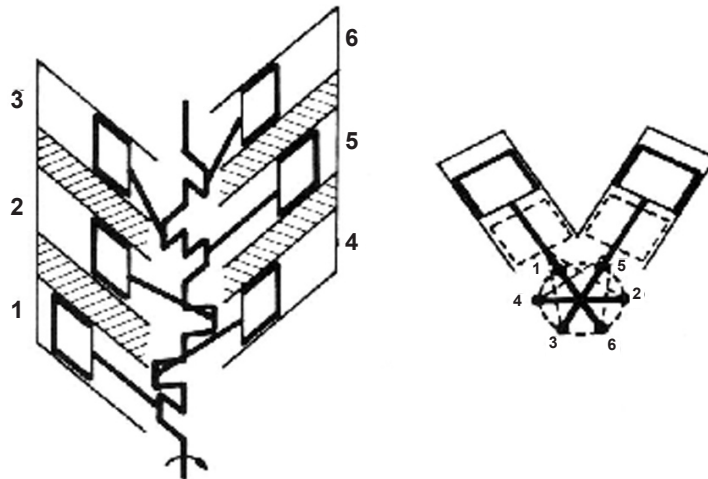


Fig.1.14 – Motor de 6 (seis) cilindros em V (blocos a 60°)

MOTOR DE 8 (OITO) CILINDROS

Em tempos foram muito utilizados motores de 8 (oito) cilindros em linha. Devido ao seu elevado comprimento, estes motores foram sendo substituídos por motores com **cilindros dispostos em V**, como mostra a figura 1.15.

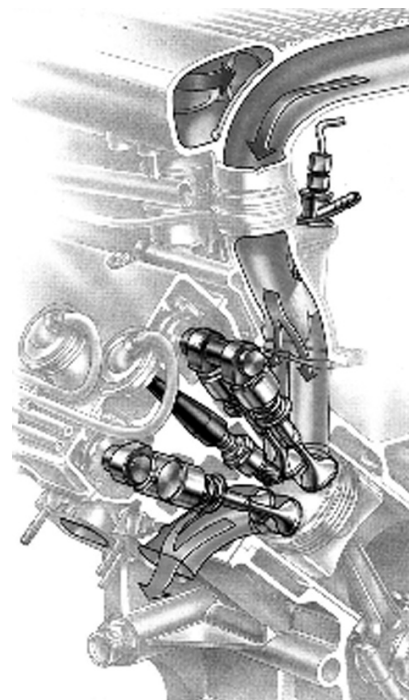


Fig.1.15– Motor de 8 (oito) cilindros em V

O motor de **8 (oito) cilindros em V** é um motor com dois blocos de 4 (quatro) cilindros cada, formando normalmente um ângulo de 90° entre si.

A cambota tem quatro moentes aos quais se unem as bielas duas a duas (duas bielas para cada moente), como mostra a figura 1.16. Os dois moentes das extremidades estão desfasados de 90° em relação aos dois moentes do meio.

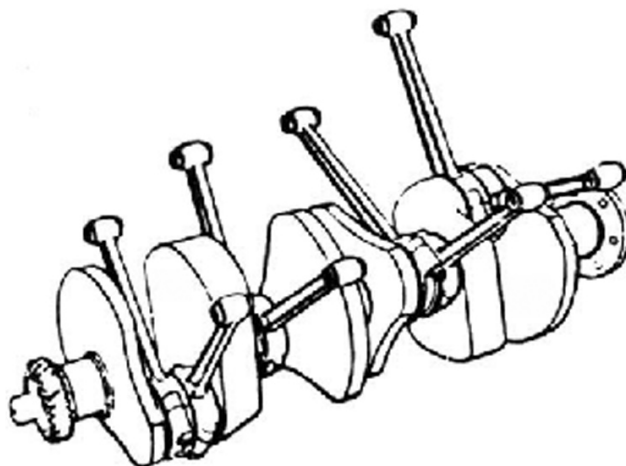


Fig.1.16 – Cambota e bielas de um motor de 8 (oito) cilindros em V

No motor esquematizado na figura 1.17, os cilindros sobem e descem dois a dois (cilindros 1 e 6, cilindros 3 e 5, cilindros 4 e 7 e cilindros 2 e 8) e a ordem de ignição é 1-5-4-8-6-3-7-2, ou seja, as combustões dão-se alternadamente em cilindros pertencentes a blocos diferentes.

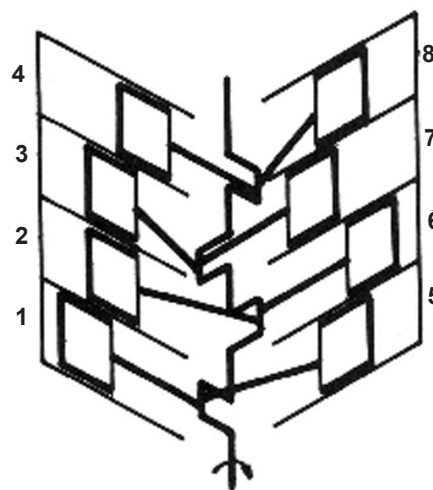


Fig.1.17 – Esquema de motor de 8 (oito) cilindros em V.

1.1.6 - TIPO DE ARREFECIMENTO

Os motores dividem-se segundo o tipo de arrefecimento do seguinte modo:

Motor arrefecido por líquido refrigerante: Existe um circuito de líquido através de canais, que arrefece os órgãos do motor.

Motor arrefecido a ar: O deslocamento do ar envolvente do motor provoca o arrefecimento dos órgãos do motor.

1.1.7 - TIPO DE IGNIÇÃO

Os motores dividem-se segundo o tipo de ignição do seguinte modo:

Motor a gasolina com ignição por faísca: A ignição é realizada através de uma faísca produzida por uma vela de ignição.

Motor diesel com ignição espontânea: A ignição dá-se quando o combustível entra em contacto com ar quente fortemente comprimido.

1.1.8 - TIPO DE ENCHIMENTO DO CILINDRO

Os motores dividem-se segundo o tipo de enchimento do cilindro do seguinte modo:

Motor de aspiração: O próprio movimento do êmbolo desde o PMS (Ponto Morto Superior) para o PMI (Ponto Morto Inferior), no tempo de admissão, provoca vácuo e aspira ar ou mistura gasosa ar/combustível para o interior do cilindro.

Motor sobrealimentado:

Quando existe um mecanismo que comprime o ar ou mistura gasosa ar/combustível para dentro do cilindro. São exemplos os compressores volumétricos e os turbo compressores.

1.1.9 - TIPO DE ACCIONAMENTO DAS VÁLVULAS

Os motores dividem-se segundo o tipo de accionamento das válvulas do seguinte modo:

Motor com uma árvore de cames lateral, no bloco (Fig.1.18.)

Motor com uma árvore de cames à cabeça – Sistema OHC (Fig.1.19)

Motor com duas árvores de cames à cabeça - Sistema DOHC (Fig.1.20)

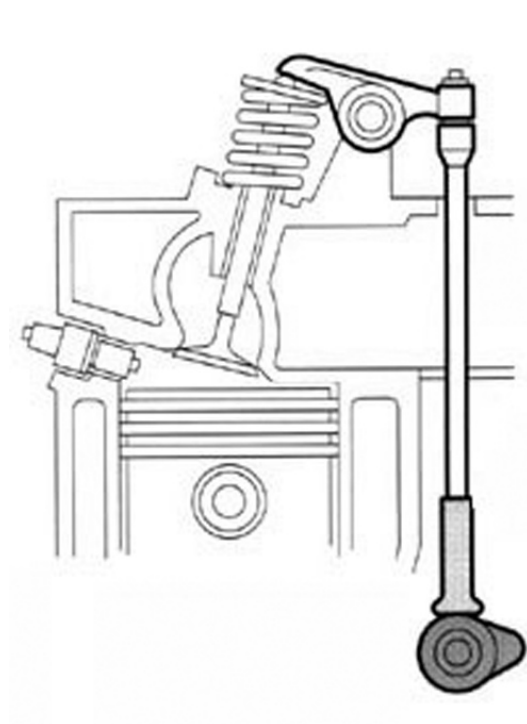


Fig. 1.18 - Árvore de cames no bloco

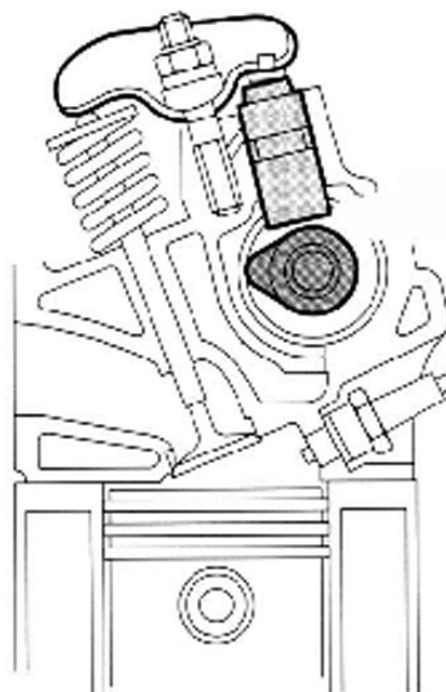


Fig. 1.19 - Uma árvore de cames à cabeça (OHC)

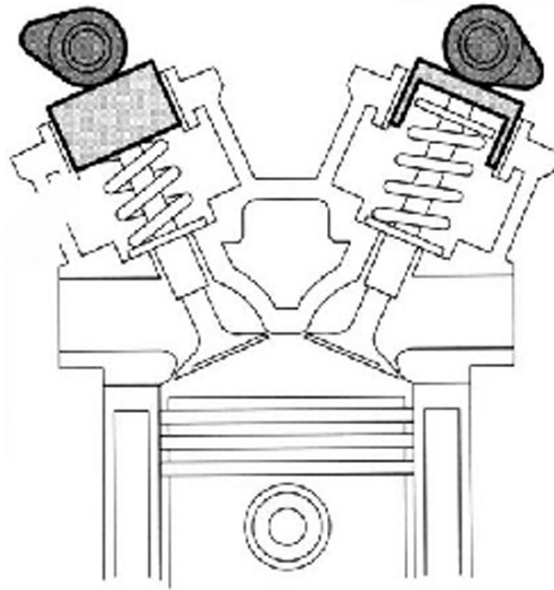


Fig.1.20 – Duas árvores de cames à cabeça (DOHC)

Nota:

OHC – Over Head Camshaft.

DOHC - Dual Over Head Camshaft.

1.1.10 - CICLO DE FUNCIONAMENTO

Os dois ciclos de funcionamento mais utilizados nos projectos de motores e que definem o seu funcionamento são:

O ciclo Diesel; o combustível é o gasóleo.

O ciclo OTTO; o combustível é a gasolina.

1.1.11 - COMBUSTÃO

No ponto anterior foram citados os ciclos mais comuns. Cada um deles realiza a combustão de forma particular:

No ciclo Diesel, o combustível é inflamado pela temperatura do ar, no tempo de compressão. Quando o êmbolo se desloca para o PMS, e ao atingir uma determinada temperatura, o combustível auto-inflama-se.

No ciclo OTTO a mistura é inflamada por um sistema auxiliar de ignição que dispara uma faísca, através da vela de ignição quando o êmbolo se desloca para o PMS, no final do tempo de compressão.

1.2 - MOTOR A GASOLINA

O motor a gasolina transforma a energia calorífica produzida pela combustão de um carburante, em energia mecânica que por sua vez é transmitida às rodas do veículo. O carburante, constituído por uma mistura de ar e gasolina (mistura gasosa) é queimado no interior dos cilindros do motor.

Este tipo de motor é designado por motor de combustão interna, pois a combustão da mistura gasosa ar/gasolina é efectuada no seu interior.

Nestes motores, a elevada velocidade de propagação da chama durante a combustão da mistura gasosa ar/gasolina, provoca um efeito que se assemelha a uma explosão. Por isso, ao motor de gasolina é comum chamar-se motor de explosão.

1.2.1 – FUNCIONAMENTO DO MOTOR A GASOLINA

A mistura gasosa ar/gasolina é introduzida no interior do cilindro (câmara de combustão), é comprimida por um êmbolo, e depois, inflamada através de uma vela de ignição. Ao inflamar-se, dá-se a combustão da mistura gasosa que expandindo-se faz empurrar o êmbolo. A seguir, o êmbolo expulsa os gases queimados para o exterior.

O movimento rectilíneo de cada êmbolo para cima e para baixo no interior do cilindro, é transformado em movimento rotativo por um veio de manivelas (cambota) através de uma

biela, o qual é transmitido às rodas do veículo através dos órgãos do sistema de transmissão (embraiagem, caixa de velocidades, veio de transmissão e diferencial).

Uma árvore de cames ou veio de excêntricos, movida pela cambota, acciona as válvulas de admissão e escape que se encontram situadas na parte superior dos cilindros. As válvulas de admissão controlam a entrada da mistura gasosa (ar/gasolina) nos cilindros e, as válvulas de escape controlam a saída dos gases queimados provenientes da combustão, para o exterior.

Quando o êmbolo, no final do percurso ascendente que faz no interior do cilindro, se encontra na posição mais próxima da cabeça do cilindro, diz-se que se encontra no **Ponto Morto Superior (P.M.S.)**, como mostra a figura 1.21.

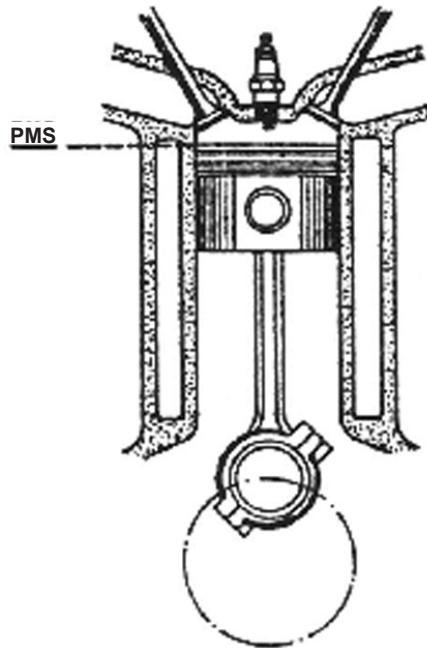


Fig.1.21 – Êmbolo no ponto morto superior (PMS)

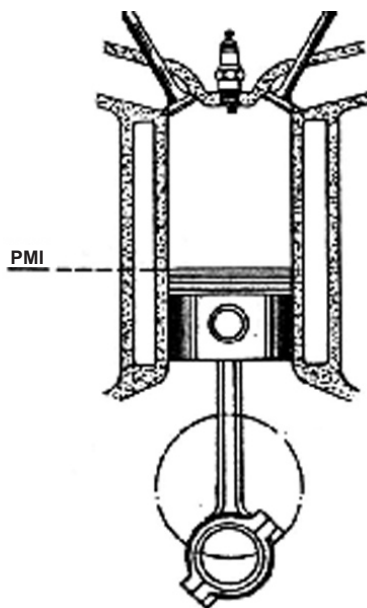


Fig.1.22 – Êmbolo no ponto morto inferior (PMI)

Quando o êmbolo, no final do percurso descendente que faz no interior do cilindro, se encontra na posição mais afastada da cabeça do cilindro, diz-se que se encontra no **Ponto Morto Inferior (PMI)**, como mostra a figura 1.22.

A distância percorrida pelo êmbolo, entre o ponto morto superior (PMS) e o ponto morto inferior (PMI) e vice-versa, tem o nome de **curso do êmbolo** ou apenas **curso**, como se vê na figura 1.23.

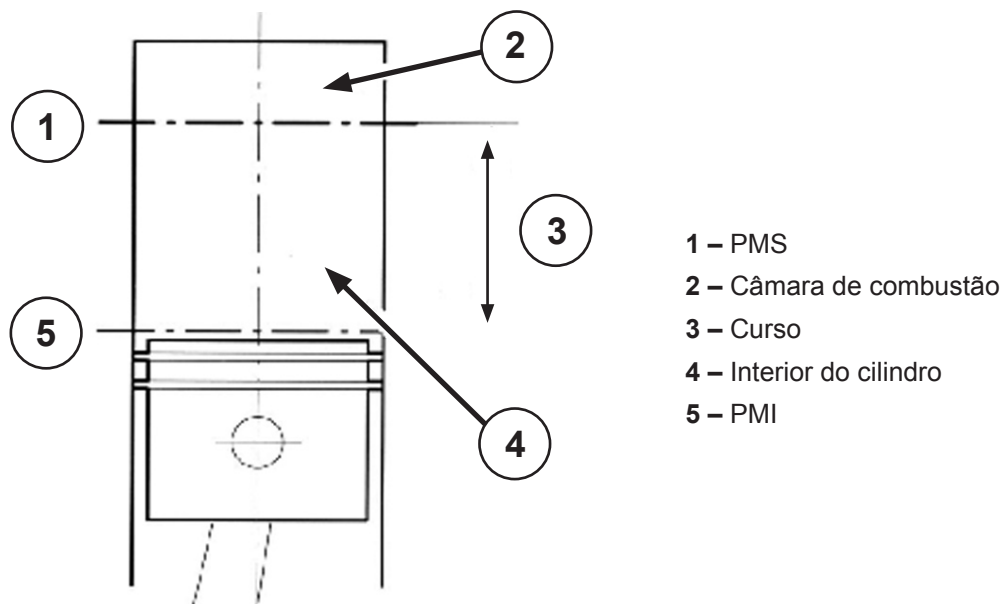


Fig.1.23 – Curso do êmbolo

1.3 - MOTOR DIESEL

O motor Diesel transforma a energia calorífica produzida pela combustão de gasóleo, em energia mecânica que por sua vez é transmitida às rodas do veículo. O gasóleo é injectado contra ar fortemente comprimido no interior dos cilindros do motor.

Este tipo de motor é igualmente designado por **motor de combustão interna**, pois a combustão da mistura é efectuada no seu interior.

No motor Diesel, a velocidade de propagação da chama durante a combustão da mistura é menos rápida que no motor a gasolina.

1.3.1 – FUNCIONAMENTO DO MOTOR DIESEL

Inicialmente é admitido no interior do cilindro (câmara de combustão) ar puro. Esse ar é comprimido por um êmbolo no tempo de compressão, atingindo uma elevada pressão e temperatura. Após a compressão do ar, é injectado combustível (gasóleo) no interior do cilindro, que em contacto com o ar fortemente comprimido e quente, se auto-inflama.. Ao

inflamar-se, dá-se a combustão da mistura gasosa que expandindo-se faz empurrar o êmbolo. A seguir, o êmbolo expulsa os gases queimados para o exterior.

Tal como no motor a gasolina, o movimento rectilíneo de cada êmbolo para cima e para baixo no interior do cilindro, é transformado em movimento rotativo por um veio de manivelas (cambota) através de uma biela. Este movimento rotativo é transmitido às rodas do veículo, através dos órgãos do sistema de transmissão (embraiagem, caixa de velocidades, veio de transmissão e diferencial).

Uma árvore de cames ou veio de excêntricos, movido pela cambota, acciona as válvulas de admissão e escape que se encontram situadas na parte superior dos cilindros. As válvulas de admissão controlam a entrada do ar nos cilindros e, as válvulas de escape controlam a saída dos gases queimados provenientes da combustão, para o exterior.

1.4 - CILINDRADA

A cilindrada de um cilindro é definida pelo volume varrido pelo êmbolo na sua deslocação entre o PMI e o PMS (curso do êmbolo).

A **cilindrada unitária** (cilindrada de cada cilindro) é calculada do seguinte modo:

$$V_e = \frac{\pi \times D^2}{4} \times C \Leftrightarrow V_e = \frac{\pi \times D^2 C}{4}$$

Onde:

V_c = Cilindrada unitária

D = Diâmetro do cilindro

C = Curso do êmbolo

$$\frac{\pi \times D^2}{4} = \text{Fórmula matemática da área circular}$$

$\pi = 3,141596$

Se D e C vierem expressos em centímetros (cm), tem como unidade o centímetro cúbico (cm³).

A **cilindrada total** de um motor, é dada pelo produto da cilindrada unitária pelo número de cilindros do motor.

Para um motor com “n” cilindros, a cilindrada total será:

Onde:

$$V_{\text{total}} = n \times V_e$$

$$V_{\text{total}} = \text{Cilindrada total}$$

$$n = \text{número de cilindros}$$

$$V_c = \text{Cilindrada unitária}$$

EXEMPLO:

Considere-se um motor de 4 (quatro) cilindros, em que cada cilindro tem um diâmetro de 75,90mm e cada êmbolo tem um curso de 76,50mm. Pretende-se saber quais os valores da cilindrada unitária e da cilindrada total deste motor.

$$D = 75,90\text{mm} = 7,59\text{cm}$$

$$C = 76,50\text{mm} = 7,65\text{cm}$$

$$\pi = 3,141596$$

$$n = 4$$

Cilindrada unitária:

$$V_e = \frac{\pi \times D^2 \times C}{4} = \frac{\pi \times 7,95^2 \times 7,65}{4} \Leftrightarrow V_c = 346 \text{ cm}^3$$

Cilindrada total:

$$V_{\text{total}} = n \times V_c = 4 \times 346 \Leftrightarrow V_{\text{total}} = 1384 \text{ cm}^3 \quad V_{\text{total}} = n \times V_c = 4 \times 346$$

$$\Leftrightarrow V_{\text{total}} = 1384 \text{ cm}^3$$

A potência de um motor aumenta em relação directa com a cilindrada, pois quanto maior esta for, maior quantidade de gases entram no cilindro, obtendo-se combustões mais fortes!

O valor da cilindrada do motor está limitada pelas possibilidades de refrigeração do motor e, a cilindrada será tanto menor quanto maior for a rotação do motor.

A cilindrada do motor determina a importância dos esforços a que se encontram submetidos o êmbolo e os restantes órgãos móveis do motor.

Para reduzir os esforços de roçamento entre o êmbolo e o cilindro, o valor da relação (curso do êmbolo/diâmetro do cilindro) é fixada em limites bastante restritos, próximos da unidade.

Ou seja,

$$\frac{\text{curso do êmbolo}}{\text{diâmetro do cilindro}} = \frac{C}{D} \approx 11 = \frac{C}{D} \approx 1$$

1.5 - RELAÇÃO DE COMPRESSÃO

Quando o êmbolo está no PMS, o volume existente entre ele e a cabeça do cilindro, fica reduzido apenas ao volume da câmara de combustão, como mostra a figura 1.25.

Quando o êmbolo está no PMI, o volume existente entre ele e a cabeça do cilindro, é igual ao volume do cilindro varrido pelo deslocamento do êmbolo desde o PMI ao PMS (cilindrada unitária) mais o volume da câmara de combustão, como mostra a figura 1.24.

*Chama-se **relação de compressão** à relação existente entre o volume quando o êmbolo se encontra no PMI (cilindrada unitária + volume da câmara de combustão) (Fig.1.24.) e o volume quando o êmbolo se encontra no PMS (volume da câmara de combustão) (Fig.1.25).*

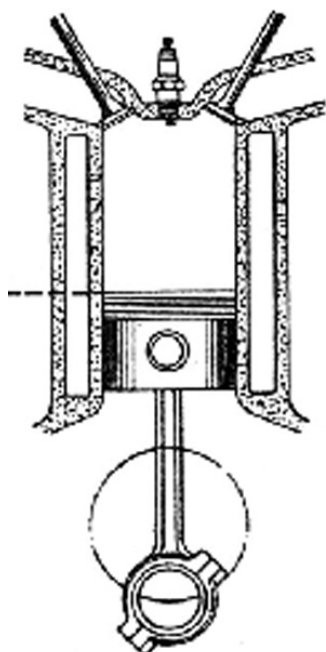


Fig.1.24- Êmbolo no PMI

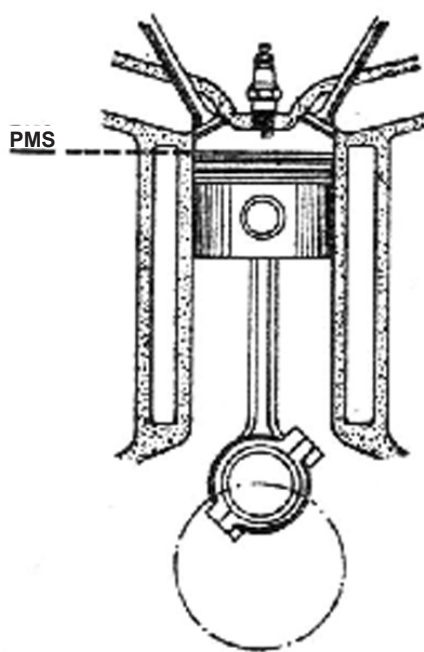


Fig.1.25 - Êmbolo do PMS

Se a relação entre o volume composto pela soma (cilindrada unitária + volume da câmara de combustão) e o volume da câmara de combustão for de nove para um (9:1), como mostra a figura 1.26., diz-se que a relação de compressão do motor é de 9:1

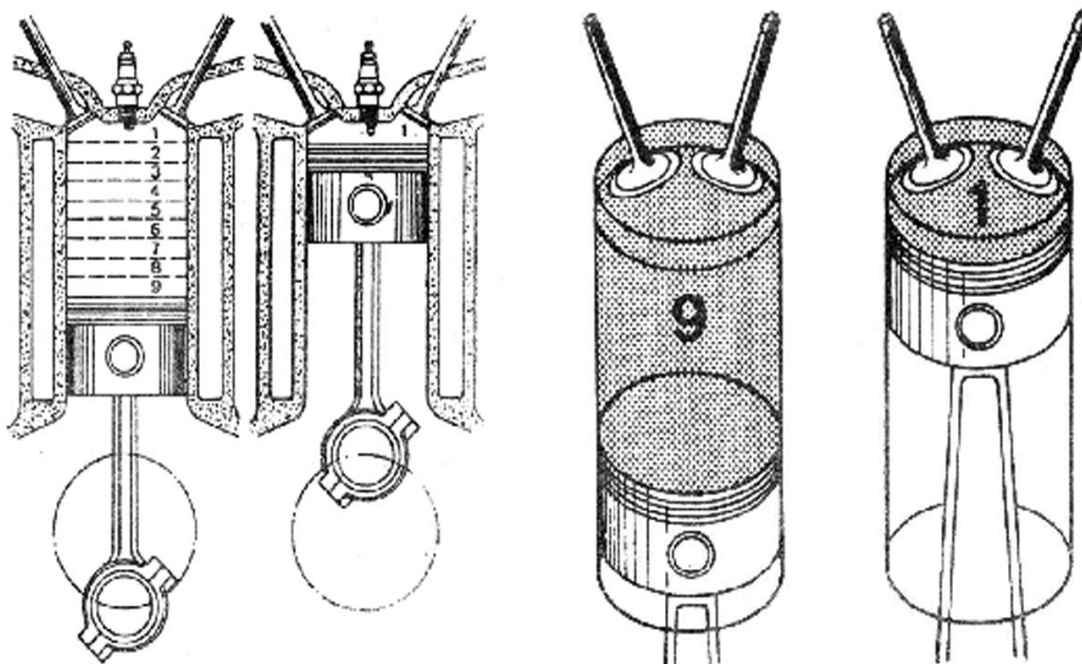


Fig.1.26 - Relação de compressão 9:1

Veja-se agora o **seguinte exemplo prático**:

O volume da câmara de combustão quando o êmbolo está no PMS é de 70 cm³ (Fig.1.27.).

O volume total da câmara quando o êmbolo está no PMI (volume da câmara de combustão + cilindrada unitária) é de 560 cm³ (Fig.1.27).

Neste caso a relação de compressão será:

$$\text{Relação de compressão} = \frac{560}{70} = 8$$

ou seja, a relação de compressão é de 8:1

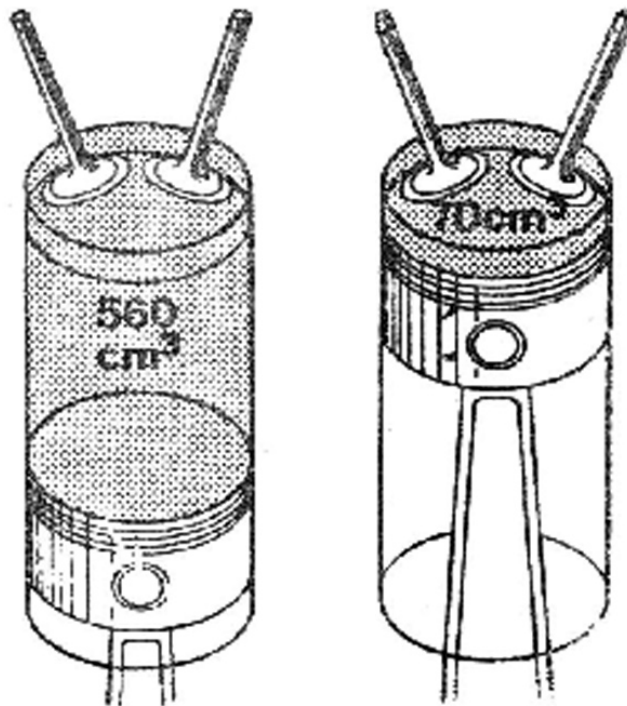


Fig.1.27 – Relação de compressão 8:1

A relação de compressão é dada pela seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{V_c + v}{v}$$

ρ - Relação de compressão

V_c - Cilindrada unitária

v - Volume da câmara de combustão

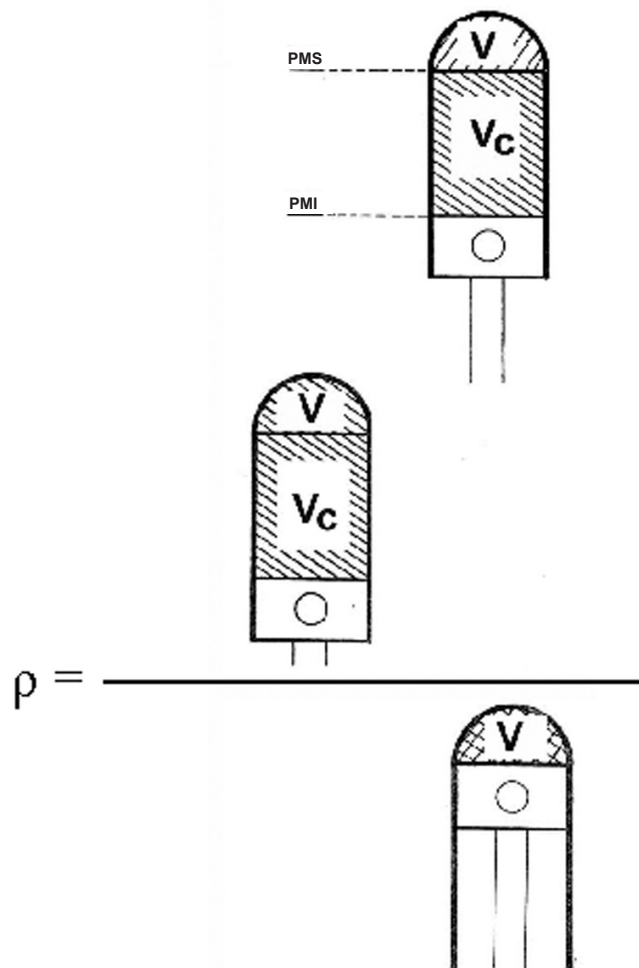


Fig.1.28 – Relação de compressão

A relação de compressão é um valor adimensional (não tem unidades)

Exemplo:

Seja um motor com uma cilindrada unitária de 400 cm^3 e uma câmara de combustão com 50 cm^3 de volume.

$$V_c = 400 \text{ cm}^3$$

$$v = 50 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{v + V_c}{v} = \frac{50 + 400}{50} = 9$$

A relação de compressão é de 9 : 1

Na prática, os manuais técnicos dos motores dão os valores da cilindrada total do motor (V_{total}) e da relação de compressão (r).

No entanto, muitas vezes é necessário conhecer qual é o volume (capacidade) da câmara de combustão com o objectivo de se verificar se a relação de compressão está ou não correcta.

Para esse efeito, é usada a seguinte fórmula que não é mais do que uma transformação da fórmula anterior.

ρ = Relação de compressão

V_c = Cilindrada unitária

v = Volume da câmara de combustão

$$v = \frac{V_e}{\rho - 1}$$

Exemplo:

Seja um motor com 4 cilindros, com uma cilindrada total de 1600 cm³ e uma relação de compressão de 9:1.

Vejam qual será o volume (capacidade) da câmara de combustão.

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

$$V_{\text{total}} = 1600 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 9:1$$

A cilindrada unitária (V_v) é igual à cilindrada total (V_{total}) a dividir pelo número de cilindros do motor (n):

$$V_c = \frac{V_{total}}{n} = \frac{1600}{4} = 400 \text{ cm}^3$$

O volume da câmara de combustão é então:

$$V = \frac{V_c}{\rho - 1} = \frac{400}{9 - 1} = \frac{400}{8} = 400 \text{ cm}^3$$

Nos **motores a gasolina**, uma relação de compressão elevada significa que a mistura gasosa ar/combustível é mais comprimida e mais aquecida, queima-se melhor e produz uma pressão de combustão mais elevada. Resulta assim uma maior potência do motor.

O factor que limita o aumento da relação de compressão nos motores a gasolina, é o **índice de octano** do combustível (ver o subcapítulo).

- Um motor com uma elevada relação de compressão deve utilizar um combustível com um elevado índice de octano (gasolina normal).
- Um motor com uma baixa relação de compressão pode utilizar um combustível com um baixo índice de octano (gasolina super).

Nos **motores a gasolina** a 4 (quatro) tempos, são usuais relações de compressão entre 7:1 e 12:1.

Nos **motores Diesel** a 4 (quatro) tempos, são usuais relações de compressão entre 7:1 e 12:1. ou 15:1 e 24:1

Quanto maior for a relação de compressão, maior é a pressão que se obtém no final da compressão

Obtêm-se pressões de combustão mais elevadas, fazendo com que o impulso recebido pelo êmbolo seja maior.

Os gases queimados da combustão expandem-se ao longo de um volume maior, pelo que o impulso sobre o êmbolo realiza-se durante mais tempo, obtendo-se um maior trabalho útil no tempo de expansão.

O grau de eficiência e a potência do motor são aumentados. A energia do combustível é aproveitada de forma mais eficiente, embora tenha de ser usada maior quantidade de energia para a compressão.

1.6 - PRESSÃO DE COMPRESSÃO

À pressão máxima gerada no cilindro durante o tempo de compressão, dá-se o nome de **pressão de compressão**.

A pressão de compressão é máxima quando o êmbolo atinge o PMS no final do tempo de compressão, como mostra a figura 1.29.

Os elevados valores de relação de compressão utilizados nos motores diesel, provocam pressões de compressão elevadas da ordem dos

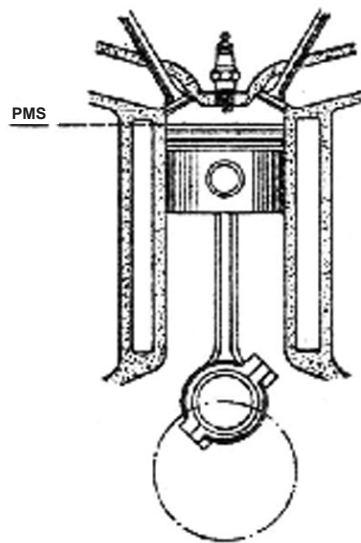


Fig.1.29 - Êmbolo no PMS no final do tempo de compressão

A pressão de compressão aumenta com o aumento da relação de compressão.

O gráfico da figura 1.30. ilustra este facto, mostrando a relação entre a pressão de compressão e a relação de compressão.

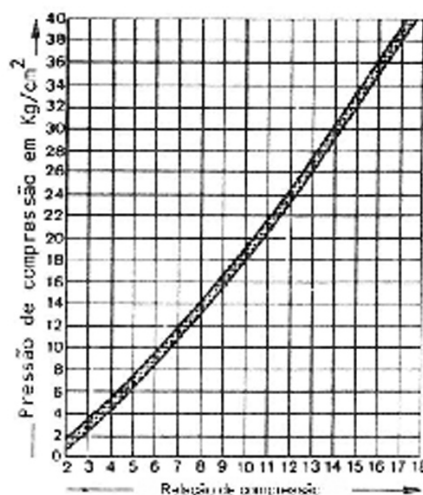


Fig.1.30 – Relação entre a pressão de compressão e a relação de compressão

1.7 - DIFERENÇAS ENTRE MOTORES A GASOLINA E DIESEL

1.7.1 – DIFERENÇAS DE PRESSÕES E TEMPERATURAS ENTRE MOTORES A GASOLINA E DIESEL

A tabela 1.6 compara os valores das pressões e temperaturas de um motor a gasolina e de um motor Diesel.

GASOLINA		DIESEL	
		INJEÇÃO INDIRECTA	INJEÇÃO INDIRECTA
PRESSÃO DE COMPRESSÃO	11 - 18 BAR	18 - 22 bar	25 - 35 bar
PRESSÃO DE COMBUSTÃO	40 - 60 BAR	± 100 bar	60 - 80 bar
PRESSÃO DE INJEÇÃO	5 - 25 BAR	150 - 350 bar	60 - 80 bar
RELAÇÃO DE COMPRESSÃO	7:1 - 12:1	14:1 - 18:1	18:1 - 22:1
	COMBUSTÃO	2000 - 2500°C	
TEMP.	GASES DE ESCAPE	700 - 1000°C	
	CABEÇA DO ÊMBALO	280 - 430°C	
	CABEÇA DA VÁLVULA	600 - 820°C	
		400 - 500°C	

Tab.1.6 – Comparação de pressões e temperaturas entre um motor a gasolina e um motor Diesel

1.7.2 – DIFERENÇAS DE CONSTRUÇÃO ENTRE MOTORES A GASOLINA E DIESEL

Conforme se pode ver na tabela 1.6, o motor Diesel terá obrigatoriamente de ser mais robusto que o motor a gasolina, porque funciona com pressões superiores.

Ao funcionar com pressões superiores, os órgãos mecânicos para suportarem essas pressões, têm necessariamente de ser mais resistentes.

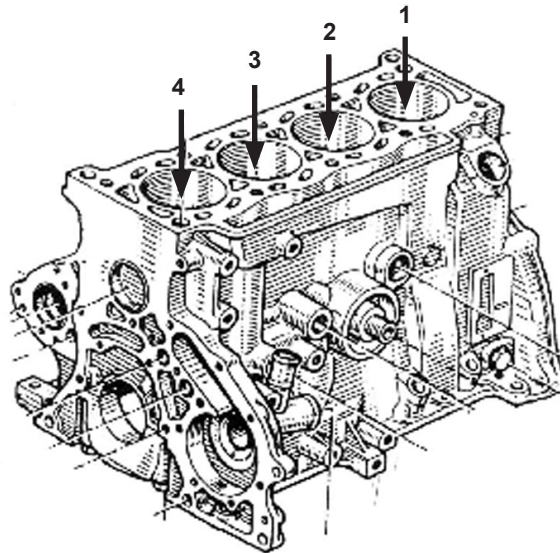
Esta maior robustez implica que os componentes sejam mais pesados, logo com custos de construção superiores.

O maior peso traduz-se também numa maior inércia (maior dificuldade de deslocamento) menor poder de aceleração e um menor regime de rotação máximo do motor.

2 - ÓRGÃOS DO MOTOR

2.1 - BLOCO DO MOTOR

O **bloco do motor** é o elemento arquitectónico base do motor, sendo mesmo a parte principal do motor. É nele que os cilindros se encontram dispostos, sendo também por isso, chamado **bloco de cilindros**. A figura 2.1 mostra um exemplo de um bloco de motor para 4 (quatro) cilindros em linha.



1,2,3,4 - Cilindros

Fig.2.1 – Bloco de motor de 4 cilindros em linha

O **bloco do motor serve de suporte à maioria dos órgãos internos e externos do motor. Ao bloco do motor**, estão fixados vários órgãos e componentes do motor, tais como, a cambota, a cabeça do motor, a distribuição, o alternador, a bomba de óleo, o cárter inferior, etc.

O bloco do motor deverá ter as seguintes **características**:

Deve ser **rígido** para resistir a esforços provocados pela combustões nos cilindros.

Deve permitir, por condução e convecção, a evacuação de parte do calor que é gerado pelas combustões nos cilindros.

Deve ser capaz de **resistir à corrosão** provocada pelo líquido refrigerante, no caso de utilizar este tipo de sistema de refrigeração.

2.1.1 – SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO BLOCO

Existem dois tipos de sistemas de refrigeração de um bloco de motor:

Refrigeração por líquido

Refrigeração por ar

Observando a figura 2.2 verifica-se que os cilindros do bloco encontram-se rodeados por espaços ocultos ou cavidades, onde circula o chamado **líquido refrigerante** ou **líquido de arrefecimento**.

O líquido refrigerante tem como **função** a refrigeração do motor, de modo a evitar que este atinja temperaturas que ponha em causa o material, e logo, o funcionamento do motor.

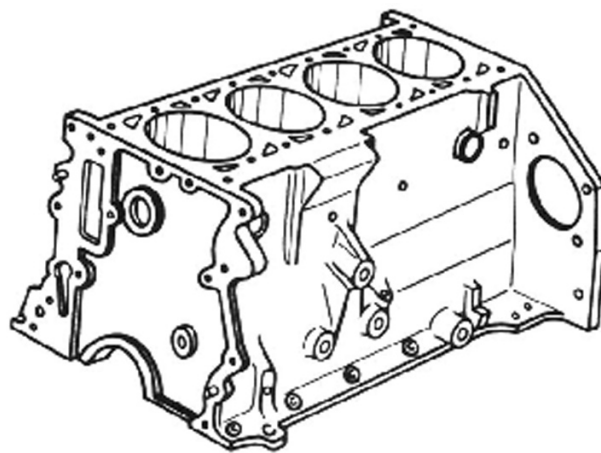


Fig.2.2 – Bloco de motor refrigerado por líquido

Como o líquido refrigerante tem que circular pelo interior do bloco, este tem condutas ou canais para o efeito.

REFRIGERAÇÃO POR AR

Nos blocos refrigerados a ar (Fig.2.3), os cilindros são independentes entre si e, estão rodeados por **alhetas** cuja função é aumentar a superfície do bloco em contacto com o ar que circula no exterior, e assim, facilitar a dissipação de calor.

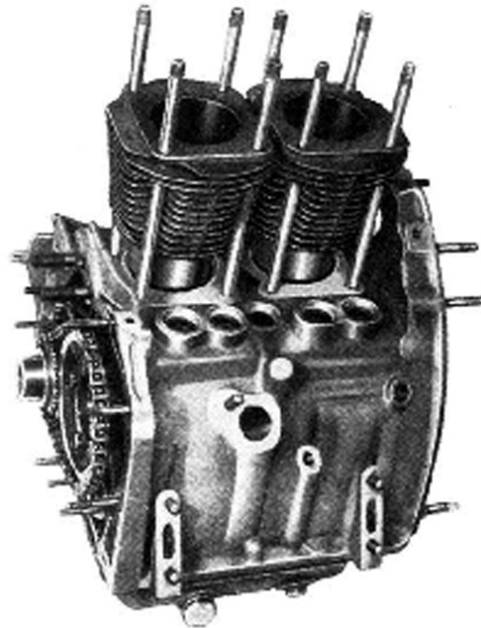


Fig.2.3 – Bloco de motor refrigerado a ar

2.1.2 – MATERIAL DO BLOCO

Geralmente, os blocos de motor **são fabricados** em um dos dois seguintes materiais:

Ferro fundido

Liga de alumínio

BLOCOS EM FERRO FUNDIDO

Os blocos em ferro fundido têm a **vantagem** de proporcionar uma boa rigidez.

O ferro fundido é ligado com metais como o níquel e o crômio.

Actualmente é bastante utilizado o **ferro fundido G.S. (grafite esferoidal)**. Este ferro fundido possui uma grande facilidade de moldagem e, propriedades mecânicas equivalentes às do aço, com excepção da soldabilidade.

BLOCOS EM LIGA DE ALUMÍNIO

Os blocos em liga de alumínio têm as seguintes vantagens:

São muito leves (são mais leves que os de ferro fundido).

Têm grande facilidade na dissipação de calor (grande condutibilidade térmica).

2.1.3 - CILINDROS

É no interior dos cilindros que se deslocam os êmbolos.

O bloco do motor é caracterizado pelo número e **disposição dos cilindros**.

No que respeita ao **número de cilindros**, existem, blocos de 1 (um), 2 (dois), 3 (três), 4 (quatro), 5 (cinco), 6 (seis), 8 (oito), 10 (dez) e 12 (doze) cilindros.

Nas figuras 2.4 e 2.5, estão representados blocos com diferentes números de cilindros.

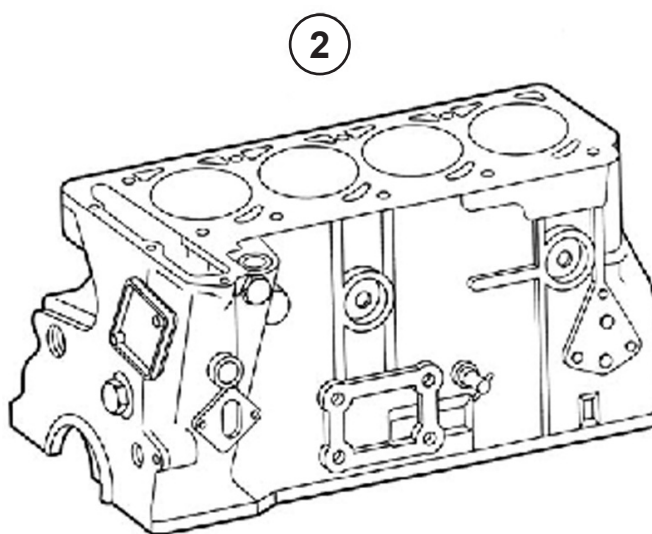


Fig.2.4 – Bloco de 1(um) cilindro

Fig.2.5 – Bloco de 4(quatro) cilindros

No que respeita à **disposição dos cilindros** existem, blocos de:

Cilindros em linha (Fig.2.6)

Cilindros em V (Fig.2.7 e 2.10)

Cilindros em W (Fig.2.8)

Cilindros horizontais opostos (Fig.2.9)

Cilindros em estrela

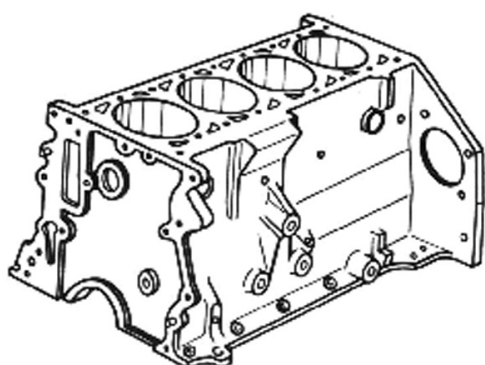


Fig.2.6 – Bloco de cilindros em linha

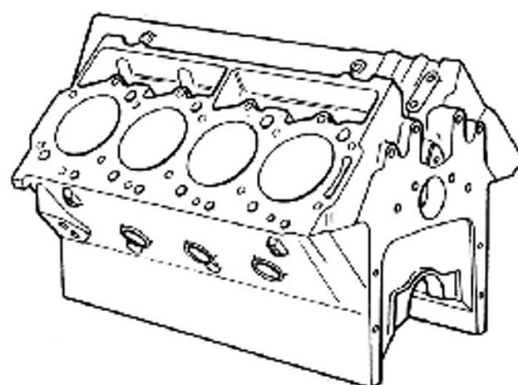


Fig.2.7 – Bloco de cilindros em V

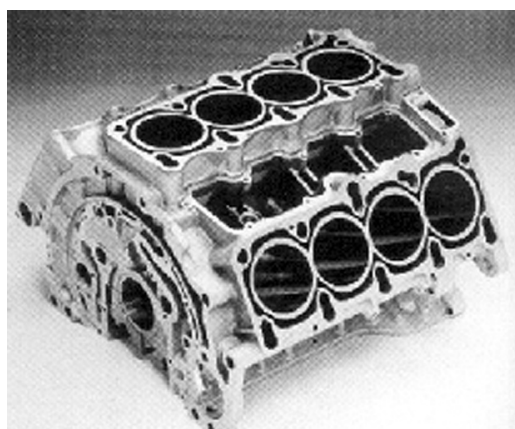


Fig.2.8 – Bloco de cilindros em W

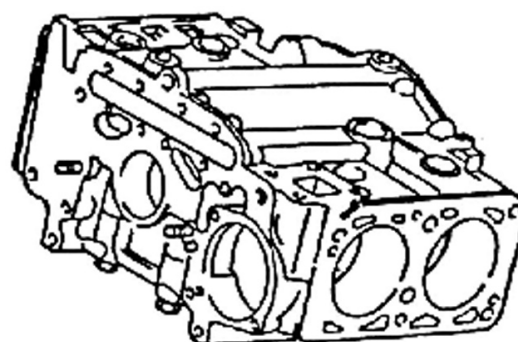


Fig.2.9 - Bloco de cilindros horizontais opostos

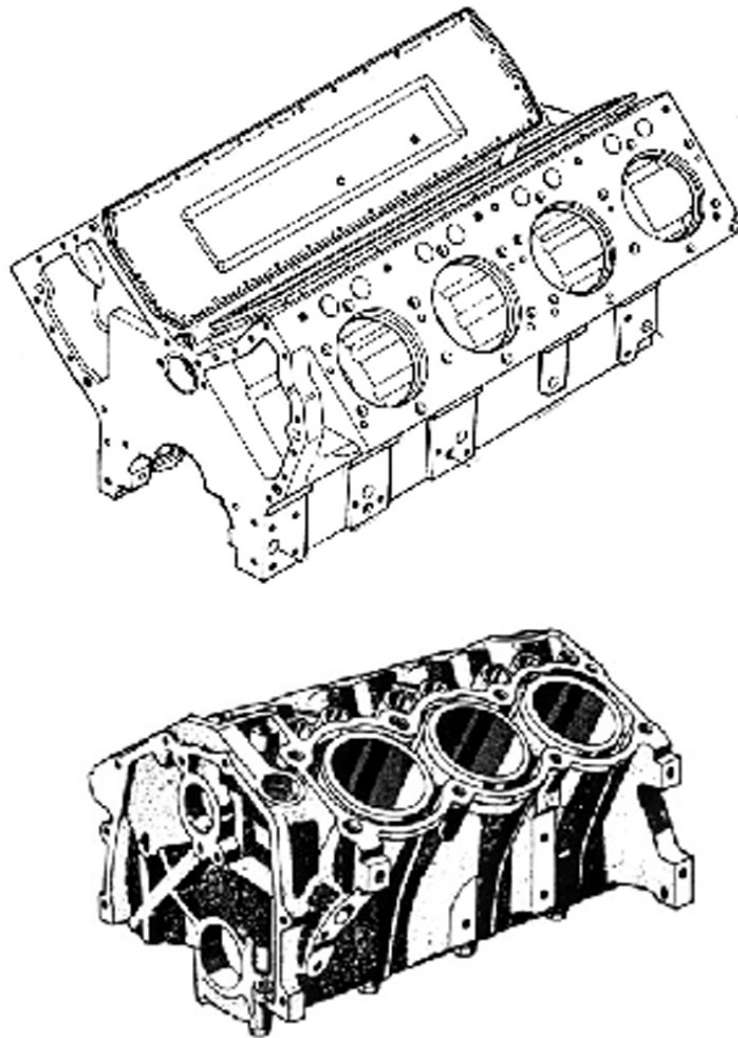


Fig.2.10 – Blocos de cilindros em V

Nos orifícios que formam os cilindros, podem ser ou não introduzidas, as chamadas **camisas**, podendo então haver em relação à montagem dos cilindros os 2 (dois) casos seguintes:

1) CILINDROS SEM CAMISAS

Os cilindros são **talhados directamente no material do bloco** do motor, deslocando-se o êmbolo no interior dos cilindros. Não existem camisas.

2) CILINDROS COM CAMISAS

Há a inserção de **camisas** (bainhas) no interior dos cilindros, deslocando-se os êmbolos no interior dessas camisas. Existe a distinção entre cilindros com **camisas húmidas** e cilindros com **camisas secas**.

No caso dos blocos de motor com cilindros sem camisas, como mostra a figura 2.11, os blocos têm as seguintes características:

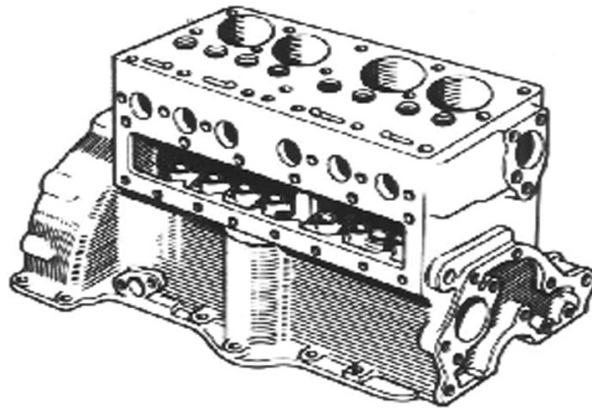


Fig.2.11 - Bloco de cilindros sem camisas

Os blocos devem ser fabricados em ferro fundido de boa qualidade (ferro fundido níquel-crômio) para **resistir à corrosão** causada pelas combustões nos cilindros e, resistir ao desgaste produzido pelo deslocamento dos êmbolos.

Os blocos devem ser fabricados em ferro fundido de boa qualidade (ferro fundido níquel-crômio) para **resistir à corrosão** causada pelas combustões nos cilindros e, **resistir ao desgaste** produzido pelo deslocamento dos êmbolos.

Estes blocos **não são construídos em liga leve**, como a liga de alumínio, porque a liga leve não é suficientemente resistente. **Nos blocos em liga leve são sempre inseridas camisas.**

Nestes blocos, se necessário, proceder-se-à **rectificação dos cilindros.**

2.1.4 - CAMISA

A **camisa** do cilindro (nos casos em que existe camisa) consiste **no forro interior do cilindro** e, como tal, é no seu interior que o êmbolo se desloca.

Quando existir um desgaste excessivo do interior do cilindro, ou até mesmo um problema de “gripagem”, procede-se apenas à substituição das camisas, evitando-se assim a rectificação do bloco ou até mesmo a sua substituição.

A utilização das camisas tem ainda a **vantagem**, destas poderem ser fabricadas em materiais diferentes do bloco do motor. Assim, as camisas podem ser fabricadas com materiais de grande dureza superficial e resistência ao desgaste, enquanto que o bloco do motor pode ser fabricado com materiais mais ligeiros como as ligas de alumínio, com todas as vantagens que daí advém.

As camisas devem ter as seguintes características:

Boa resistência aos atritos e ao desgaste

Boa resistência aos choques térmicos

Deformações reduzidas

Existem **dois tipos distintos de camisas**:

Camisa seca

Camisa húmida

2.1.4.1 - CAMISA HÚMIDA

Na **camisa húmida** a sua superfície externa encontra-se em contacto directo com o líquido refrigerante, como mostra a figura 2.12.

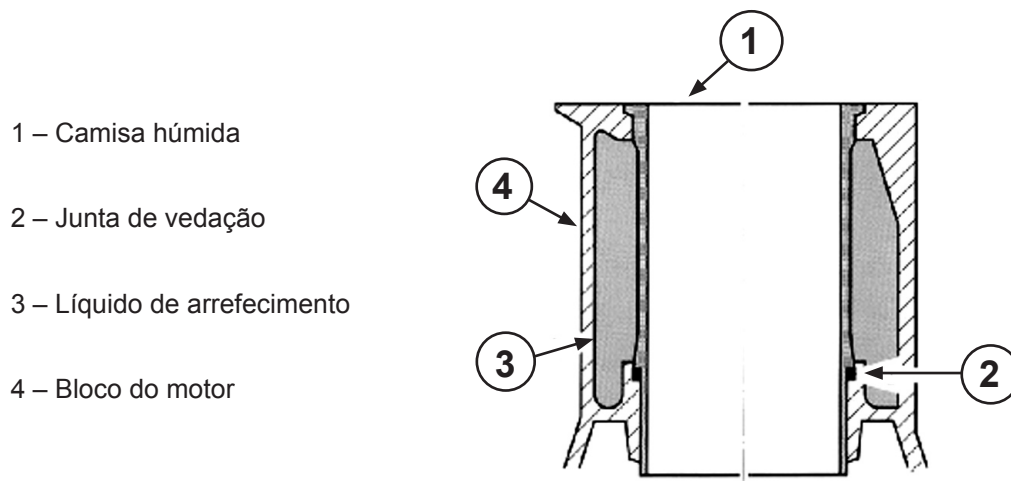


Fig. 2.12 - Camisa húmida

Entre as paredes da camisa húmida e o bloco, existe um espaço suficiente para a circulação do líquido refrigerante.

Para que haja uma união estanque entre a camisa e o bloco do motor, para evitar fugas do líquido de arrefecimento, são utilizadas dois tipos de **juntas de estanqueidade**:

Junta de cobre ou papel

Junta tórica (borracha)

As **juntas de cobre** têm cerca de 1mm de espessura e as **juntas de papel** têm cerca de 0,1mm de espessura.

As **juntas tóricas J** (Fig.2.13), são juntas de borracha, que acoplam nuns ressaltos formados na zona inferior da camisa que por sua vez encaixam em alojamentos dispostos no bloco.

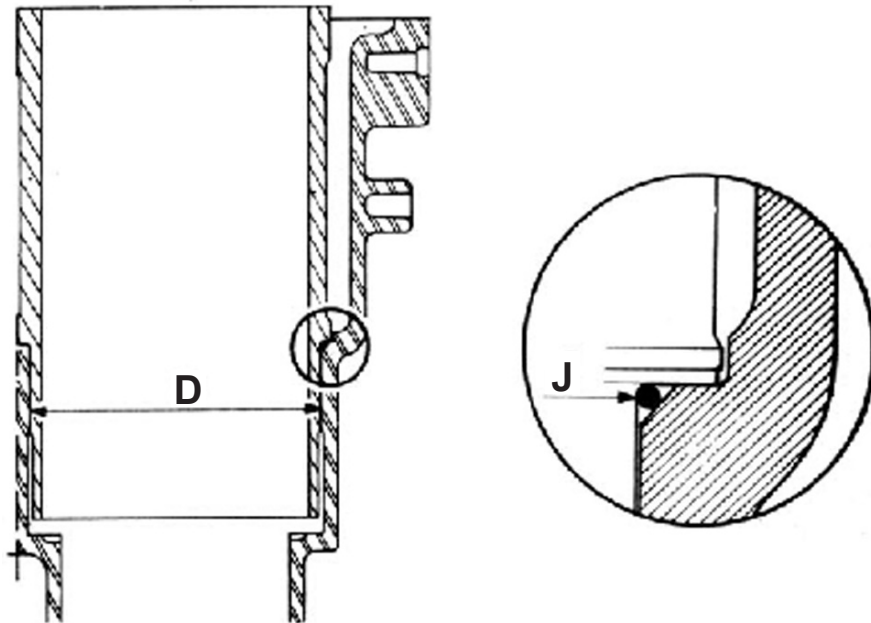


Fig.2.13 – Pormenor da junta tórica

Na figura 2.14 estão representadas algumas disposições de montagem de camisas húmidas no bloco do motor.

No **caso 1**, a camisa tem um ressalto na zona inferior, que apoia no bloco do motor com interposição de uma junta de estanqueidade.

No **caso 2**, a camisa é apoiada na parte superior, havendo na parte inferior uns anéis de estanqueidade.

O **caso 3** é uma combinação dos casos 1 e 2.

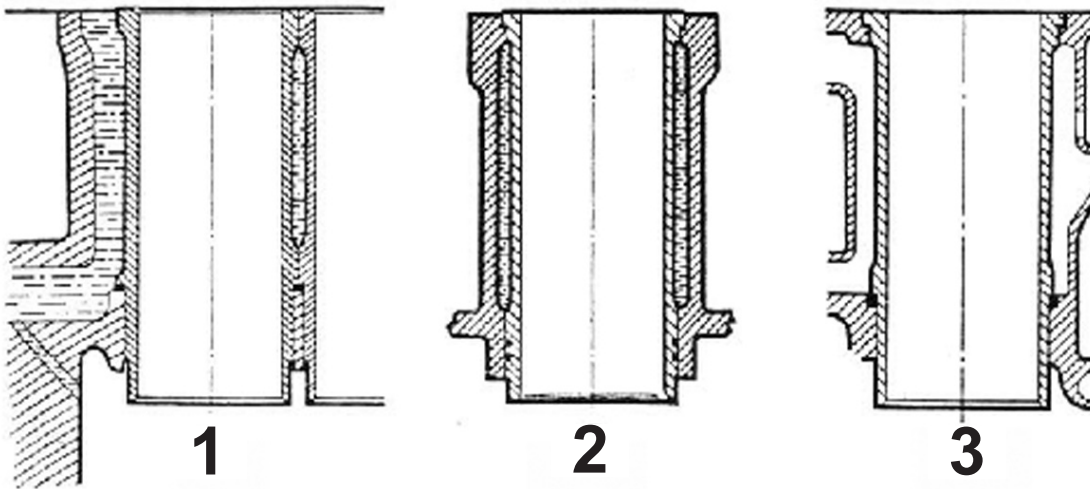


Fig.2.14 – Disposições de montagem de camisas húmidas

As camisas húmidas têm as seguintes **vantagens e desvantagens**:

VANTAGENS:

As camisas húmidas são **facilmente substituídas**, podendo até alterar-se a cilindrada do motor.

Com camisas húmidas, **é desnecessária a rectificação** do interior do cilindro e não são necessários êmbolos de sobremedida.

DESVANTAGENS:

As camisas húmidas estão mais sujeitas a **corrosão**.

Rigidez reduzida do bloco de cilindros.

No sentido de **evitar a corrosão** devida ao contacto directo da camisa húmida com o líquido refrigerante, a superfície exterior da camisa recebe um tratamento especial à base de alumínio ou cerâmica.

Os blocos do motor com camisas húmidas, são blocos fabricados em **ferro fundido** ou em **liga de alumínio**.

A figura 2.15 mostra um bloco de motor que utiliza camisas húmidas.

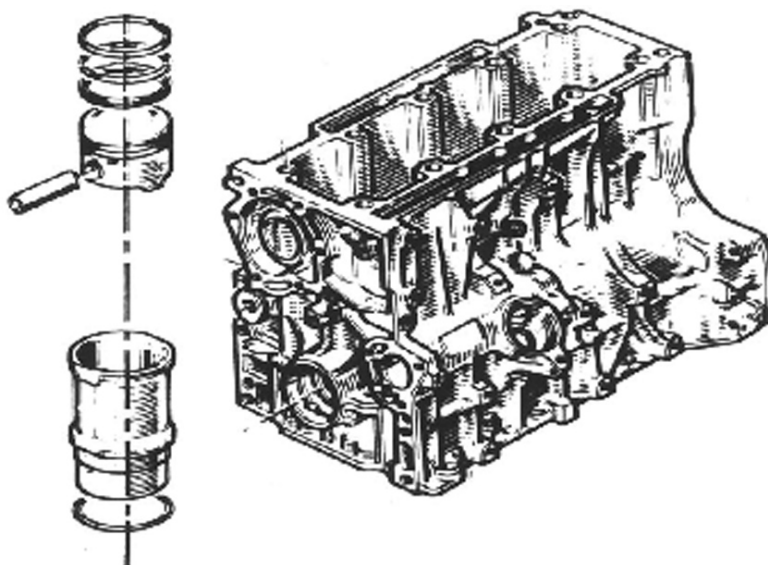


Fig.2.15 – Bloco do motor com camisas húmidas

2.1.4.2 - CAMISA SECA

A camisa seca não entra em contacto com o líquido refrigerante, como mostra a figura 2.16.

A camisa **seca** é **montada à pressão** no interior do cilindro ou montada por **contração térmica**. A camisa é arrefecida (contrae) e o bloco de cilindros é aquecido (dilata), permitindo uma mais fácil introdução da camisa no bloco de cilindros.

- 1 - Camisa
- 2 - Líquido
- 3 - Bloco de cilindros

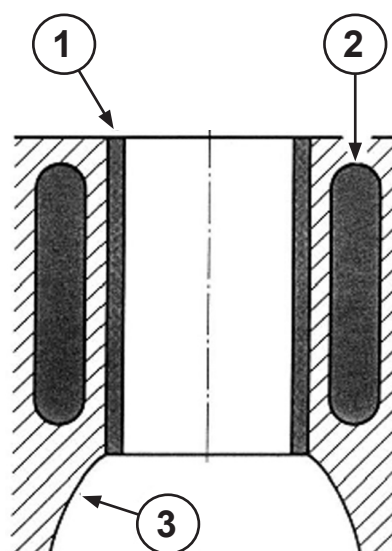


Fig.2.16 – camisa seca

As camisas secas têm as **seguintes vantagens** em relação às camisas húmidas:

Com as camisas secas obtêm-se uma melhor centragem no bloco de cilindros

As camisas secas não necessitam de juntas de estanqueidade

As camisas secas não têm problemas de corrosão

Os blocos do motor com camisas secas, podem ser fabricados em **ferro fundido** ou em **liga de alumínio**.

Nos blocos do motor em **ferro fundido**, as camisas secas **podem ser substituídas** em caso de desgaste excessivo.

Nos blocos do motor em **liga de alumínio**, as camisas secas são montadas durante a moldagem e, por isso, **podem ser rectificadas mas não substituídas**.

Não é possível desmontar as camisas secas, sem que as mesmas sejam destruídas.

2.1.5 - ÊMBOLOS

2.1.5.1 – CARACTERÍSTICAS DO ÊMBOLO

O **êmbolo** (Fig.2.17), também chamado **pistão**, é o órgão do motor que recebe directamente o impulso provocado pela expansão dos gases devido à combustão da mistura ar/combustível e, o transmite à cambota por intermédio da biela.

O êmbolo desloca-se no interior do cilindro.



Fig. 2.17 - Êmbolo

O êmbolo é um componente móvel do motor, que faz a separação entre a câmara de combustão e o cárter.

O **êmbolo** deverá ter as seguintes características:

Boa resistência mecânica, para resistir às elevadas pressões provocadas pela combustão.

Bom coeficiente de fricção em relação à camisa.

Boa resistência térmica para resistir ao calor gerado pela combustão. A dilatação do êmbolo não pode ser excessiva, para que o êmbolo não fique bloqueado no cilindro (**êmbolo gripado**).

Boa condutibilidade térmica, para dissipar parte do calor gerado pela combustão.

Leve para diminuir as forças de inércia das peças móveis.

A **leveza** dum êmbolo é de importância vital num motor. Dela dependem a diminuição das forças de inércia geradas durante o movimento alternativo, permitindo assim aumentar a velocidade do êmbolo e atingir regimes de rotação mais elevados.

2.1.5.2 – CONSTITUIÇÃO DO ÊMBOLO

O êmbolo é geralmente uma peça única, constituída por duas partes fundamentais: a **cabeça** e a **saia**.

Na **Cabeça** existem:

Coroa do êmbolo

Face superior do êmbolo

Zona ou caixa dos segmentos

Na Saia existe:

Orifício do cavilhão

A figura 2.18 mostra os componentes de um êmbolo.

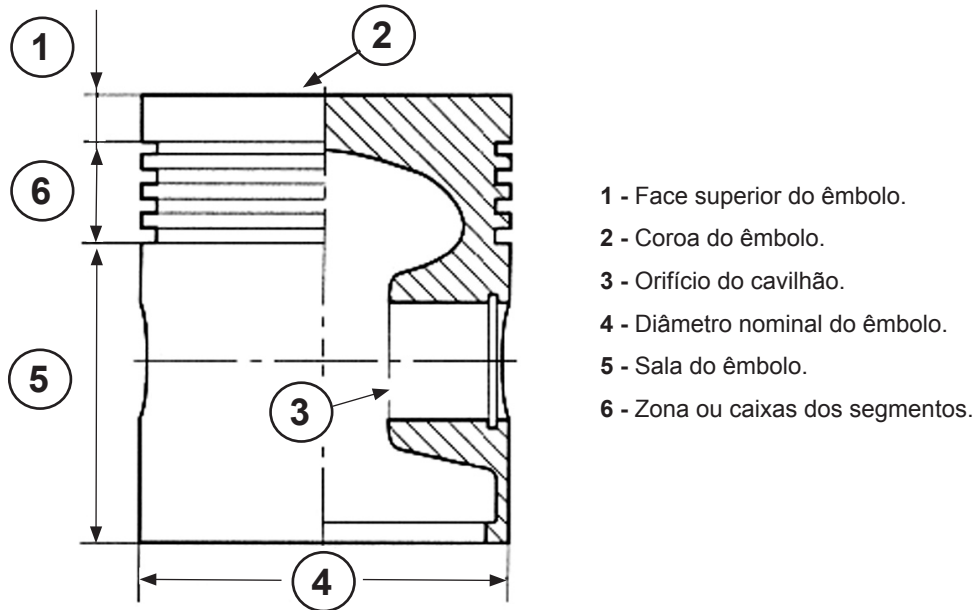


Fig.2.18 – Componentes de um êmbolo

A **cabeça do êmbolo** pode ter formas distintas. Essa forma depende da proeminência da válvulas, da relação volumétrica, da câmara de combustão, etc.

A figura 2.19 mostra alguns exemplos de formas de cabeças de êmbolos:

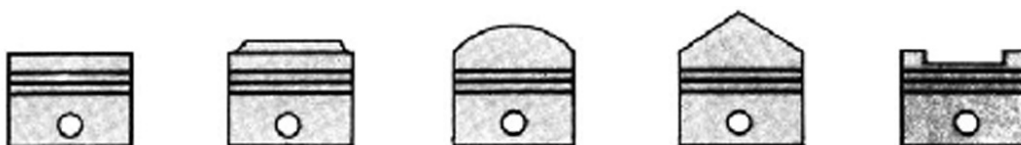


Fig.2.19 – Formas de cabeças de êmbolos

A **coroa do êmbolo**, é a parte do êmbolo que suporta directamente as pressões e temperaturas do gases da combustão e, por isso, está submetida aos maiores valores de pressão e temperatura.

Existem êmbolos em que a **câmara de combustão**, ou parte dela, está cavada na coroa do êmbolo, como mostra a figura 2.20.

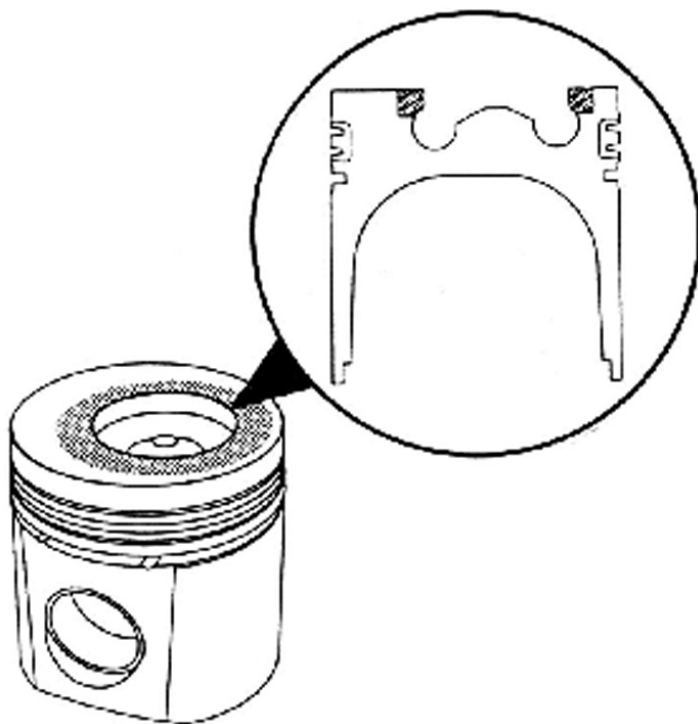


Fig. 2.20 - Êmbolo com câmara de combustão cavada na coroa

O **orifício do cavilhão** encontra-se na saia do êmbolo e, aloja o cavilhão. O cavilhão é o elemento que faz a ligação do êmbolo à biela.

A **saia** serve de guia ao pé da biela (extremo superior da biela), suportando também os esforços laterais e a fricção contra as paredes do cilindro. A saia contém o orifício onde é alojado o cavilhão do êmbolo, que efectua a união do êmbolo à biela.

A **zona** ou **caixa dos segmentos**, aloja os segmentos. Os segmentos servem para evitar que passem gases da combustão para o cárter e, para evitar que passe óleo para a câmara de combustão.

2.1.5.3 – MATERIAL DO ÊMBOLO

Existem êmbolos fabricados num só material, que normalmente é uma **liga leve**.

Em muitos casos utilizam-se **ligas de alumínio** e de **magnésio**.

Utiliza-se o **duraluminio** e **Alpax** (liga de alumínio e silício).

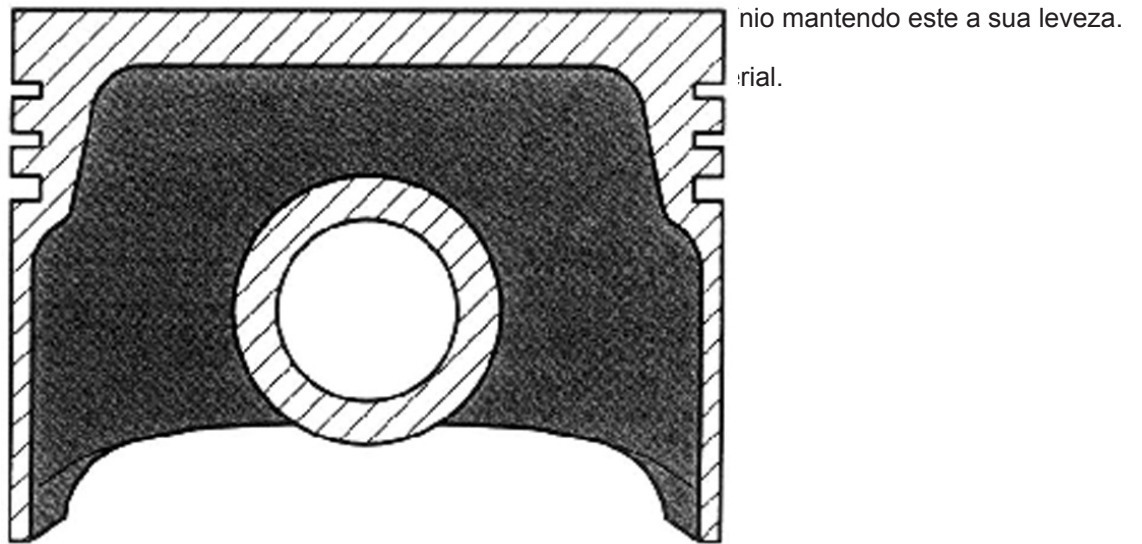
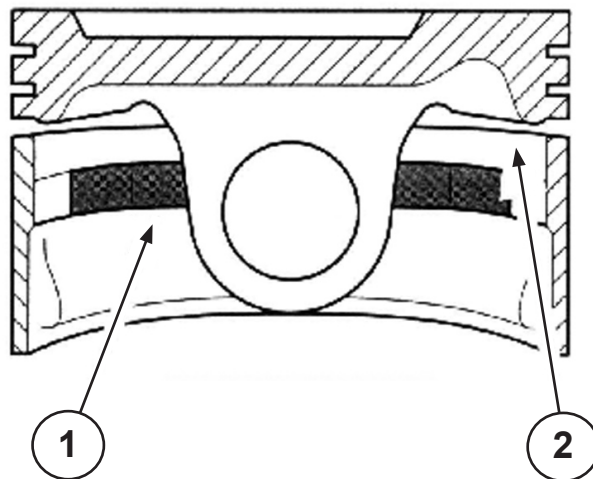


Fig.2.21 – Êmbolo fabricado num único material

Existem êmbolos que têm no seu interior, tiras em **ferro fundido especial**, nas zonas que são submetidas a maiores esforços, como mostra a figura 2.22.



- 1 - Tiras em ferro fundido especial
- 2 - Ranhura transversal

Fig.2.22 – Êmbolo com tiras em ferro fundido

Devido à dilatação térmica dos êmbolos, estes têm por vezes **ranhuras transversais** (Fig.2.22), para permitir que se verifique a dilatação do êmbolo sem que este aumente de tamanho.

2.1.5.4 – FORÇAS SOBRE O ÊMBOLO

O êmbolo está sujeito a esforços muito elevados e deve resistir a pressões muito altas que se desenvolvem no momento da combustão.

O êmbolo poderá ter de suportar uma força superior a uma tonelada em cada ciclo de funcionamento do motor, como mostra o exemplo seguinte:

Exemplo:

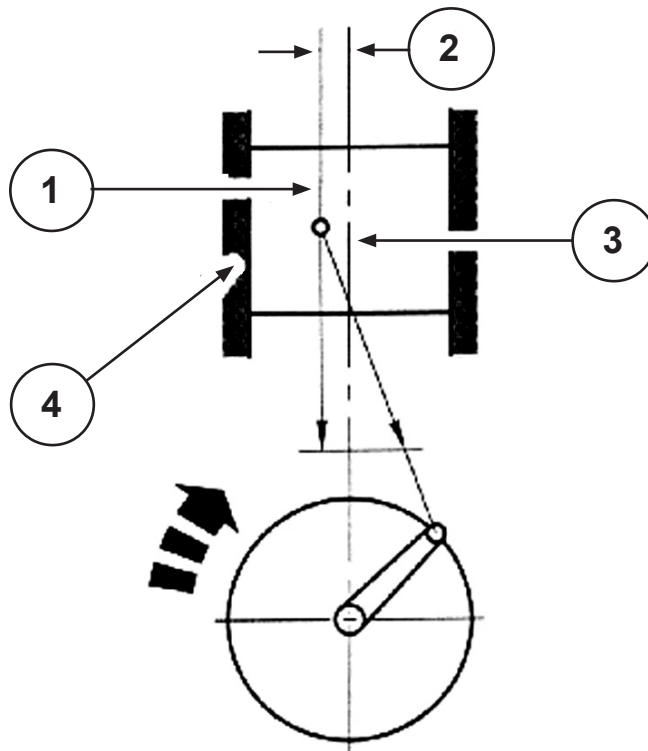
Considere-se o caso de um motor em que cada êmbolo tem um diâmetro de 80mm e que no momento da combustão se regista uma pressão máxima de 30 Kg / cm².

A força total que actua sobre o êmbolo naquele momento, será:

<p>$P = 30\text{kg} / \text{cm}^2$</p> <p>$D = 80\text{mm} = 8 \text{ cm}$</p> <p>$F = \frac{\pi D^2}{4} \times P = \frac{\pi \times 8^2}{4} \times 30 \Leftrightarrow F = 1507 \text{ Kg}$</p> <p>Uma tonelada e meia !</p>	<p>D – Diâmetro da coroa do êmbolo.</p> <p>P – Pressão máxima exercida sobre a coroa do êmbolo.</p> <p>F – Força que actua sobre a coroa do êmbolo.</p> <p>$\frac{\pi D^2}{4}$ - Área da coroa do êmbolo.</p>
--	--

Devido à forte pressão de combustão que se exerce sobre a coroa do êmbolo, este é pressionado contra a parede do cilindro. Por este facto, o êmbolo e o cilindro estão sujeitos a **desgaste**.

Para reduzir este problema, o eixo do cavilhão é ligeiramente deslocado do centro do êmbolo para o lado submetido a pressão. A isto dá-se o nome de **descentragem do cavilhão**, como mostra a figura 2.23.



- 1 - Eixo do cavilhão.
- 2 - Descentragem do cavilhão.
- 3 - Eixo do êmbolo.
- 4 - Lado de pressão do êmbolo.

Fig.2.23 – Descentragem do cavilhão

2.1.5.5 – CARGA TÉRMICA SOBRE O ÊMBOLO

Durante o funcionamento do motor, o êmbolo atinge 150° de temperatura na saia e 350° de temperatura na coroa. Devido a este aquecimento irregular, a dilatação do êmbolo também é irregular, podendo fazer com que o êmbolo fique colado nas paredes do cilindro (**êmbolo gripado**).

*O êmbolo deverá ser concebido, de forma a que tenha uma **forma cilíndrica** à temperatura normal de funcionamento.*

Com o objectivo de compensar os diferentes graus de dilatação térmica, nas diferentes zonas do êmbolo, este deverá ser fabricado com uma **secção oval**, ficando o diâmetro maior do êmbolo situado na direcção transversal em relação ao eixo do cavilhão.

E também, para compensar a dilatação térmica do êmbolo, a parte superior do êmbolo é reduzida, como mostra a figura 2.24.

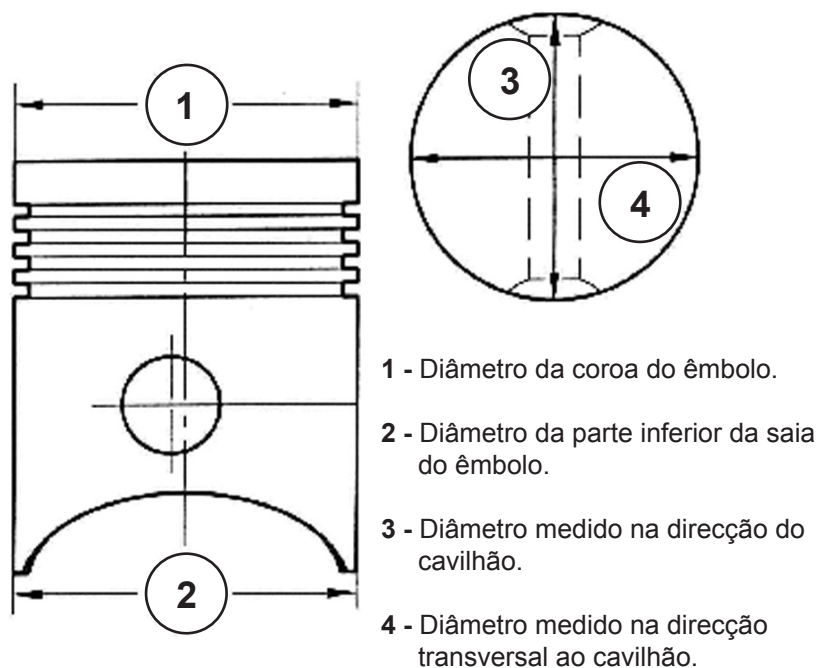


Fig.2.24 – Forma do êmbolo

2.1.6 - CAVILHÃO

2.1.6.1 - CARACTERÍSTICAS DO CAVILHÃO

A ligação do êmbolo à biela é efectuada através do **cavilhão**, como mostra a figura (Fig.2.25)



Fig.2.25 – O cavilhão faz a ligação entre o êmbolo e a biela

O cavilhão deve ter o maior diâmetro possível.

O cavilhão é um eixo, normalmente oco, com o objectivo de redução do seu peso.

A ligação através do cavilhão, é feita de modo a permitir à biela um movimento pendular em relação ao êmbolo.

2.1.6.2 – MATERIAL DO CAVILHÃO

O forte impulso que o êmbolo recebe no tempo de combustão/expansão, é transmitido à biela através do cavilhão, pelo que este deve ser fabricado em material resistente de forma a suportar o grande esforço a que é submetido.

O cavilhão é **fabricado** em aço tratado e rectificado.

Normalmente é aço duro, de cementação.

2.1.6.3 – TIPOS DE FIXAÇÃO DO CAVILHÃO

Existem 3 (três) casos típicos de fixação do cavilhão, como mostram as figuras 2.26, 2.27 e 2.28.

Cavilhão fixo ao êmbolo.

Cavilhão fixo à biela.

Cavilhão “flutuante”

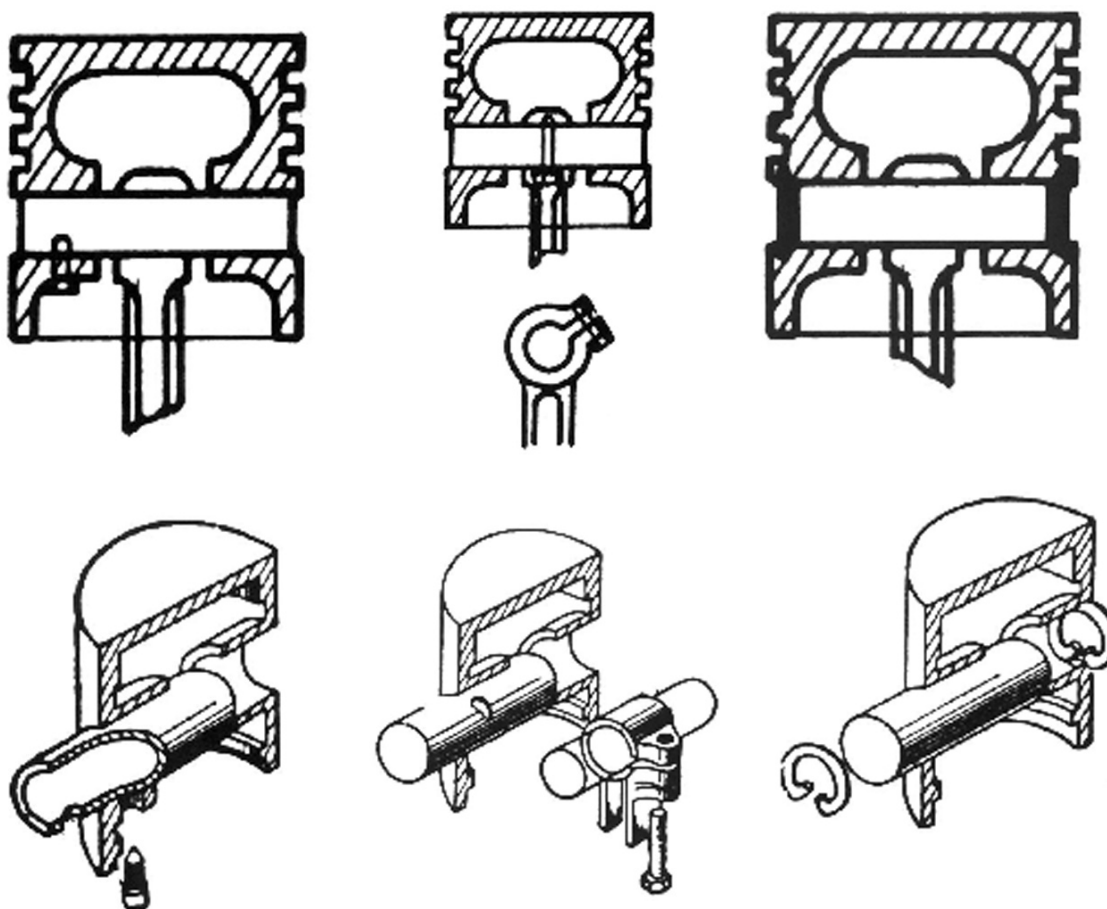


Fig.2.26 – Cavilhão fixo ao êmbolo

Fig.2.27 – Cavilhão fixo à biela

Fig.2.28 – Cavilhão “Flutuante”

CAVILHÃO FIXO AO ÊMBOLO

Como mostra a figura 2.26 o cavilhão mantém-se fixo no seu orifício de alojamento no êmbolo, por meio de um parafuso.

CAVILHÃO FIXO À BIELA

Como se vê na figura 2.27 o cavilhão é fixo ao pé da biela através de um parafuso que aperta uma abraçadeira formada pelo próprio pé da biela.

CAVILHÃO “FLUTUANTE”

Este método (Fig.2.28) é o mais utilizado. O cavilhão fica “flutuante”, ou seja, gira livremente no seu alojamento, entre o êmbolo e a biela. A fixação do cavilhão para evitar a sua saída pelos extremos, é obtida através de dois grampos ou freios colocados sob pressão, em que cada um ao expandir-se, se aloja numa ranhura circular existente no orifício de alojamento do cavilhão, impedindo assim, a saída deste. Ver a figura 2.25.

2.1.7 – SEGMENTOS

2.1.7.1 – DESCRIÇÃO DOS SEGMENTOS

Os **segmentos** são anéis (Fig.2.29) que são montados em fendas, existentes na cabeça do êmbolo, como mostra a figura 2.30.



Fig.2.29 – Segmentos

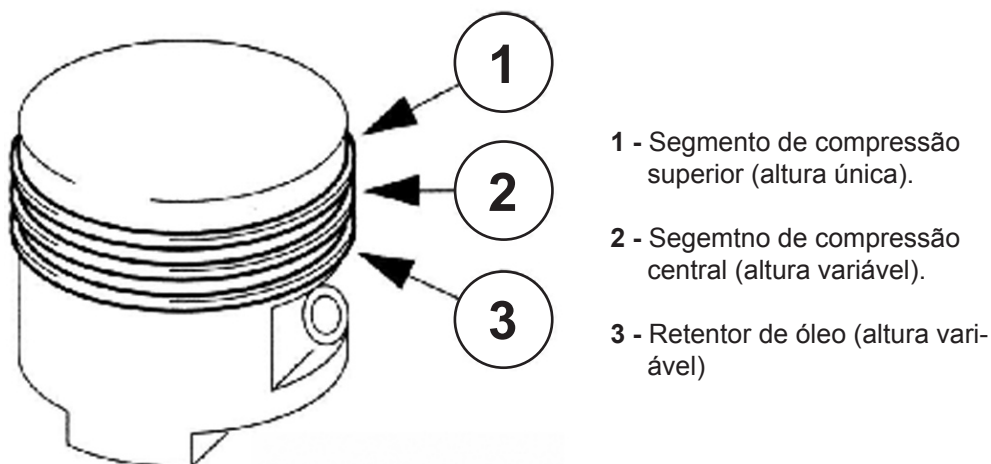


Fig.2.30 – Segmentos no êmbolo

Os segmentos têm as seguintes funções:

Garantir que não existam fugas de gases de combustão para o cárter durante os períodos de compressão e expansão, o que levaria a uma perda de energia disponível para produzir o deslocamento do êmbolo.

Garantir que não existam fugas de gases de combustão para o cárter durante os períodos de compressão e expansão, o que levaria a uma perda de energia disponível para produzir o deslocamento do êmbolo.

Garantir que o óleo de lubrificação, que banha as paredes do cilindro ou camisa, não passe para a câmara de combustão, onde seria queimado e formaria depósitos de carvão que aderem às válvulas, coroa do êmbolo e paredes da câmara de combustão.

Os segmentos devem resistir ao **desgaste**, à **corrosão** e às **vibrações**.

2.1.7.2– TIPOS DE SEGMENTOS

Consoante a missão que realizam podem distinguir-se **2 (dois) tipos de segmentos**:

Segmentos de compressão.

Segmentos de óleo.

Tanto uns como outros, são montados em fendas feitas para efeito na cabeça do êmbolo.

SEGMENTOS DE COMPRESSÃO

Os **segmentos de compressão** têm como **função** garantir a estanqueidade entre o êmbolo e as paredes do cilindro ou camisa.

Os segmentos de compressão têm geralmente uma secção rectangular ou trapezoidal.

A figura 2.31 mostra vários tipos de secções de segmentos de compressão.

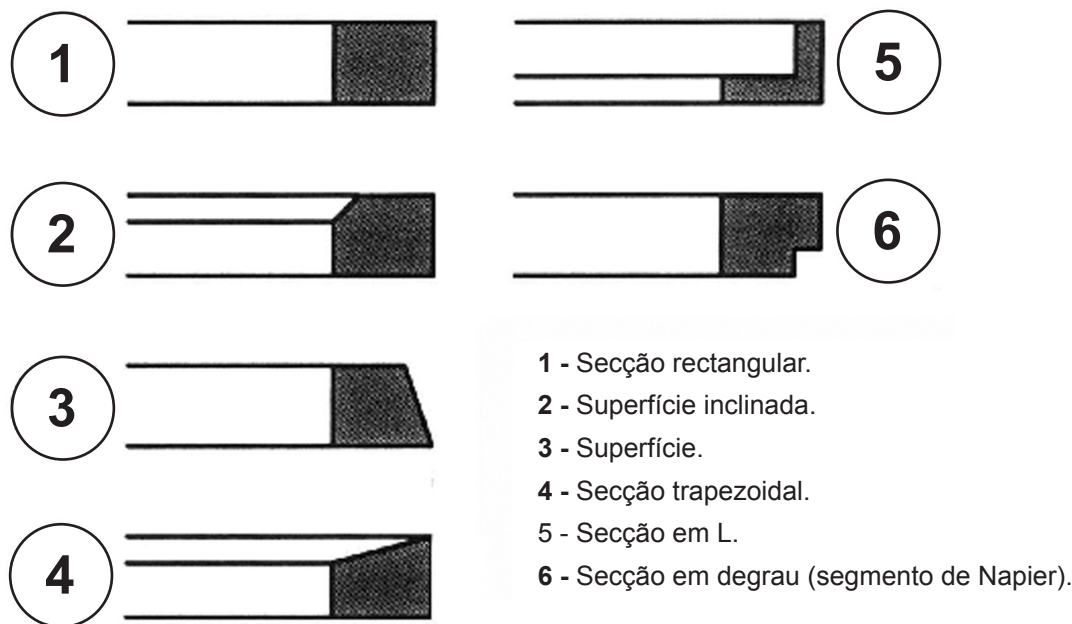
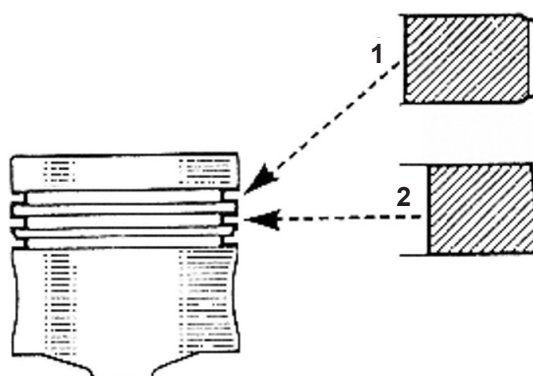


Fig.2.31 – Tipos de secções de segmentos de compressão

Os **segmentos de compressão** são montados nas fendas da cabeça do êmbolo por cima do cavilhão, mais próximas da câmara de combustão e, geralmente, em número de dois, como mostra a figura 2.32.

O segmento que é montado mais em cima é chamado de **segmento de fogo** ou segmento de choque, por ser o segmento que suporta directamente a pressão da combustão.



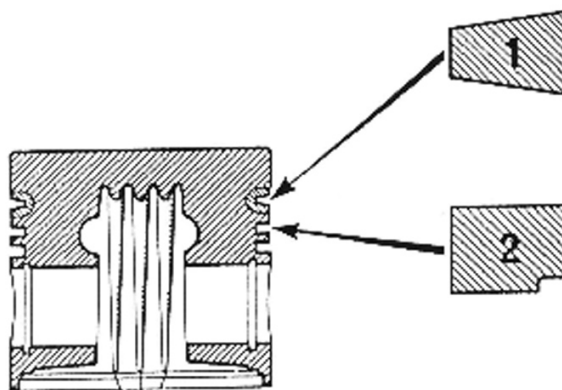
- 1 - Segmento de fogo
- 2 - Segmento de compressão

Fig.2.32 – Segmentos de compressão

Como se pode ver na figura 2.32, o **segmento de fogo** tem uma periferia arredondada, de maneira a que a fricção com a parede do cilindro seja mais suave.

A secção cónica do segundo **segmento de compressão**, permite que seja efectuada maior pressão contra a parede do cilindro no movimento de descida do êmbolo. Este segundo segmento de compressão tem também a função de raspador de óleo.

A figura 2.33 mostra uma outra disposição de segmentos de compressão, em que o **segmento de fogo** tem uma secção trapezoidal, e o outro **segmento de compressão** tem um degrau (segmento de Napier), que faz o efeito de raspador de óleo.



- 1 - Segmento de fogo.
2 - Segmento de compressão.

Fig.2.33 - Segmentos de compressão

SEGMENTOS DE ÓLEO

Os **segmentos de óleo** (Fig.2.34), também chamados **raspadores de óleo**, servem para evitar que fique depositada nas paredes do cilindro ou camisa uma quantidade excessiva de óleo, raspando esse óleo que poderia passar para a câmara de combustão.

Um **segmento de óleo** tem geralmente um perfil em forma de C e, dispõe de um elemento interior elástico (mola tubular, mola expansível, etc.) ou uma lâmina de aço convenientemente dobrada, que faz aumentar a pressão que o segmento exerce contra as paredes do cilindro ou camisa.

O **segmento de óleo** pode ter umas **ranhuras**, que permitem a passagem do óleo para o interior do êmbolo.

A figura 2.34 mostra alguns tipos de segmentos de óleo.

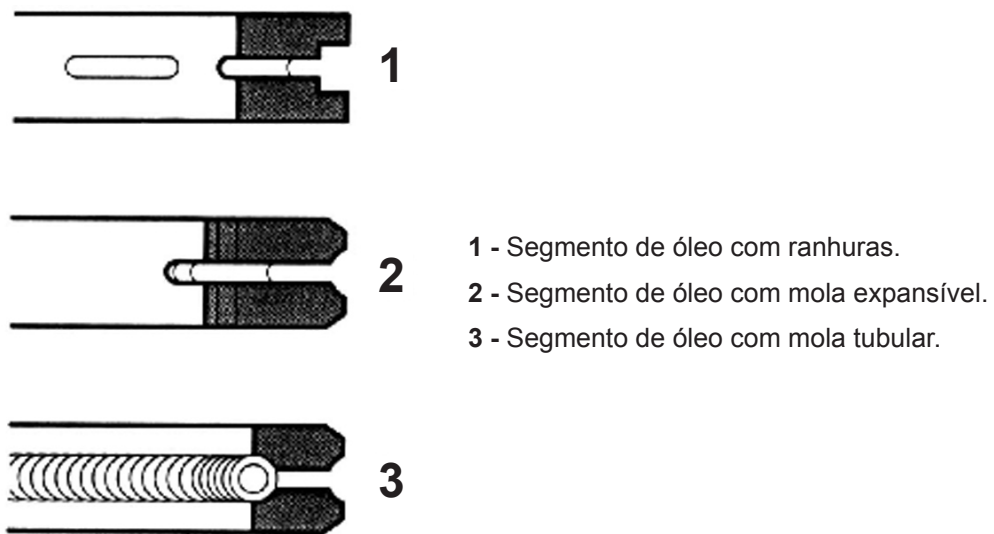


Fig.2.34 - Segmentos de óleo

É na terceira fenda da cabeça do êmbolo que é alojado o **segmento de óleo**, como mostra a figura 2.36. Essa fenda está provida de orifícios (Fig.2.35) que permitem transportar para o interior do êmbolo o óleo raspado da parede do cilindro ou camisa, que posteriormente, é vertido para o cárter inferior do motor, como mostra a figura 2.37.

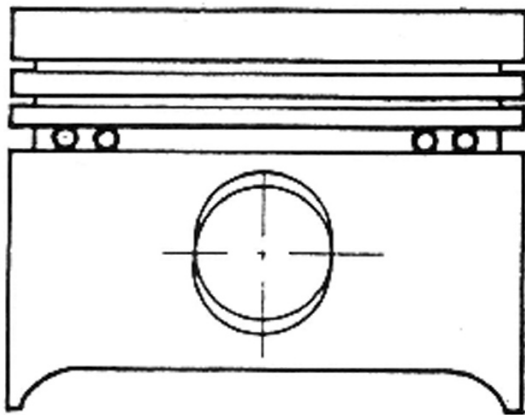


Fig.2.35 – Orifícios na terceira fenda do êmbolo para passagem do óleo



Fig.2.36 – Segmento de óleo

Na figura 2.37 estão representadas três posições possíveis dos **segmentos de óleo**.

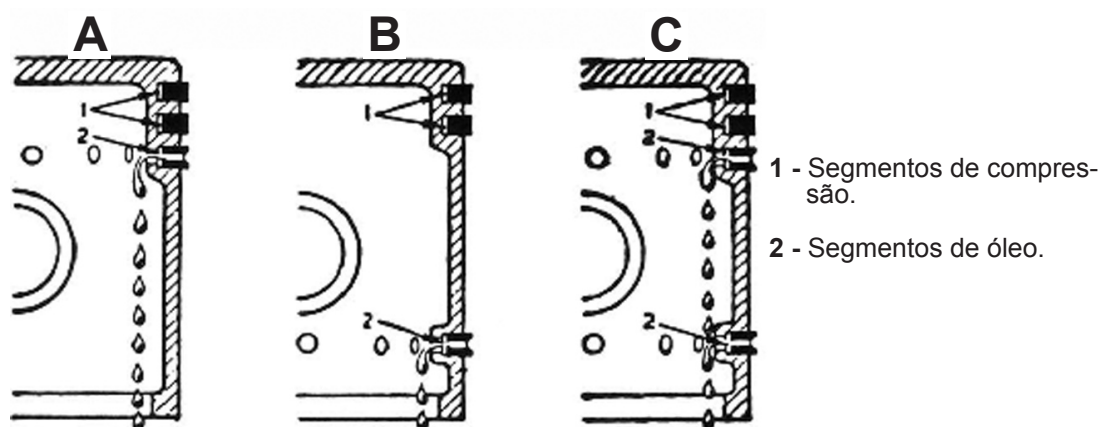


Fig.2.37 – Posições dos segmentos de óleo

O **caso A** é o mais comum. Neste caso, os dois segmentos de compressão e o segmento de óleo estão colocados por cima do cavilhão.

As posições dos segmentos de óleo nos **casos B e C** são mais utilizadas quando a saia do êmbolo é muito comprida. Assim diminui-se a oscilação lateral do êmbolo, uma vez que os segmentos de óleo em baixo servem de guia. No entanto, o **caso B** já não é muito utilizado.

2.1.7.3 – MATERIAL DOS SEGMENTOS

Os segmentos são fabricados em **fundição cinzenta de grão fino**, material este que garante uma boa elasticidade e adequada dureza.

Podem também ser construídos em **fundição centrífuga** e por vezes **banhados a crómio**, o que alarga a sua duração (aumenta a resistência ao desgaste e à corrosão) e diminui o desgaste das paredes do cilindro.

2.1.7.4 – MONTAGEM DOS SEGMENTOS

Como se viu na figura 2.29, os segmentos são cortados. Os cortes podem ser de vários tipos: direitos, oblíquos, em baioneta, etc.

A montagem dos segmentos (Fig.2.38) deve ser efectuada de modo a que os cortes dos vários segmentos **não fiquem**:

Alinhados uns com os outros

Alinhados com o cavilhão ou na direcção perpendicular ao mesmo

Os cortes dos segmentos deverão estar desfasados de 120° , como mostra a figura 2.38.

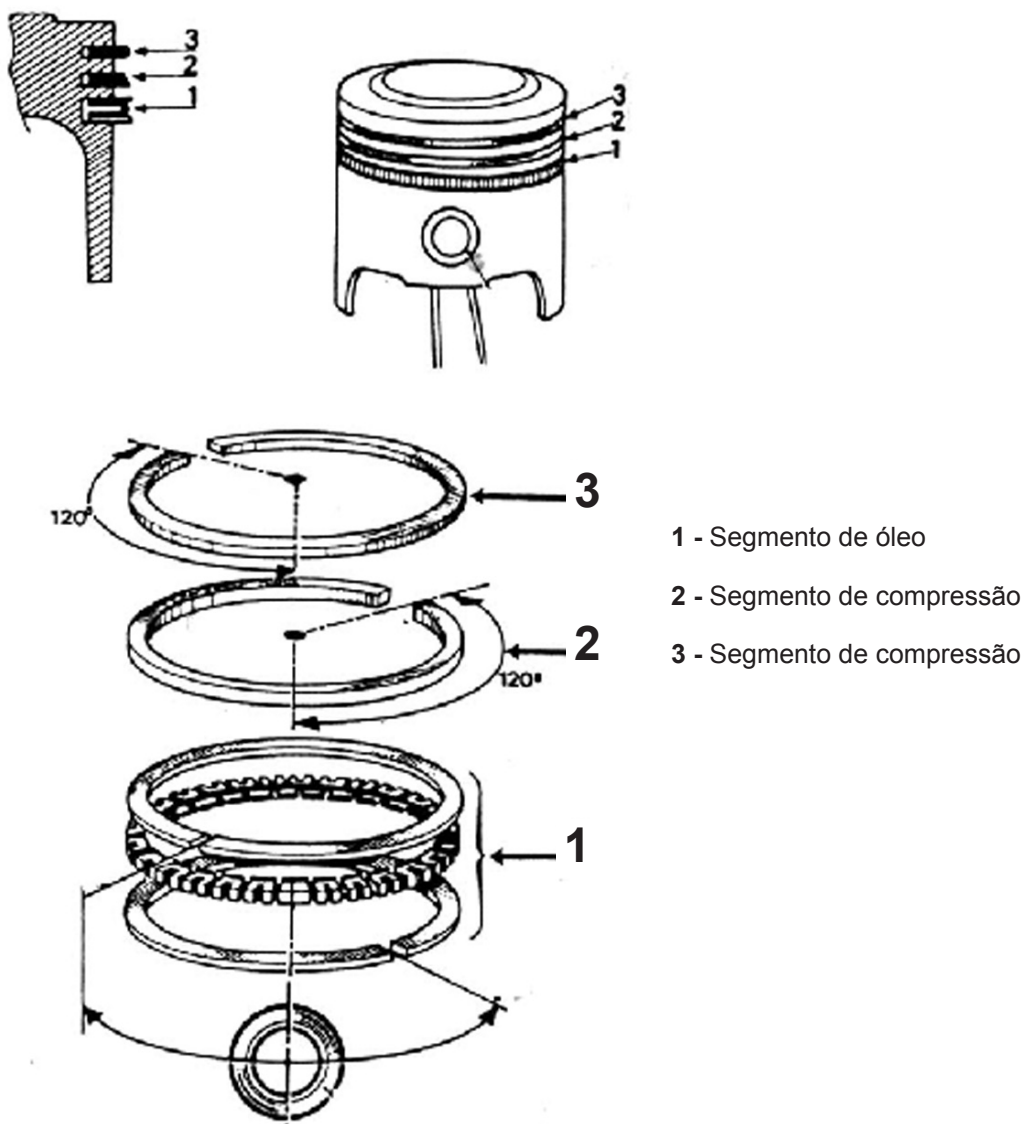


Fig.2.38 – Posição de montagem dos segmentos

A montagem dos segmentos no êmbolo, é efectuada com uma ferramenta própria para o efeito (alicate de segmentos), como mostra a figura 2.39.

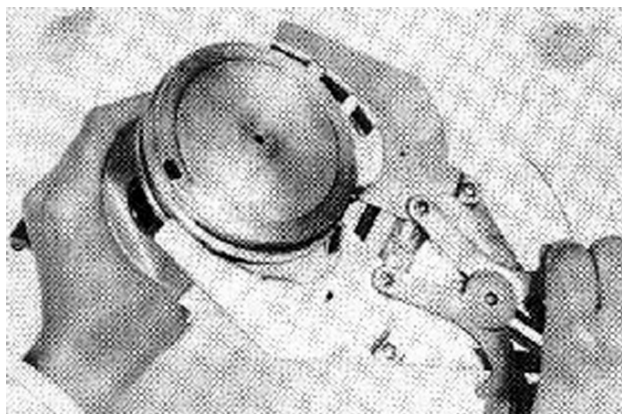


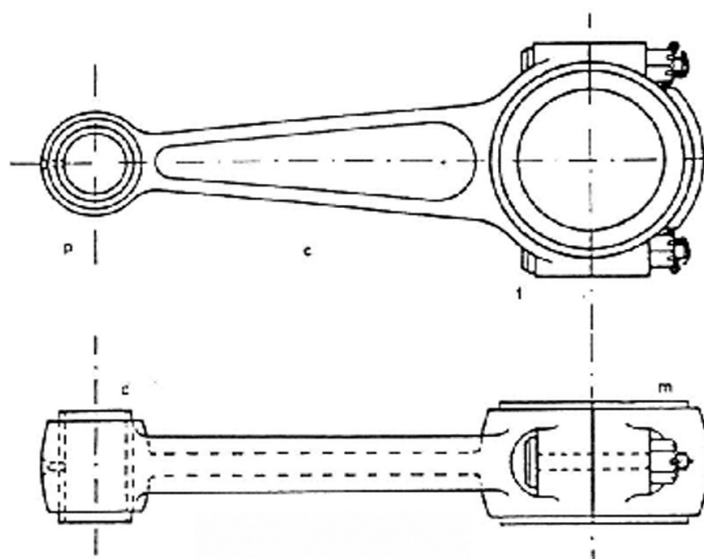
Fig.2.39 – Montagem de segmento

2.1.8 - BIELAS

A **biela** é o órgão mecânico que faz a união do êmbolo à cambota. Transforma assim, o movimento alternativo do êmbolo em movimento rotativo da cambota.

2.1.8.1 – CONSTITUIÇÃO DA BIELA

A biela é dividida em 3 (três) partes, como mostra a figura 2.40.



- c - Corpo de biela
- d - Bucha de pé de biela
- p - Pé de biela
- m - Metal anti-fricção
- t - Cabeça de biela

Fig.2.40 – Biela

Pé da biela

É a parte da biela que está ligada ao êmbolo, através do cavilhão.

O pé da biela é furado e fresado.

É no pé da biela que é alojado o cavilhão. Como se viu atrás (Capítulo 2.1.6.3), o cavilhão pode estar fixo através de um parafuso ou não.

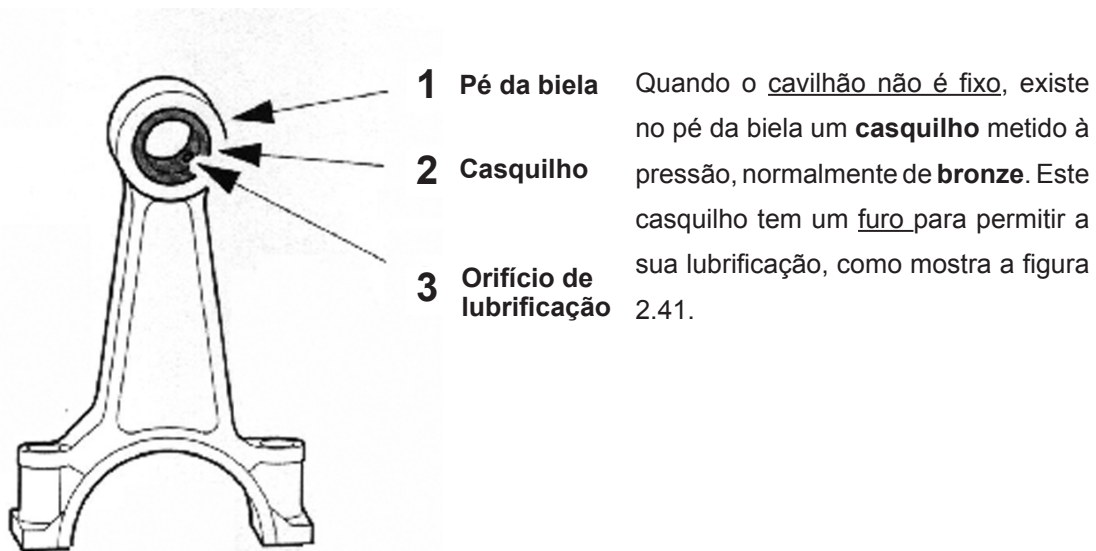


Fig.2.41 – Pé da biela e casquilho

Cabeça da biela

É a parte da biela que se encontra ligada à cambota, abraçando um moente da cambota com interposição de uns casquilhos ou **capas anti-fricção** (Fig.2.42).

Estas capas anti-fricção são normalmente conhecidas por **capas de bielas**.

A **cabeça da biela** está geralmente dividida em duas partes unidas por parafusos, como mostra a figura 2.42.

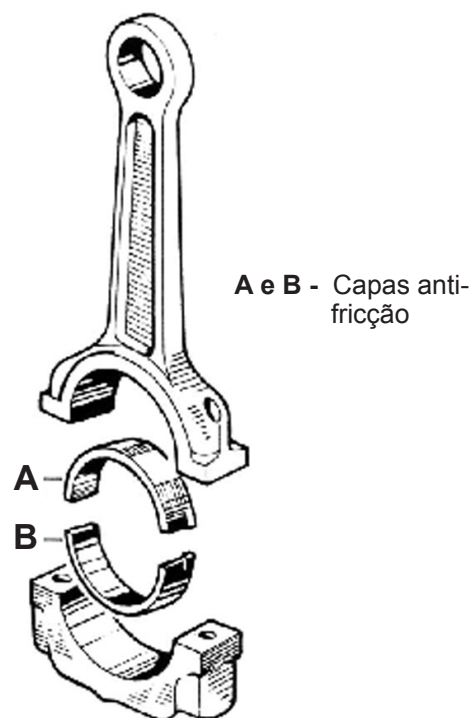


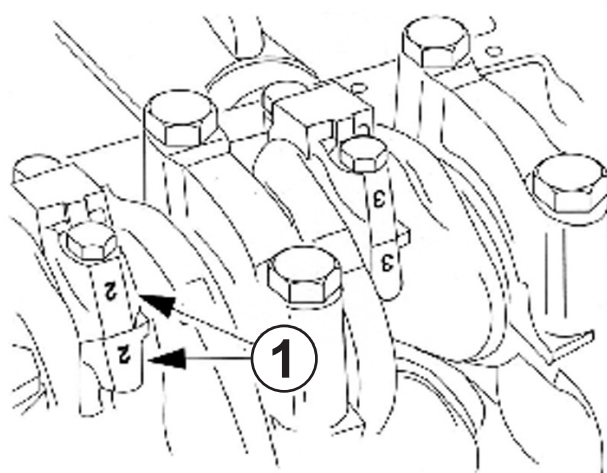
Fig.2.42 – A cabeça da biela é dividida em duas partes

Encontra-se dividida em duas partes, por forma a permitir a ligação e separação da biela à cambota, nas operações de montagem e desmontagem.

As duas partes da cabeça da biela são numeradas, de forma a que quando as bielas são desmontadas e posteriormente montadas, cada metade de cabeça de biela fique acoplada à sua metade correspondente. Não pode haver trocas.

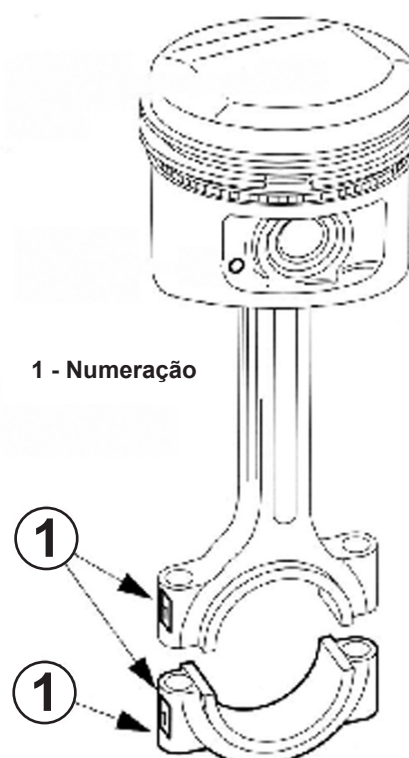
A figura 2.43 mostra um exemplo da numeração das cabeças das bielas, num motor.

A figura 2.44 mostra em pormenor a numeração da cabeça de uma biela.



1 - Numeração

Fig.2.43 – Numeração das cabeças das bielas



1 - Numeração

Fig.2.44 – Numeração da cabeça de uma biela

Corpo da biela

É a parte da biela que se situa entre o pé e a cabeça da biela

O corpo da biela tem normalmente, uma secção transversal em duplo T.

A biela está submetida a forças de tração, de pressão e de flexão. A sua secção transversal em **duplo T**, dá-lhe a **rigidez** necessária.

Em alguns casos, o corte da cabeça da biela não é feito perpendicularmente ao eixo longitudinal da biela, havendo uma certa **inclinação**, como mostra a figura 2.45.

Esta inclinação tem como objectivo permitir a desmontagem do conjunto biela/êmbolo pela parte superior do cilindro, sem haver a necessidade de desmontar a cambota.



Fig.2.45 – Biela com cabeça inclinada em relação ao eixo longitudinal

Neste tipo de bielas (Fig.2.45), geram-se esforços de corte sobre os parafusos, que é necessário atenuar. Para tal, a superfície de divisão da cabeça da biela, deve ser dentada como mostra a figura 2.46.



Fig.2.46 – Superfície dentada da cabeça da biela

A figura 2.47 mostra todos os componentes de uma biela.

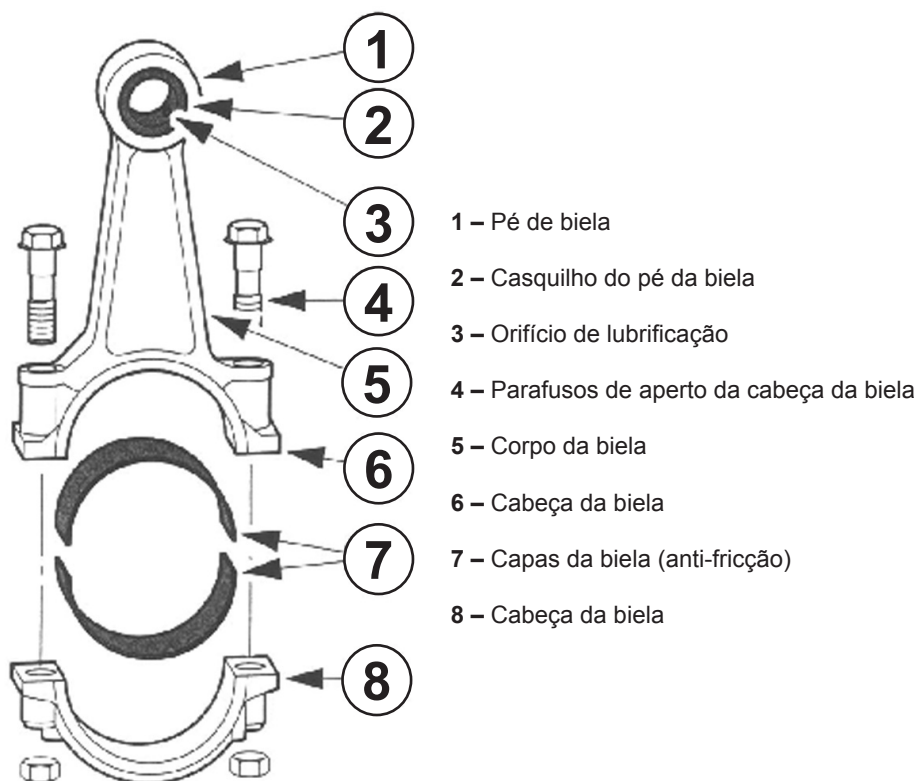


Fig.2.47 – Biela e seus componentes

Nos motores de **blocos de cilindros em V**, as bielas são fixas à cambota aos pares. Ou seja, a cada moente da cambota são unidas duas bielas, cada uma das quais pertencente a uma linha de cilindros diferente. Na figura 2.48 estão representados 3 (três) casos possíveis de disposição das bielas.

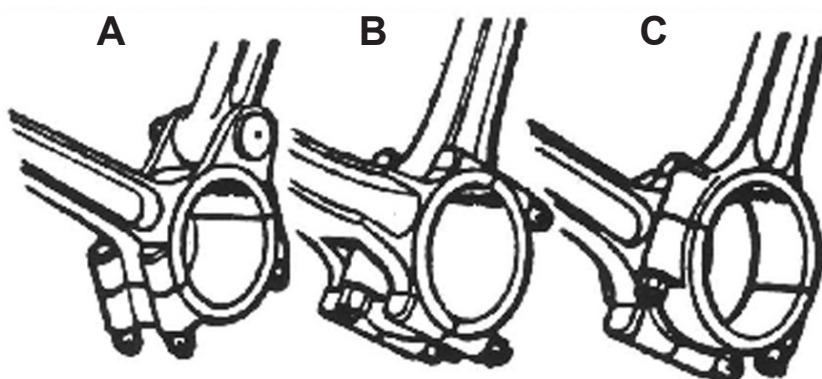


Fig.2.48 – Disposições das bielas em motores em V

No **caso A**, articula-se uma das bielas à cabeça da outra, que se chama biela mestra.

No **caso B**, uma das bielas encontra-se entre os dois ramos que formam a cabeça da outra biela (cabeça em forma de forquilha).

No **caso C**, as duas bielas são colocadas uma ao lado da outra. Este é o método mais comum.

2.1.8.2 –CARACTERÍSTICAS DAS BIELAS

As bielas deverão ter as seguintes características:

Grande resistência.

Grande rigidez.

Leve, para que as forças de inércia que resultam do seu movimento sejam as menores possíveis

As bielas deverão ser perfeitamente equilibradas e, agrupadas de modo a garantir que todas as bielas pertencentes ao mesmo motor tenham um peso idêntico.

Nos **motores a gasolina** admite-se geralmente, uma diferença máxima de peso entre as bielas, de cerca de 5 (cinco) gramas.

Nos **motores diesel** admite-se geralmente, uma diferença máxima de peso entre as bielas, de cerca de 15 (cinco) gramas.

A figura 2.49 mostra uma balança própria para pesar bielas.

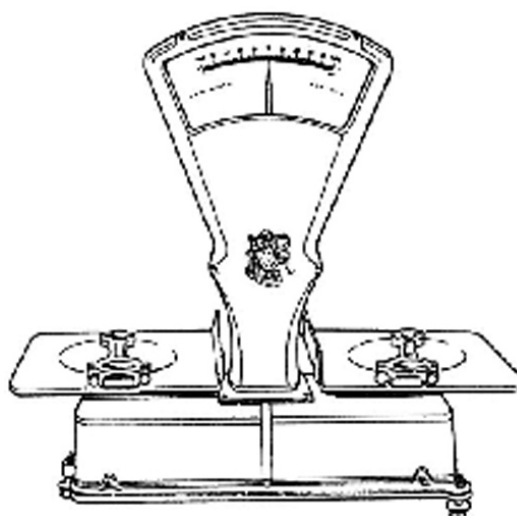


Fig.2.49 – Balança para pesar bielas

2.1.8.3 –MATERIAL DAS BIELAS

As bielas são geralmente **fabricadas em** aço de cromo-níquel ou cromo-vanádio.

Também são por vezes fabricadas em liga de alumínio de alta resistência.

Em motores de **competição**, as bielas são **fabricadas em** ligas leves, por vezes à base de titânio.

2.1.9 - CAMBOTA

A **cambota**, ou **veio de manivelas**, é o órgão do motor que recebe o movimento linear alternativo do êmbolo e da biela e, o transforma em movimento de rotação, dando origem a um binário, através de um sistema de manivelas.

Na figura 2.50 está representada uma cambota para um motor de 4 (quatro) cilindros em linha.

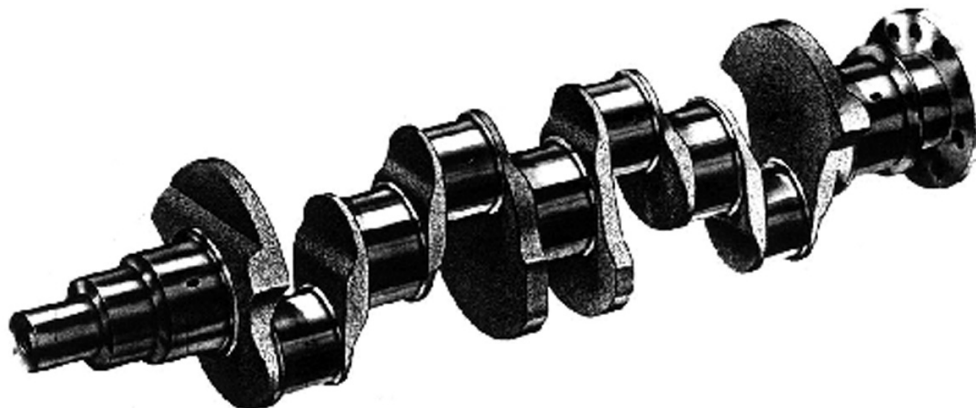


Fig.2.50 – Cambota

2.1.9.1 – FUNÇÃO DA CAMBOTA

A **principal função** da cambota é receber o movimento linear e alternativo do êmbolo e da biela e, transformá-lo em movimento de rotação, dando origem a um binário. A maior parte desse binário é transmitido pela embraiagem ao sistema de transmissão e por sua vez às rodas do veículo.

A parte restante do binário produzido, é utilizado pela cambota para accionar, entre outros, os seguintes órgãos e componentes do motor:

Bomba de óleo do circuito de lubrificação.

Bomba de água do sistema de refrigeração..

Bomba de óleo da direcção assistida.

Distribuidor.

Alternador.

Mecanismo de accionamento das válvulas.

Árvore de cames.

2.1.9.2 – MATERIAL DA CAMBOTA

Existem cambotas fabricadas em:

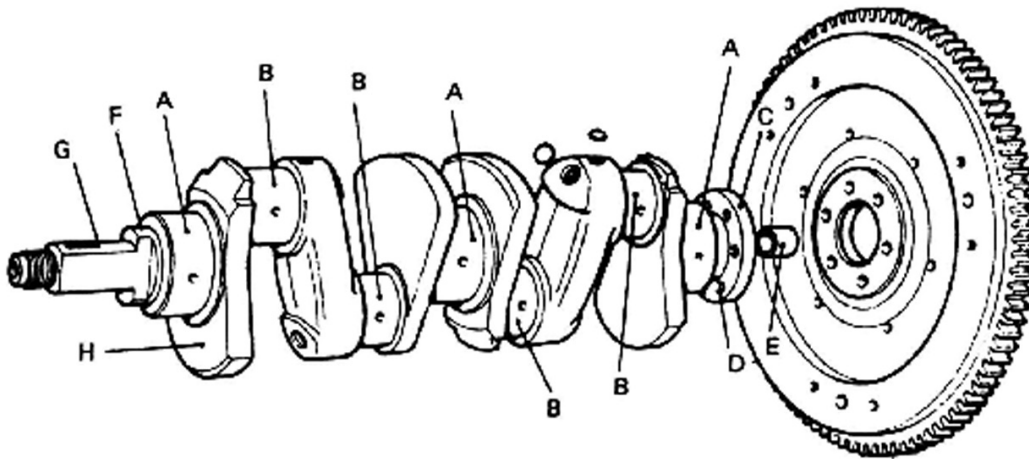
Aço ligado com cromo, níquel e silício

Ferro fundido G.S. (com grafite esferoidal)s.

Aço ligado com crómio, vanádio e molibdénio.

2.1.9.3 – CONSTITUIÇÃO DA CAMBOTA

A figura 2.51 mostra uma cambota de um motor de 4 (quatro) cilindros em linha. Nesta figura pode-se observar:



A – Apoios da cambota; **B** – Moentes de apoio das bielas; **C** – Disco de união da cambota ao volante do motor; **D** – Orifício dos parafusos do disco de união; **E** – Casquilho onde se apoia o eixo primário da caixa de velocidades; **F** – Local de montagem de carroto para accionamento da árvore de caames; **G** – Local de montagem de polie para accionamento de bomba de água e alternador; **H** – Contrapeso

Fig.2.51 – Componentes da cambota

Os apoios da cambota (A) que a fixam ao berço da mesma através de chumaceiras de apoio (com interposição de capas anti-fricção).

Os moentes (B) onde se fixam as cabeças das bielas e, em oposição a estes moentes os contrapesos (H) para equilíbrio da cambota.

O disco (C) de união da cambota ao volante do motor através de parafusos colocados nos orifícios (D) e um casquilho de bronze (E) onde se apoia o eixo primário da caixa de velocidades sobre o qual é montado o disco de embraiagem.

Em (F) é montado um carroto que transmite movimento da cambota à árvore de cames e em (G) é montada uma polia que normalmente transmite movimento a uma bomba de água e ao alternador.

2.1.9.4 – APOIOS DA CAMBOTA

A cambota é montada na zona inferior do bloco do motor, suportada pelo cárter superior ou berço da cambota, ficando apoiada em chumaceiras ou moentes de apoio, vulgarmente chamadas de **apoios da cambota**. A figura 2.52 mostra uma cambota de um motor de 4 (quatro) cilindros em linha com 5 (cinco) apoios.

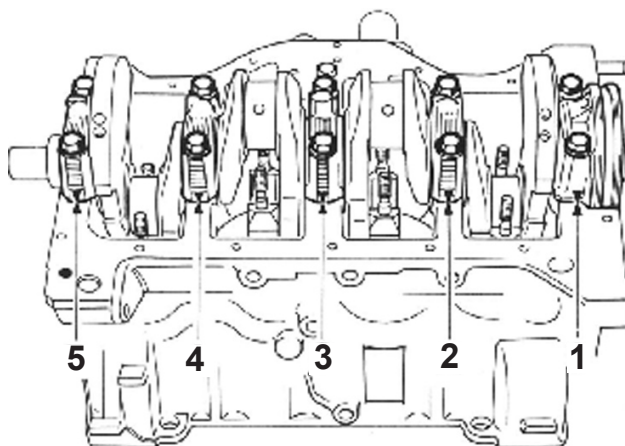


Fig.2.52 – Cambota com 5 (cinco) apoios montada sobre o cárter superior do bloco

Num motor **monocilíndrico** (com um cilindro apenas), a cambota é uma simples manivela apoiada no bloco do motor através de 2 (dois) apoios, como mostra a figura 2.53.

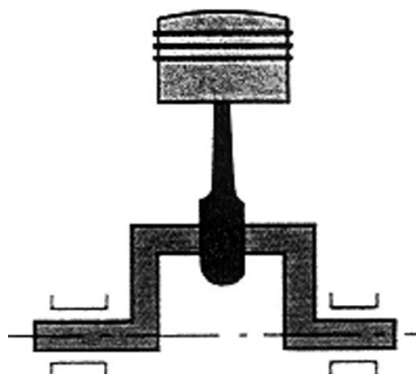


Fig.2.53 – Cambota de motor monocilíndrico com 2 (dois) apoios

Num motor **policilíndrico** (com vários cilindros), a cambota é uma série de manivelas apoiadas no bloco do motor através de vários apoios, como mostram as figuras 2.54 e 2.55.

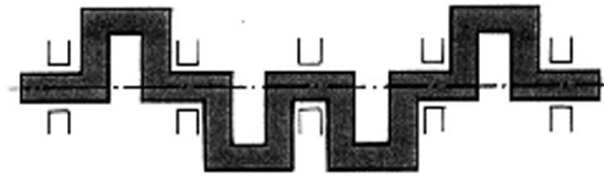


Fig.2.54 – Cambota de motor de 4 (quatro) cilindros em linha e 5 (cinco) apoios

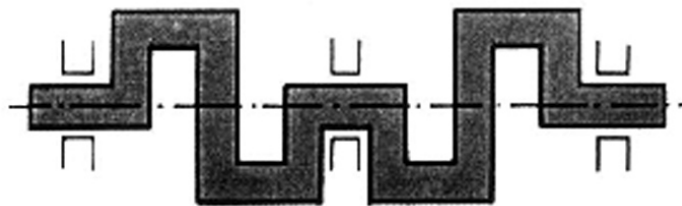


Fig.2.55 – Cambota de motor de 4 (quatro) cilindros em linha e 3 (três) apoios. dois apoios

Aumentando o número de apoios da cambota, aumenta-se a rigidez da cambota.

Diminuindo o número de apoios da cambota, reduz-se o atrito.

Os apoios da cambota são revestidos com casquilhos ou capas anti-fricção, também chamadas “**bronzes**”, semelhantes às usadas nas cabeças das bielas, como mostra a figura 2.56.

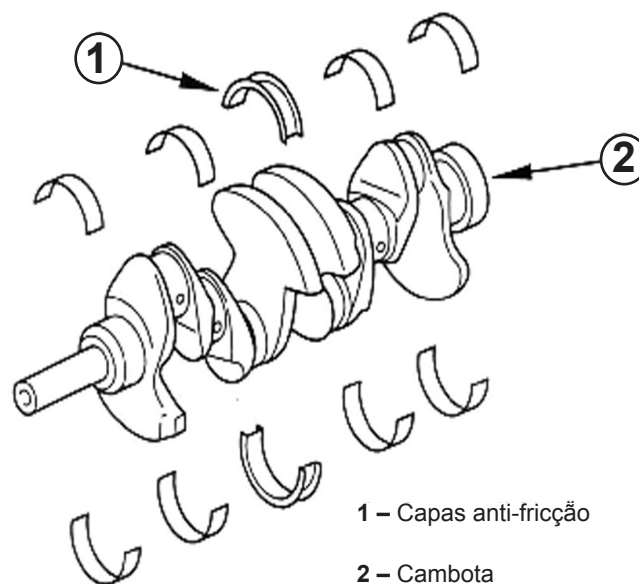


Fig.2.56 – Cambota e capas anti-fricção (bronzes)

Aparentemente simples mas na realidade fruto de tecnologia muito avançada, os modernos **casquilhos** ou **capas anti-fricção** de cambota (também conhecidas por “bronzes”), são constituídas por camadas de aço cobertas por um fino estrato de material “anti-fricção” (poucas décimas de milímetro), obtido por fusão ou por sinterização.

As capas são **divididas em duas metades** para permitir as operações de montagem / desmontagem.

A figura 2.57 mostra uma capa de cambota (bronze).

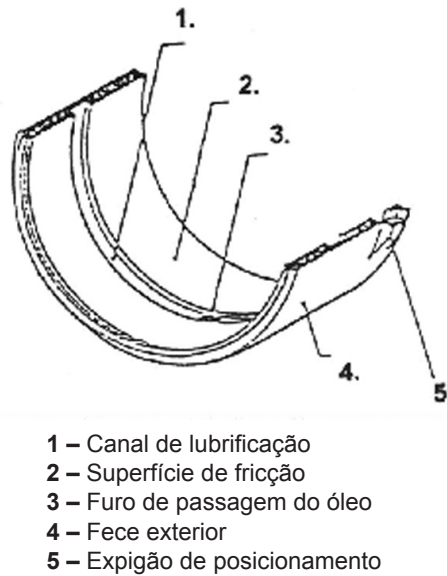


Fig.2.57 - Capa de cambota (bronze)

Os **materiais** “anti-fricção actualmente mais utilizados nas capas dos apoios de cambota (bronzes) são o chumbo/cobre e o alumínio/estanho e o níquel.

Por vezes, o efeito anti-fricção é obtido por 2 (duas), 3 (três) e até 4 (quatro) **finíssimas camadas**, como mostra a figura 2.58.

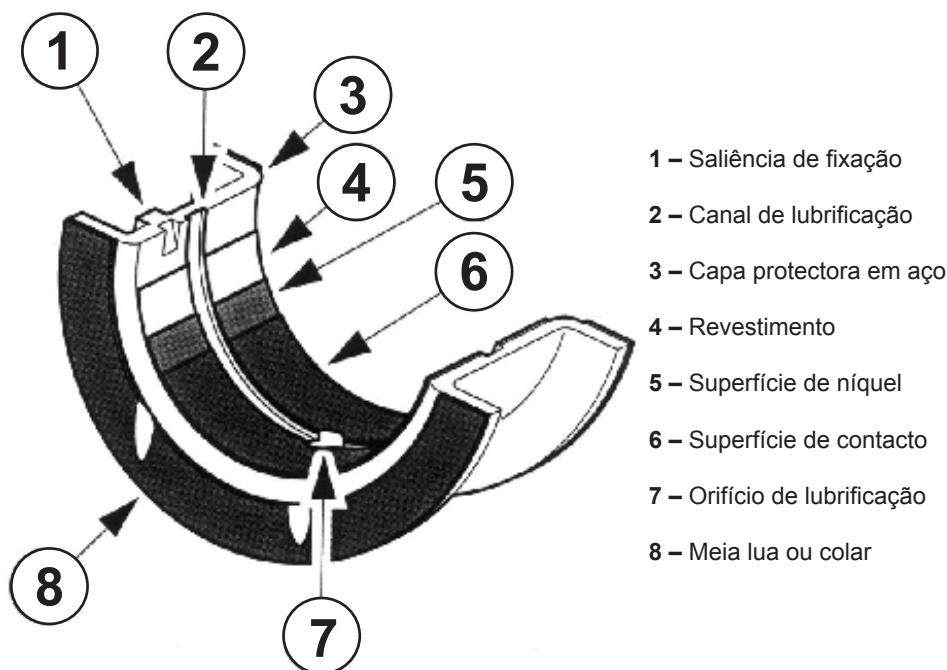


Fig.2.58 - Capa de cambota (bronze)

O apoio central da cambota, ou aquele que se encontra mais perto do volante do motor, está provido de capas em forma de meia lua, com o objectivo de limitar o deslocamento axial da cambota, como mostram as figuras 2.59 e 2.60. A capa da figura 2.58 é uma capa deste tipo.

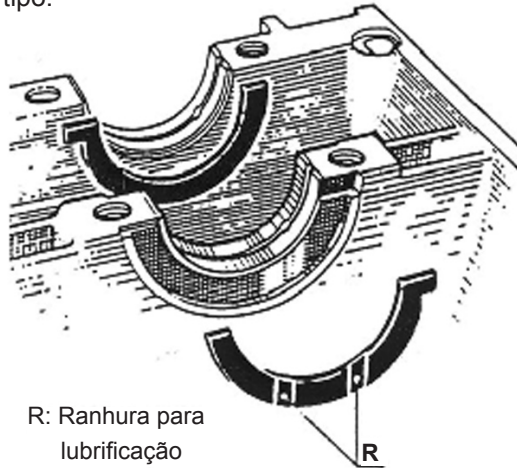


Fig.2.59 – Capas em meia lua no apoio da cambota mais perto do volante do motor

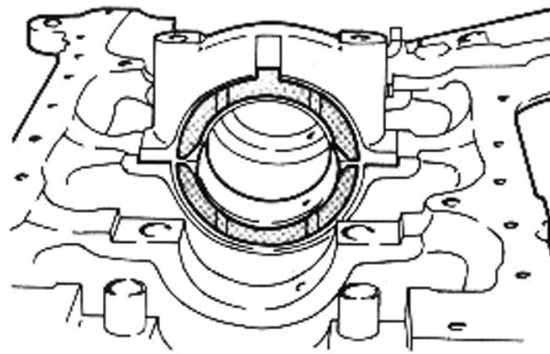


Fig.2.60 – Apoio central da cambota

No apoio da cambota mais perto do volante do motor, é montado um **retentor**, para impedir a saída de óleo para o exterior.

A figura 2.61 mostra o retentor sobre o disco da cambota. No lado oposto da cambota e pelo mesmo motivo, existe também um retentor de óleo.

A **folga** correcta entre os moentes da cambota e as capas (bronzes) é muito importante. A medida correcta da folga é dada pelo fabricante.

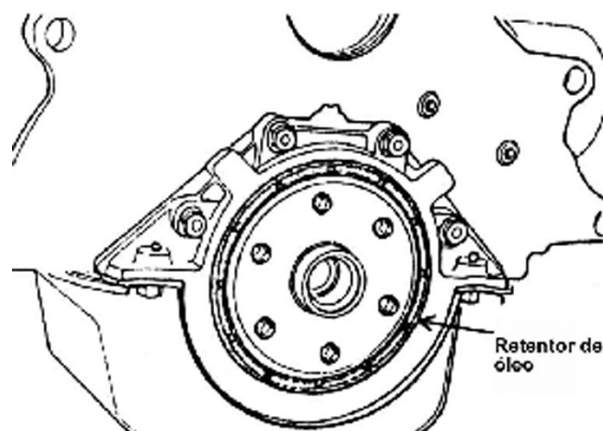


Fig.2.61 – Retentor de óleo da cambota

Deverá existir espaço (folga) suficiente para o óleo de lubrificação. No entanto, se esse espaço (folga) for excessivo, haverá fuga de óleo e a lubrificação será deficiente. **A capa da cambota será destruída.**

A **lubrificação da capa** (bronze) é efectuada por óleo fornecido pela bomba de óleo sob pressão, aos apoios.

Os moentes da cambota deslocam-se sobre uma **película de óleo**, que evita o contacto directo entre os componentes metálicos, como mostra a figura 2.62.

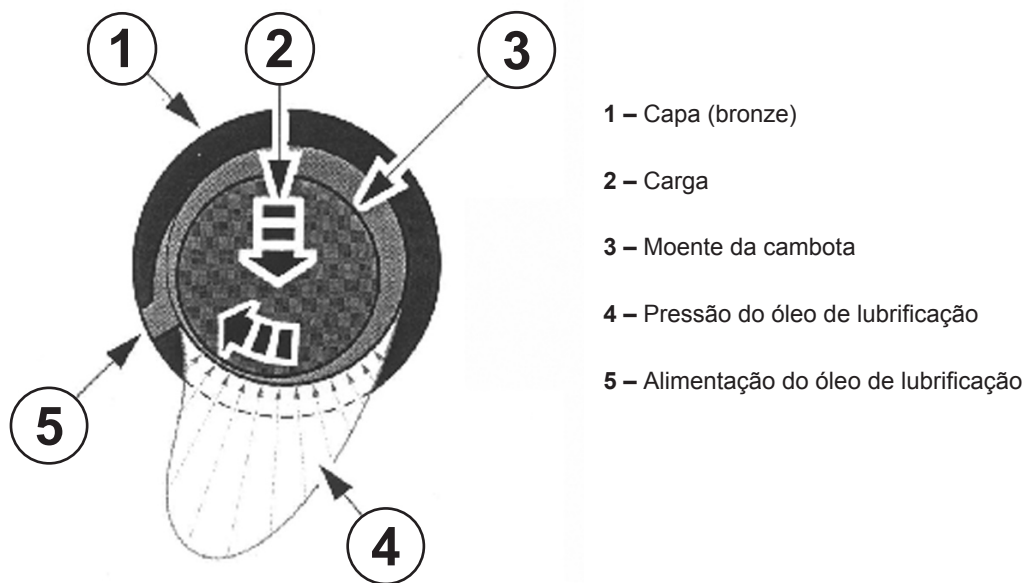


Fig.2.62 – Lubrificação das capas

A cambota deve ter as seguintes características:

Ser **rígida** para resistir a esforços de flexão e de torção.

Ser perfeitamente **equilibrada**, tanto em repouso (equilíbrio estático) como em movimento (equilíbrio dinâmico). Devido ao modo de funcionamento do motor de combustão interna, a transmissão de forças dos êmbolos à cambota é feita de modo irregular. Os moentes onde se fixam as bielas não estão alinhados com o eixo da cambota, o que aliado ao movimento alternativo das mesmas junto com os êmbolos, dá origem a desequilíbrios.

Se a cambota não for equilibrada, podem surgir grandes oscilações e vibrações que em caso extremo podem levar à ruptura da cambota.

Assim, para o equilíbrio da cambota, esta é composta por **contrapesos** em oposição aos moentes que formam com eles uma peça única, como mostra a figura 2.63.

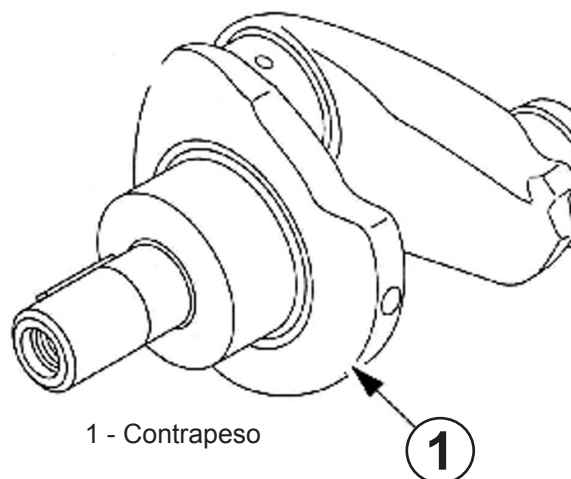


Fig.2.63 – Contrapesos da cambota

No interior da cambota, existem canalizações para a **passagem do óleo de lubrificação** entre os moentes de apoio da cambota e os moentes das bielas, como mostra a figura 2.64.

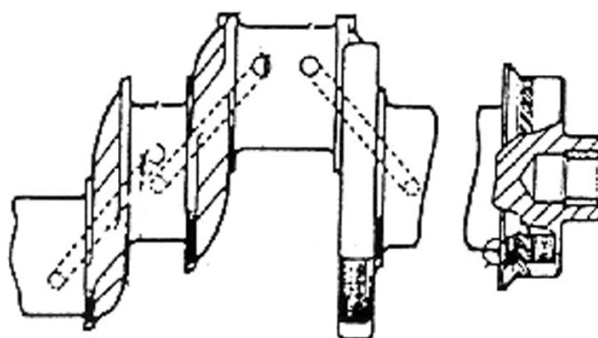


Fig.2.64 – Canais de lubrificação da cambota

2.1.10 - VOLANTE DO MOTOR

2.1.10.1 – DESCRIÇÃO DO VOLANTE DO MOTOR

Os impulsos transmitidos à cambota devidos às combustões nos cilindros, não são contínuos. Quando a cambota efectua o seu movimento de rotação, existem momentos em que lhe são aplicados impulsos que tendem a acelerá-la e momentos em que lhe são aplicados impulsos que tendem a desacelerá-la, fazendo com que a cambota não efectue um movimento de rotação regular.

Para regularizar o movimento de rotação da cambota, existe o chamado **volante do motor** ou **de inércia** (Fig.2.65).

O **volante do motor** consiste numa roda de peso elevado que é aplicado a um dos extremos da cambota.

O volante do motor opõem-se às variações de regime de rotação da cambota, pelo efeito de inércia devido ao seu peso, armazenando a energia recebida em cada impulso motor e devolvendo-a quando este termina.

No perímetro exterior do volante do motor é montada uma **coroa dentada** (Fig.2.66), que serve para accionar o motor de arranque, no momento de pôr o motor a trabalhar.

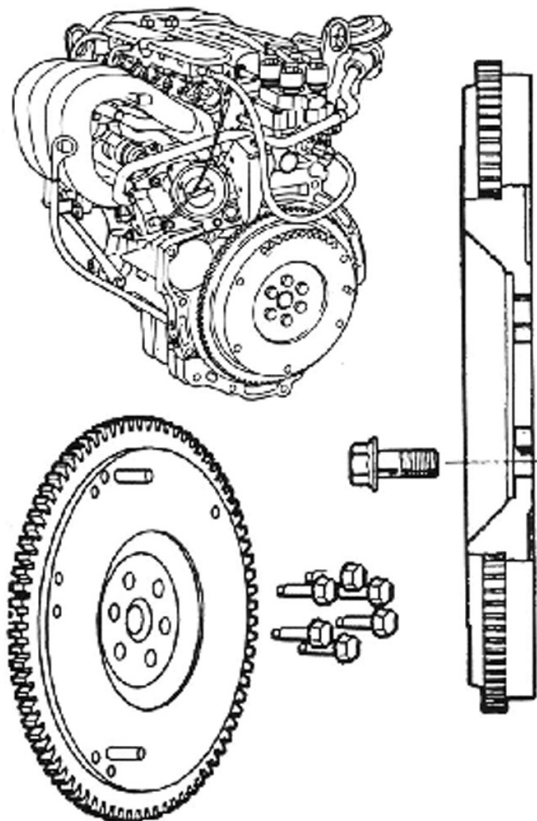


Fig.2.65 – Volante do motor

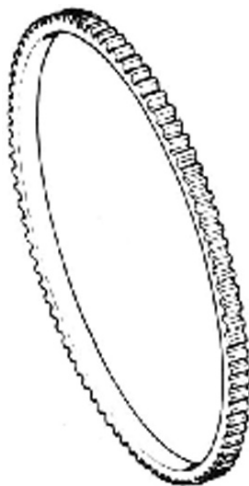


Fig.2.66 – Coroa dentada do volante do motor

2.1.10.2 – CARACTERÍSTICAS DO VOLANTE DO MOTOR

O volante do motor tem as seguintes características:

É montado na cambota através de parafusos autoblocantes, **numa única posição possível**.

É **equilibrado em conjunto com a cambota**, com uma precisão que será tanto maior quanto mais potente for o motor.

Sobre a face externa do volante do motor perto da periferia, encontram-se por vezes gravadas as **marcas de P.M.S.** (ponto morto superior) e de **avanço à ignição**, para permitir a regulação da distribuição e da ignição.

No perímetro exterior existe uma **coroa dentada** (Fig.2.66), que serve para accionar o motor de arranque.

É geralmente **fabricado em aço** ou ferro fundido.

No **dimensionamento do volante do motor** há, entre outros, os seguintes factores a considerar:

Número de cilindros

Quanto maior for o número de cilindros do motor, menor será o desfasamento entre os tempos motores dos diferentes cilindros, maior será o equilíbrio da cambota, mais regular será o seu movimento de rotação e como tal menor poderá ser a massa do volante do motor (o volante do motor pode ser mais pequeno).

Condições de arranque do motor

O arranque do motor é facilitado com um volante com grande inércia. Assim, acumula-se uma grande quantidade de energia na primeira fase útil, para superar depois as fases passivas.

Ralenti

A marcha ao ralenti tal como o arranque do motor e, pela mesma razão, é facilitada com um volante com grande inércia.

Aceleração

Para assegurar uma aceleração rápida o peso do volante do motor deverá ser o menor possível.

2.1.11 - AMORTECEDOR DE VIBRAÇÕES OU DAMPER

As forças provocadas pelas combustões são transmitidas à cambota através dos êmbolos e das bielas. Devido a estas forças e à inércia do volante do motor, a cambota durante o seu movimento de rotação está submetida a **esforços de torção**.

Devido a estes esforços, que são variáveis, as manivelas da cambota tendem a torcer-se elasticamente. Após torcer-se cada manivela tende a voltar à sua forma primitiva.

A cambota procura resistir a estas torções, mas a repetição rápida deste fenómeno provoca **vibrações**.

A uma determinada velocidade de rotação estas vibrações podem atingir grandes amplitudes, alcançando os **limites de ressonância**, tornando-se desconfortáveis para os passageiros do veículo e, provocar ou não danos na cambota.

Para amortecer estas vibrações, é utilizado o chamado **amortecedor de vibrações**, também denominado **Damper**.

O **amortecedor de vibrações** consiste num dispositivo que é colocado no extremo da cambota oposto ao do volante do motor, junto à polia da cambota.

Existem 2 (dois) tipos de amortecedores de vibrações:

Amortecedor ou Damper mecânico.

Amortecedor ou Damper fluido.

2.1.11.1 - AMORTECEDOR ou DAMPER FLUIDO

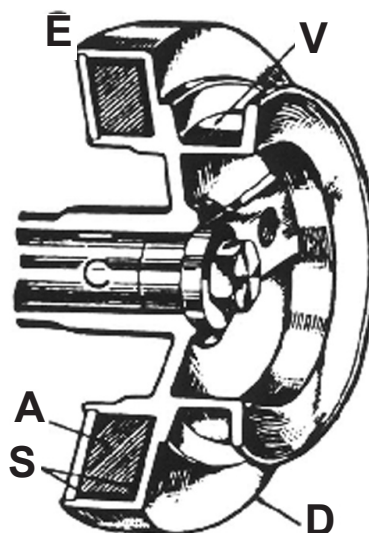
A figura 2.67 mostra um exemplo de um amortecedor deste tipo.

O amortecedor fluido (D) é montado no extremo da cambota (C), oposto ao do volante do motor, sendo composto pela polia da cambota (V) e por um anel oco (E) fechado hermeticamente. Dentro do anel oco (E) existe um aro de peso elevado (A). No interior do anel oco (E) no espaço compreendido entre ele e o aro (A), existe um líquido viscoso (S) que é normalmente silicone.

O amortecimento é efectuado porque a inércia do aro (A) atenua as vibrações do anel (E), graças à viscosidade elástica que os une provocada pelo líquido viscoso (S). Consequentemente dá-se o amortecimento da cambota (C).

Quanto maior for a velocidade de rotação, maior é a concentração do líquido viscoso junto às bordas do anel (E) devido à força centrífuga, mais firme fica a ligação elástica entre o anel (E) e o aro (A) e logo mais atenuadas são as vibrações.

Quanto maior for a velocidade de rotação, maior é a concentração do líquido viscoso junto às bordas do anel (E) devido à força centrífuga, mais firme fica a ligação elástica entre o anel (E) e o aro (A) e logo mais atenuadas são as vibrações.



A – Aro; C – Cambota; D – Amortecedor fluido; E – Anel oco; S – Líquido viscoso; V - Polia da cambota

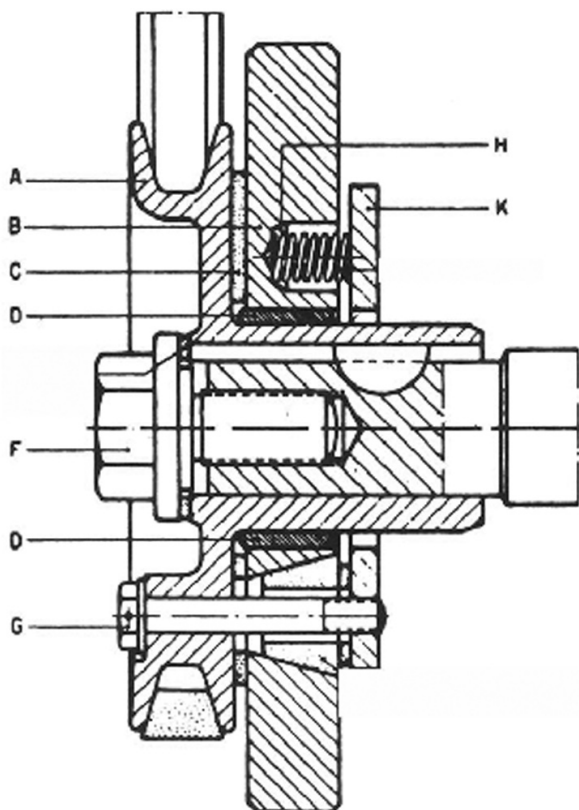
Fig.2.67 – Amortecedor ou Damper fluido

2.1.11.2 - AMORTECEDOR ou DAMPER MECÂNICO

A figura 2.68 mostra um exemplo de um amortecedor deste tipo.

O amortecedor é montado no extremo da cambota oposto ao do volante do motor.

É formado pela polia da cambota (A) à qual é fixado um disco de fricção (C) e contra o



A – Polia da cambota; B – Volante; C – Disco de fricção; D – Casquilho de bronze; F – Parafuso; G - Parafuso; H - Mola; K - Placa

qual é aplicado um disco ou volante pesado (B). O volante (B) é mantido na sua posição através de umas molas (H) que se encontram distribuídas ao longo de toda a periferia e se apoiam numa placa (K). Esta placa (K) é fixada à polia (A) através de parafusos (G). Por sua vez, a polia (A) encontra-se fixada à cambota por intermédio do parafuso (F).

O deslizamento do volante (B) sobre a polia (A) é efectuado com a interposição de um casquilho de bronze (D).

O amortecimento acontece, porque enquanto a polia (A) gira solidária com a cambota, o volante (B) acompanha as flutuações das vibrações, provocando um acoplamento entre ambos com interposição do disco de fricção (C), o que faz atenuar as vibrações.

Fig.2.68 – Amortecedor ou Damper mecânico

2.2 - CABEÇA DO MOTOR (MOTOR A GASOLINA)

A cabeça do motor é um bloco, que é montado na parte superior do bloco do motor, como mostra a figura 2.69.

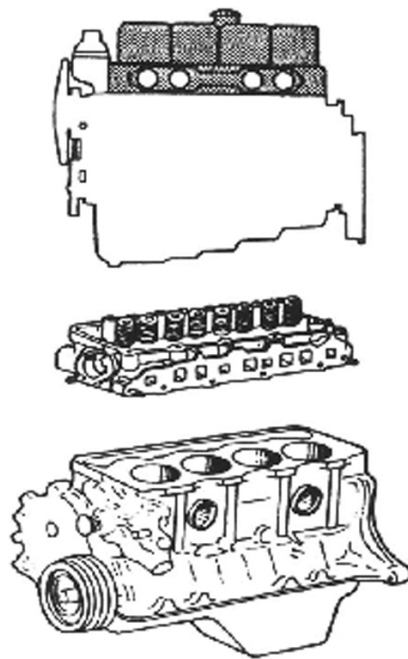


Fig.2.69 – Cabeça do motor

A cabeça do motor é fixa ao bloco do motor por meio de parafusos (Fig.2.80) ou pernos roscados e porcas, com a interposição de uma junta de estanqueidade (Fig.2.76).

Na cabeça do motor podem existir os seguintes componentes:

Conduto dos gases de admissão e de escape

Árvore de cames

Válvulas de admissão e de escape

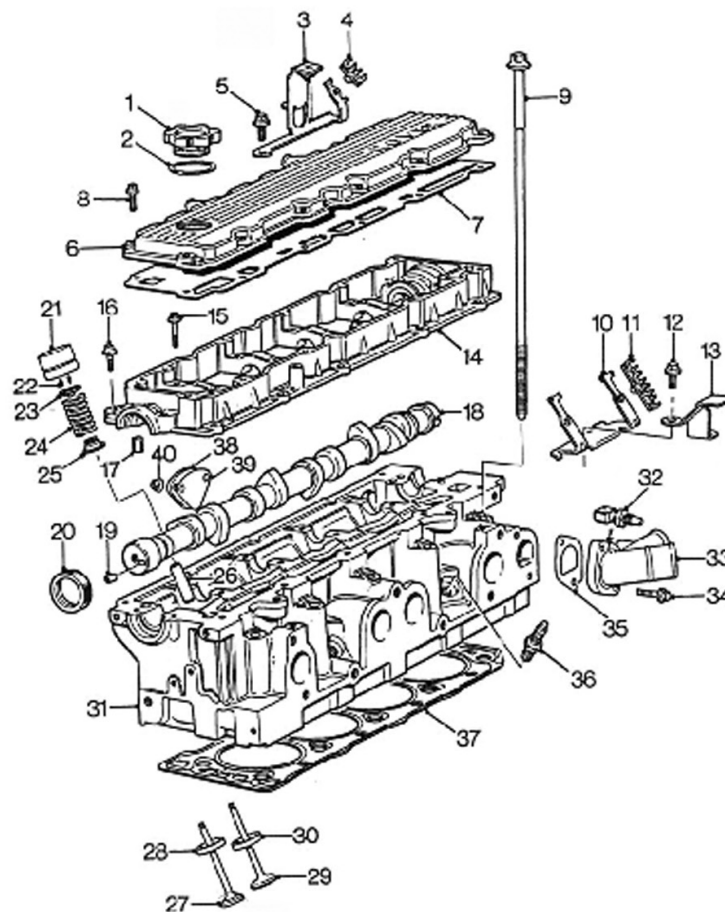
Molas das válvulas, touches e balanceiros

Velas de ignição

Câmara de arrefecimento

Câmaras de combustão

A figura 2.70 mostra um exemplo de uma cabeça do motor, com todos os componentes a ela associados.



- | | |
|--|--|
| 1 – Tampão | 21 – Touche hidráulica |
| 2 – Vedante do tampão | 22 – Meias luas – válvula |
| 3 – Suporte de fixação do cabo de alta tensão | 23 – Prato da mola da válvula |
| 4 – Clipe – 2 cabos de alta tensão | 24 – Mola da válvula |
| 5 – Parafuso, suporte | 25 – Vedante da válvula |
| 6 – Tampa da árvore de cames | 26 – Guia da válvula |
| 7 – Junta | 27 – Válvula de escape |
| 8 – Parafuso – tampa da árvore de cames | 28 – Sede de válvula embutida |
| 9 – Parafuso da cabeça do motor | 29 – Válvula de admissão |
| 10 – Suporte de fixação do cabo de alta tensão | 30 – Sede de válvula embutida – admissão |
| 11 – Clipe – 4 cabos de alta tensão | 31 – Cabeça do motor |
| 12 – Parafuso, suporte | 32 – Sensor de temperatura do líquido de refrigeração |
| 13 – Suporte de fixação – conduta | 33 – Cotovelo de saída do líquido de refrigeração |
| 14 – Berço da árvore de cames | 34 – Parafuso – cotovelo de saída do líquido de refrigeração |
| 15 – Parafuso – berço da árvore de cames – comprido | 35 – Junta – cotovelo de saída do líquido de refrigeração |
| 16 – Parafuso – berço da árvore de cames – curto | 36 – Velas de ignição |
| 17 – Picolete – berço da árvore de cames | 37 – Junta da cabeça do motor |
| 18 – Árvore de cames | 38 – Placa de vedação da bomba de combustível – se existir |
| 19 – Pino de accionamento – carreto da árvore de cames | 39 – Junta |
| 20 – Retentor dianteiro da árvore de cames | 40 – Porcas – placa de vedação |

Fig.2.70 – Componentes da cabeça do motor

A figura 2.71 mostra um exemplo de um corte de uma cabeça do motor, onde se mostram os órgãos que nela estão alojados.

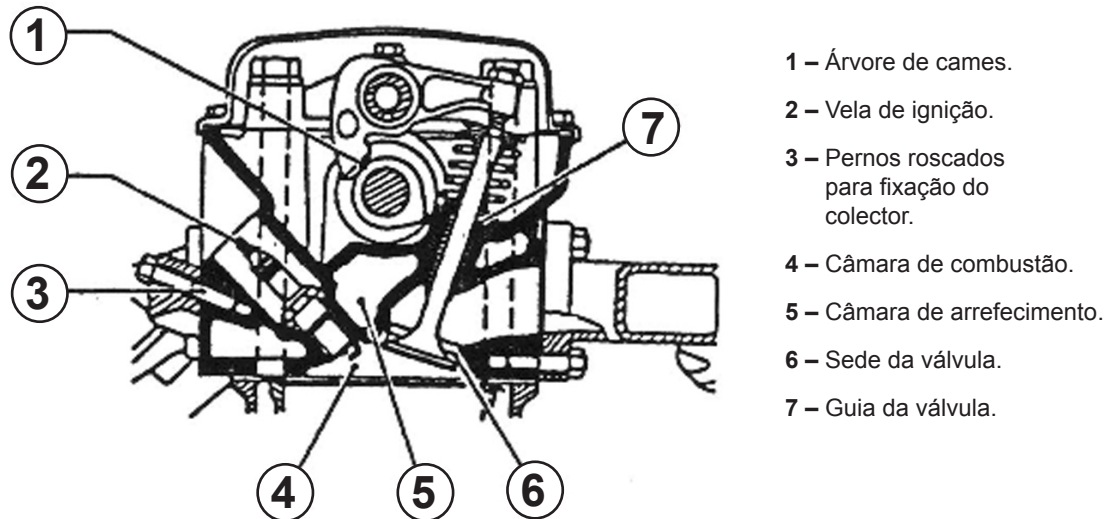


Fig. 2.71 - Cabeça do motor

Existem locais da cabeça do motor em que os materiais com que é fabricada não suportam as elevadas tensões e temperaturas geradas durante o funcionamento do motor. Por exemplo, no caso das cabeças fabricadas em **ligas de alumínio**, as válvulas são montadas em **guias de válvulas postiças** (Fig.2.72), fabricadas em ferro fundido ou bronze. Estas guias são montadas à pressão sobre a cabeça do motor.

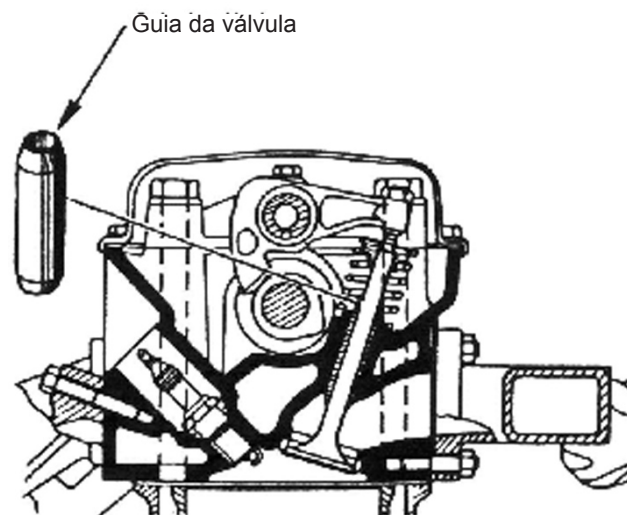


Fig.2.72 – Guias de válvulas postiças

O **arrefecimento da cabeça do motor** é muito importante, principalmente em volta das câmaras de combustão e das sedes das válvulas.

Para garantir o necessário arrefecimento, nos **motores arrefecidos a líquido**, a cabeça do motor dispõe de **câmaras de arrefecimento** por onde circula o líquido refrigerante destinado a absorver o excesso de calor, de modo a que a temperatura correcta de funcionamento do motor seja mantida.

A figura 2.73, mostra o exemplo de uma câmara de arrefecimento e galerias de uma cabeça de motor.

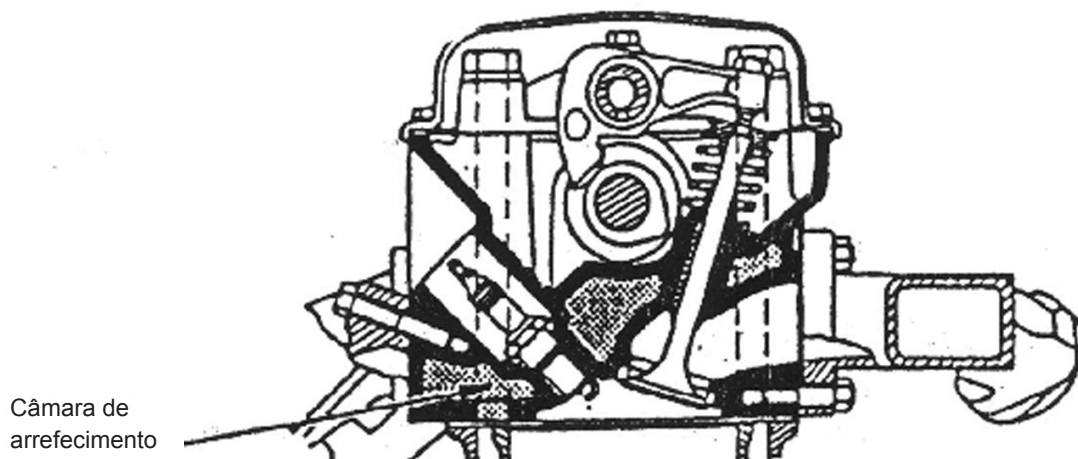


Fig. 2.73 - Câmara de arrefecimento

Nos **motores arrefecidos a ar**, a cabeça do motor está provida de **alhetas**, destinadas a aumentarem a superfície metálica que contacta com o ar por forma a haver uma melhor dissipação do calor, como mostra a figura 2.74.

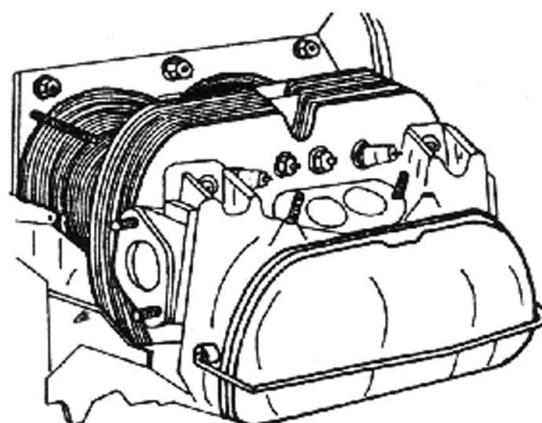


Fig.2.74 – Cabeça do motor arrefecida a ar

2.2.1 – CARACTERÍSTICAS DA CABEÇA DO MOTOR

As cabeças do motor devem ter as seguintes características:

Boa resistência às elevadas pressões e temperaturas dos gases da combustão

Boa condutibilidade térmica

Boa resistência à corrosão provocada pela combustão

Coefficiente de dilatação compatível com o do bloco do motor

As paredes das câmaras de combustão não devem ter irregularidades para evitar os pontos quentes ou riscos de auto-ignição.

2.2.2– MATERIAL DA CABEÇA DO MOTOR

A cabeça do motor é geralmente **fabricada em:**

Condutores dos gases de admissão e de escape

Árvore de cames

O ferro fundido é combinado com outros metais com características de elevada resistência, rigidez e condutividade térmica (bons condutores de calor).

As ligas de alumínio têm a **vantagem** de serem mais leves que o ferro fundido e de terem maior condutividade térmica (melhores condutoras de calor).

A figura 2.75 mostra uma **cabeça em liga de alumínio**, mostrando a superfície que se apoia no bloco do motor. Esta superfície é maquinada para assegurar que a junta faça uma perfeita vedação entre si e o bloco.

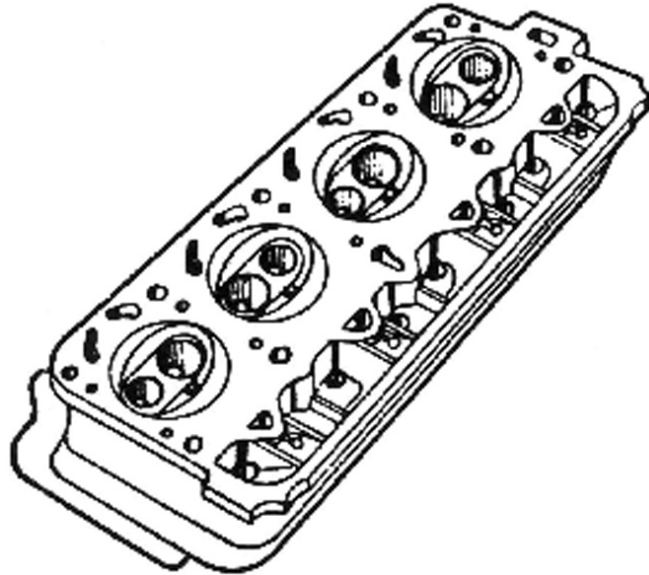


Fig.2.75 – Cabeça em liga de alumínio

2.2.3 – JUNTA DA CABEÇA DO MOTOR

A **junta da cabeça do motor** é uma junta especial de estanqueidade que é colocada entre a cabeça do motor e o bloco do motor, na chamada superfície de vedação ou superfície de assentamento da cabeça no bloco, como mostra a figura 2.76.

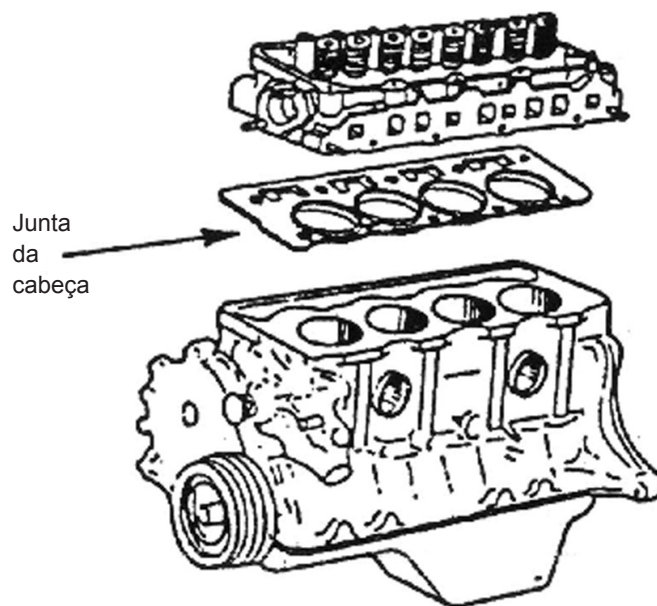


Fig.2.76 – Junta da cabeça do motor

A junta da cabeça do motor tem vários orifícios para diferentes funções, como mostra a vista em corte da figura 2.77.

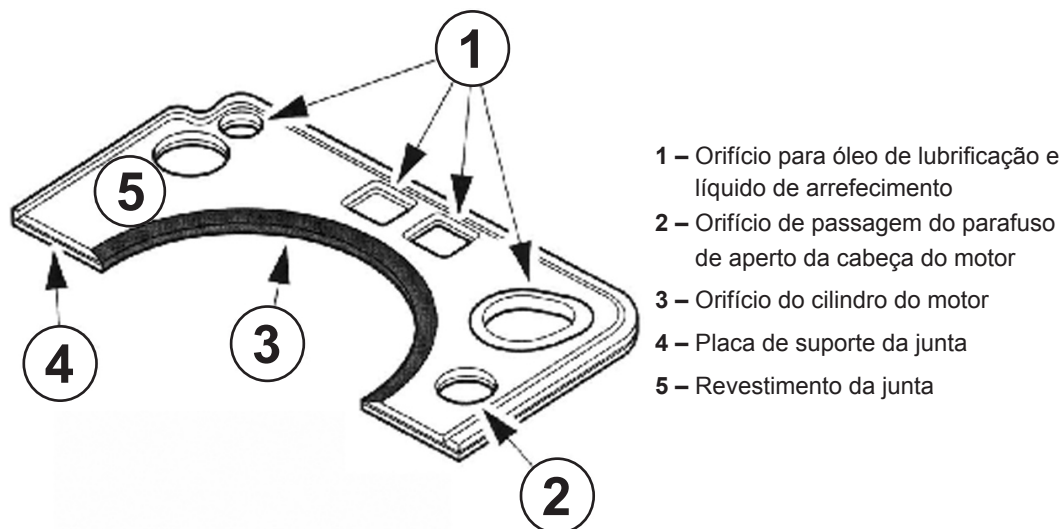


Fig.2.77 – Junta da cabeça do motor

2.2.4 – FUNÇÃO DA JUNTA DA CABEÇA DO MOTOR

A junta da cabeça do motor tem como função:

Assegurar uma união **perfeitamente estanque** entre a cabeça e o bloco do motor, impedindo a fuga dos gases dos cilindros, ou do líquido refrigerante que circula no bloco e na cabeça do motor.

Compensar as deformações existentes na superfície de vedação. Por isso, a junta deverá ser fabricada em material com elasticidade.

2.2.5 – MATERIAL DA JUNTA DA CABEÇA DO MOTOR

A junta da cabeça do motor pode ser fabricada de maneiras e materiais diferentes:

Placa de suporte com superfície em metal macio.

Material macio com cobertura em metal.

Enrançado metálico com superfície macia.

Junta metálica.

Junta metalo-plástica.

Placa de amianto coberta por folhas de aço, cobre ou alumínio.

2.2.6 – CÂMARA DE COMBUSTÃO (MOTOR A GASOLINA)

O **formato da câmara de combustão** desempenha um papel muito importante na eficiência com que se dá a combustão.

O formato da câmara de combustão condiciona:

A turbulência da mistura ar/combustível.

As perdas de calor pelas paredes. A superfície da câmara deve por isso ser reduzida.

A distância a percorrer pela frente de chama.

O tamanho da câmara de combustão é um factor determinante na **relação de compressão**.

Uma câmara de combustão bem concebida permite usar relações de compressão elevadas e obter combustões eficientes.

Por forma a favorecer uma **boa turbulência** da mistura ar/combustível, há que garantir um rápido e total enchimento do cilindro com gases frescos.

A câmara de combustão deve ter uma **configuração compacta**, para que o curso da combustão seja curto e os gases de escape sejam expelidos para o exterior rapidamente.

Os **formatos de câmaras de combustão mais utilizados**, são:

Câmara hemisférica (Fig.2.78)

Câmara em forma de telhado (Fig.2.79)

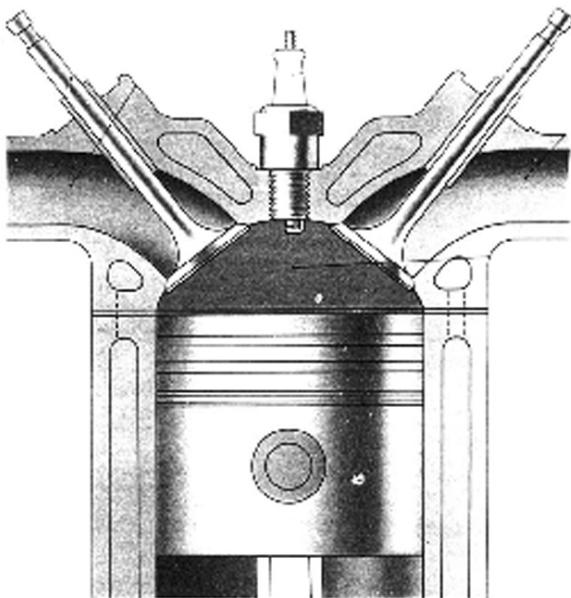


Fig.2.78 – Câmara hemisférica

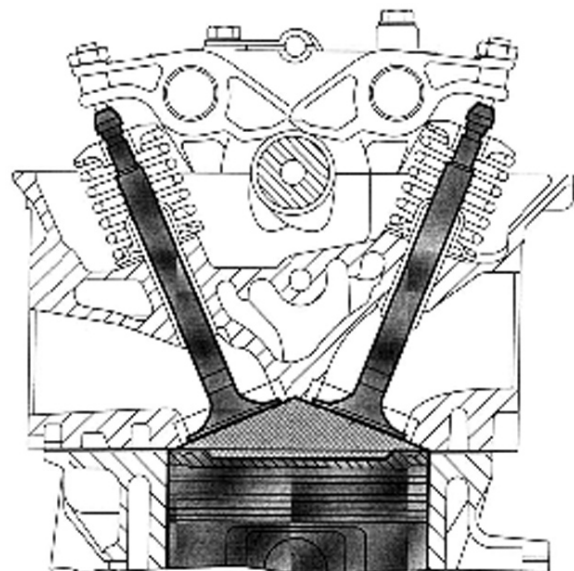


Fig.2.79 – Câmara em forma de telhado

As figuras 2.80. a 2.81 mostram exemplos de outros formatos de câmaras de combustão.

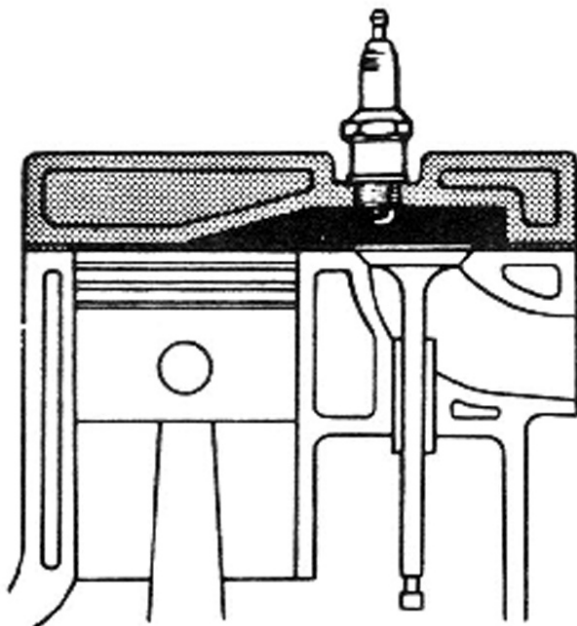


Fig.2.80 – Câmara de combustão de motor com válvulas laterais (pouco utilizado na actualidade)

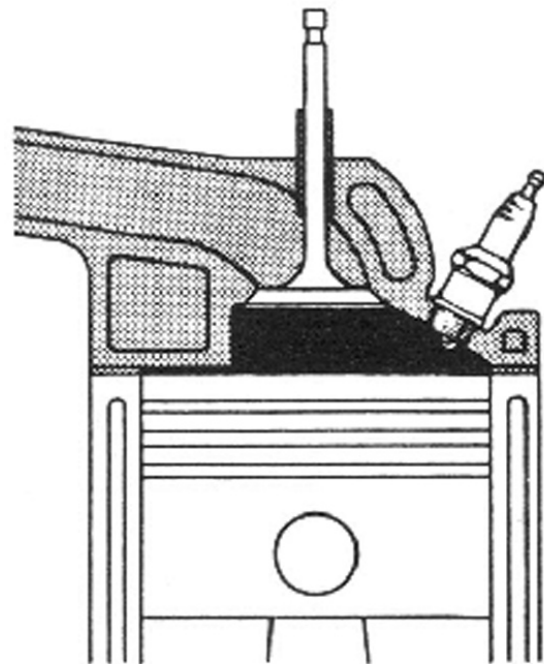
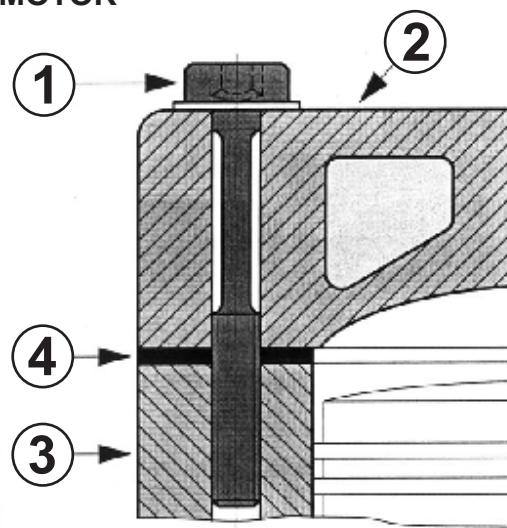


Fig.2.81 – Câmara de combustão de motor com válvulas alinhadas em relação à cambota

2.2.7 – PARAFUSOS DA CABEÇA DO MOTOR

Os parafusos da cabeça do motor servem para fixar a cabeça ao bloco do motor.

A figura 2.82 mostra um exemplo de um parafuso de uma cabeça de motor.



- 1 – Parafusos da cabeça do motor
- 2 – Cabeça do motor
- 3 – Bloco do motor
- 4 – Junta da cabeça do motor

Fig.2.82 – Parafuso da cabeça do motor

As indicações sobre a reutilização dos parafusos e os métodos de aperto são indicados pelo fabricante. **Devem ser sempre respeitados.**

Existem alguns métodos de aperto, como o **método de aperto em cruz** e de **aperto em caracol**. Normalmente o método mais utilizado é o método em cruz, em várias fases e de dentro para fora, como mostra a figura 2.83.

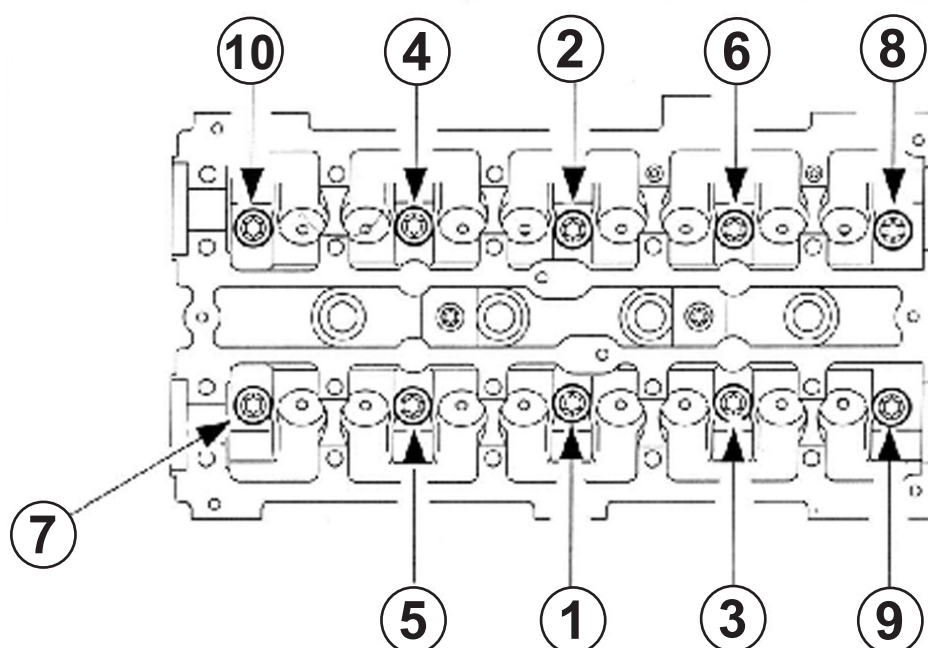


Fig.2.83 –Aperto em cruz

Os parafusos devem ser sempre apertados com uma **chave dinamómetro**.

2.3 – CABEÇA DO MOTOR (MOTOR DIESEL)

Os **motores diesel** trabalham com pressões de compressão muito elevadas e, geram uma grande quantidade de calor, que obriga a que a cabeça do motor tenha de ser muito **resistente e rígida**.

A figura 2.84. mostra a face de uma cabeça de motor (motor de injeção indirecta) que fica apoiada sobre o bloco do motor.

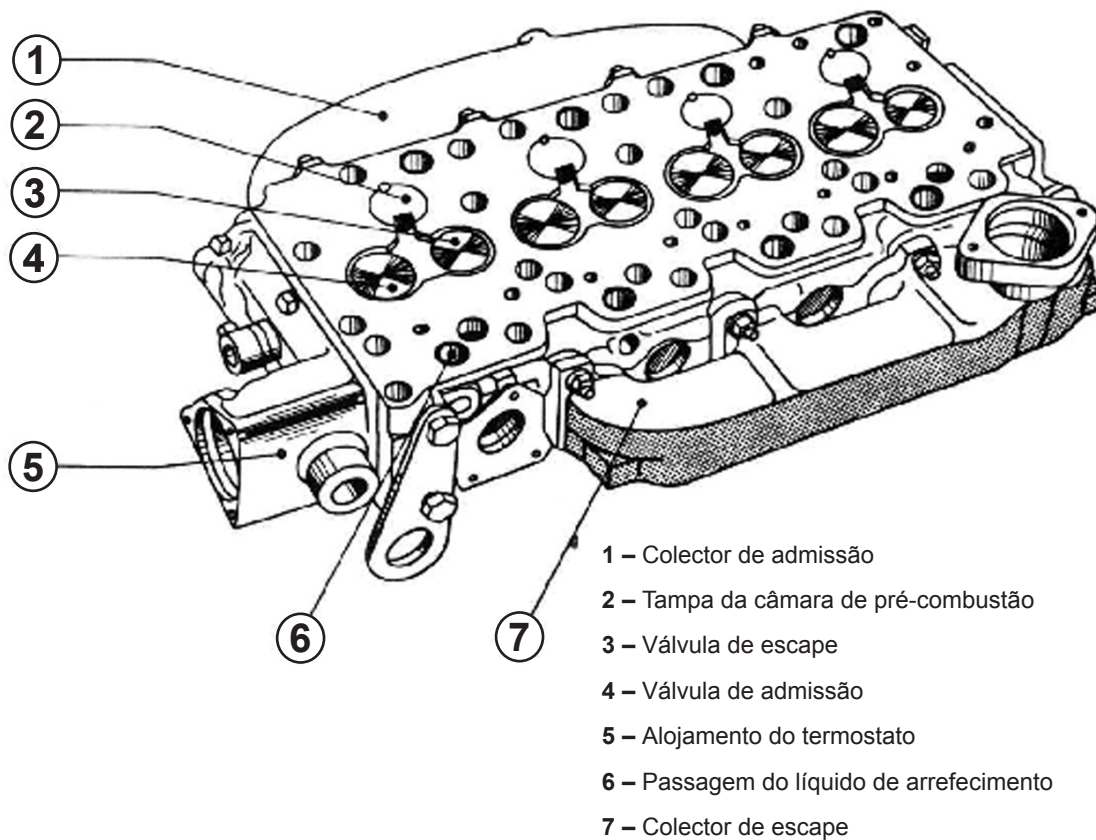


Fig.2.84 – Cabeça de motor diesel

As **câmaras de arrefecimento** são muito importantes nas cabeças dos motores diesel. O líquido de arrefecimento deve arrefecer as câmaras de combustão e a área em redor das válvulas e do injector.

A figura 2.85 mostra partes características da cabeça de um motor diesel.

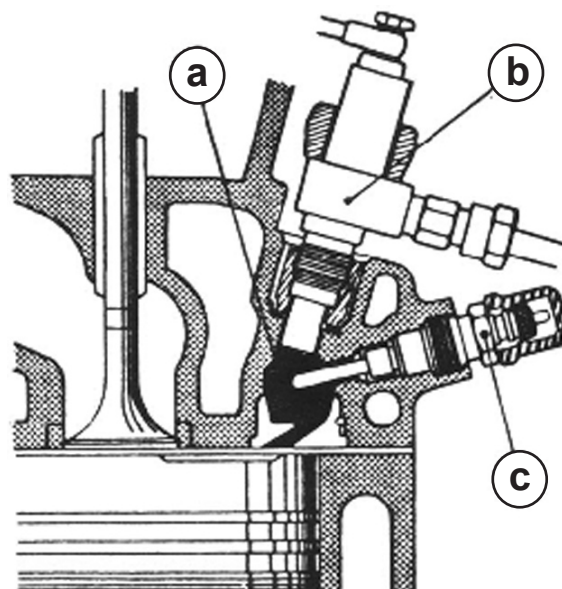


Fig.2.85 – Cabeça de motor (diesel)

2.3.1 – MATERIAL DA CABEÇA DO MOTOR (MOTOR DIESEL)

As cabeças dos motores diesel são geralmente **fabricadas em:**

Ferro fundido

Liga de alumínio

O ferro fundido é combinado com outros metais com características de elevada resistência, rigidez e condutividade térmica (bons condutores de calor).

As ligas de alumínio têm a **vantagem** de serem mais leves que o ferro fundido e de terem maior condutividade térmica (melhores condutoras de calor). São utilizadas normalmente, em motores diesel pequenos.

2.3.2 – CÂMARA DE COMBUSTÃO (MOTOR DIESEL)

Num motor diesel, o tipo de câmara de combustão é muito importante, tendo em vista a eficiência com que se queima o combustível nela injectado.

As câmaras de combustão têm formatos especiais, das quais se podem destacar as seguintes:

Câmara de combustão **de injeção directa**

Câmara de combustão com **câmara de turbulência**

Câmara de combustão com **câmara de pré-combustão**

Câmara de combustão com **célula de reserva de energia**

2.3.2.1 – CÂMARAS DE COMBUSTÃO – INJEÇÃO INDIRECTA

No processo de **injecção indirecta**, o gasóleo é injectado numa câmara de injecção separada da câmara de combustão principal (que se encontra no interior do cilindro) através de um canal.

É um sistema térmicamente menos eficiente, mas por natureza menos barulhento e com funcionamento mais suave que o sistema de injecção directa.

A figura 2.86 mostra uma **câmara de turbulência**. Este tipo de câmara é constituído por uma cavidade esférica, ligada por um canal estreito à câmara principal existente no cilindro. É nesta câmara que se encontra o injector.

Uma parte da **câmara de turbulência** pode ser feita em aço e, fixada à cabeça do motor de modo a que possa ser substituída quando danificada, como mostra a figura 2.87.

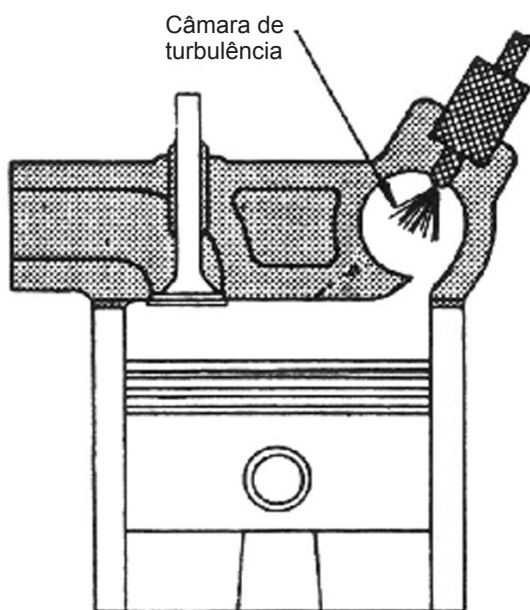


Fig.2.86 – Câmara de turbulência

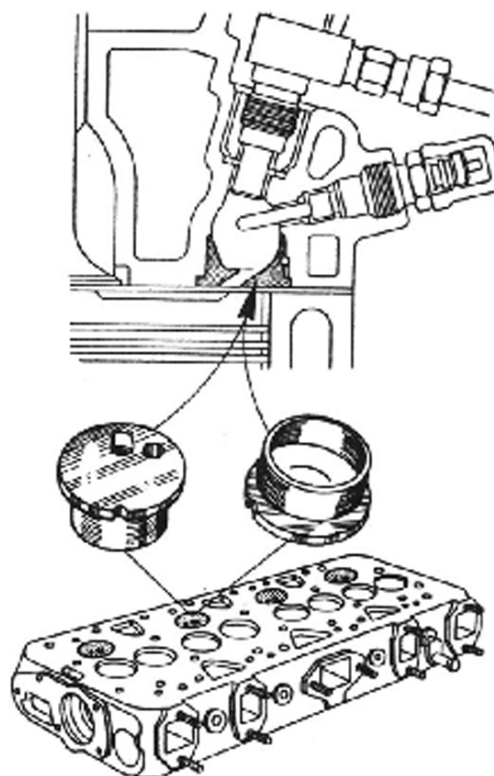


Fig.2.87 – Câmara de turbulência

A câmara principal é a parte formada pelo espaço compreendido entre a cabeça do motor e a coroa do êmbolo. A câmara principal tem normalmente, uma parte rebaixada na coroa do êmbolo na zona onde desemboca a câmara de turbulência, como mostra a figura 2.88.

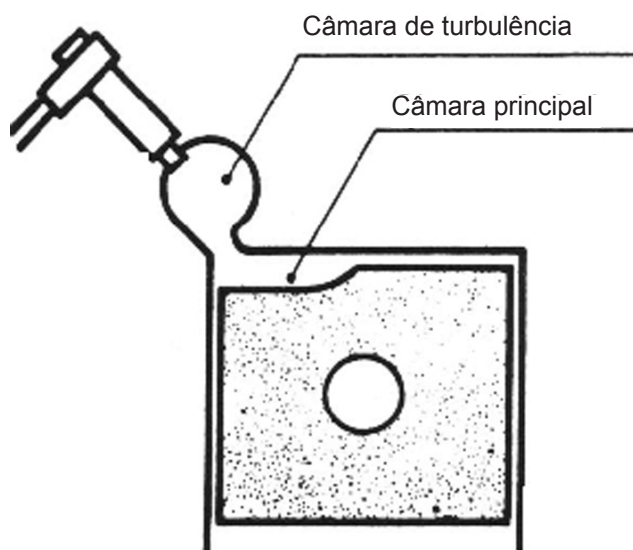


Fig.2.88 – Câmara de turbulência e câmara principal

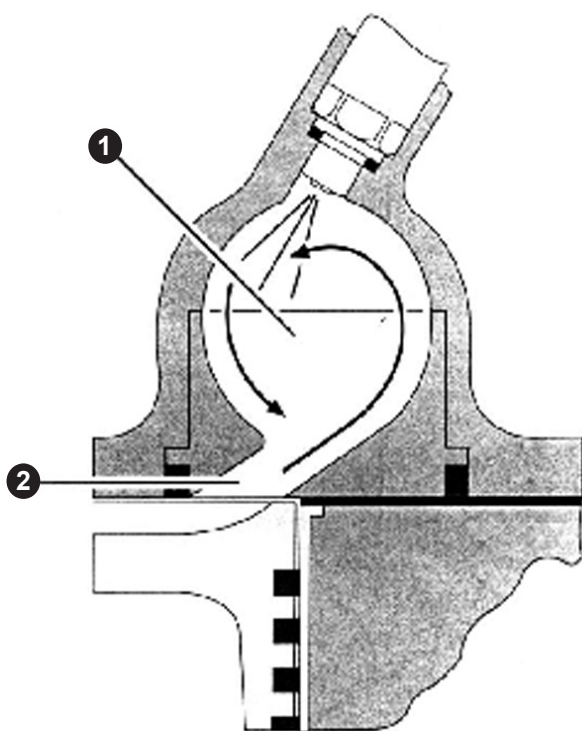


Fig.2.89 – Fluxo de ar na câmara de turbulência

A subida do êmbolo no tempo de compressão, faz passar o ar da câmara principal para a câmara de turbulência, adquirindo o ar um movimento de turbilhão, como mostra a figura 2.89.

Quando se dá a injeção do combustível na câmara de turbulência, o combustível mistura-se com o ar inflamando-se dando início à combustão. A pressão na câmara de turbulência aumenta rapidamente devido à expansão dos gases inflamados que passam entretanto para a câmara principal (onde se encontra ar) onde se dá a continuação e final da combustão.

A forte turbulência que se cria permite a utilização de **injectores de um único orifício**.

Existem casos, em que a **câmara de turbulência está situada lateralmente em relação ao cilindro** (colocada no bloco do motor e não na cabeça do motor), como mostra a figura 2.90.

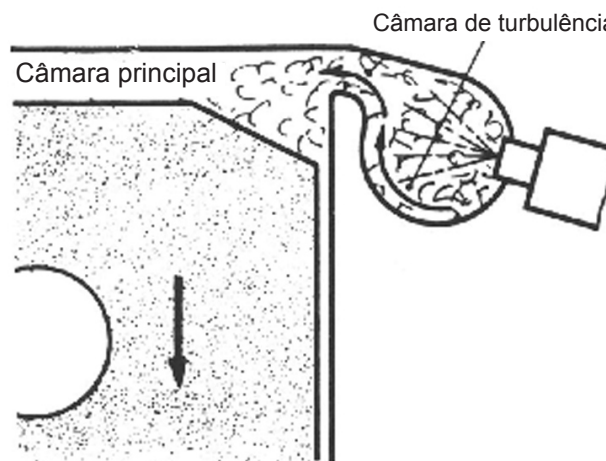


Fig.2.90 – Câmara de turbulência em posição lateral

A **câmara de pré-combustão** é um tipo de câmara que é implantada na cabeça do motor e comunica com a câmara principal no cilindro através de um canal estreito, como mostra o exemplo da figura 2.91, ou através de vários orifícios calibrados. É nesta câmara que se encontra o injetor.

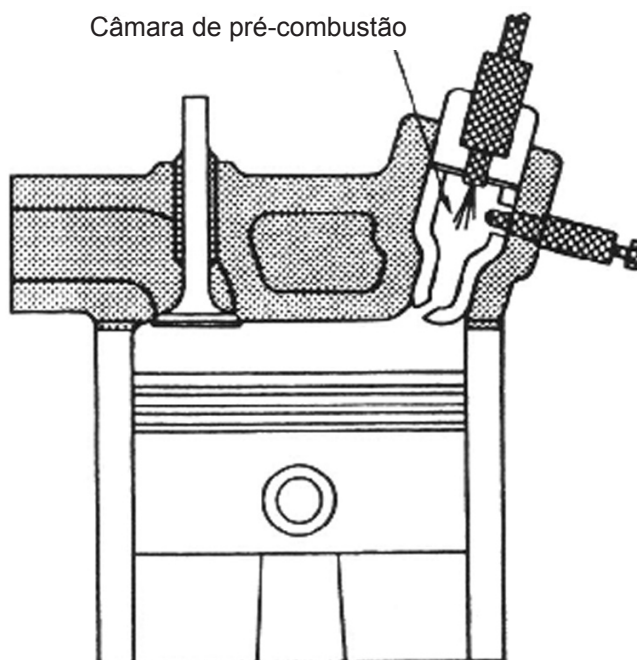


Fig.2.91 – Câmara de pré-combustão

Esta câmara é fabricada em aço e, se necessário poderá ser substituída pelo lado de fora da cabeça do motor.

Enquanto no caso da **câmara de turbulência**, a turbulência é criada pela entrada de ar na câmara de turbulência quando o êmbolo sobe, no caso da **câmara de pré-combustão** gera-se turbulência devido à expulsão dos gases já queimados da câmara de pré-combustão e à sua passagem pelos canais de comunicação entre esta câmara e a câmara principal.

A figura 2.92 mostra um exemplo da chamada câmara de combustão com **célula de reserva de energia**.

Esta câmara é dividida em duas partes:

Câmara principal

Célula de reserva de energia

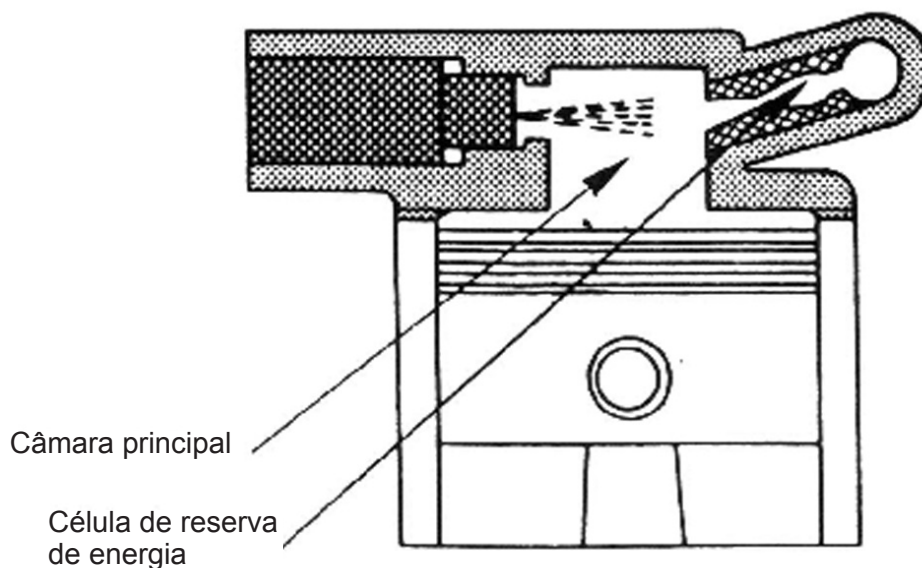


Fig.2.92 – Câmara com célula de reserva de energia

2.3.2.2 – CÂMARAS DE COMBUSTÃO – INJEÇÃO DIRECTA

Sendo **injecção directa**, a injecção de gasóleo é efectuada pelo injetor, directamente na câmara de combustão no volume formado entre a cabeça do cilindro e a coroa do êmbolo.

Este sistema é geralmente utilizado em motores grandes montados em veículos comerciais, mas a sua aplicação tem vindo a aumentar em motores pequenos e de alta velocidade.

A câmara de combustão não se encontra na cabeça do motor, mas encontra-se **cavada na cabeça (coroa) do êmbolo**, como mostra a figura 2.93.

Neste sistema o tipo de cabeça do motor é conhecido por **cabeça plana**.

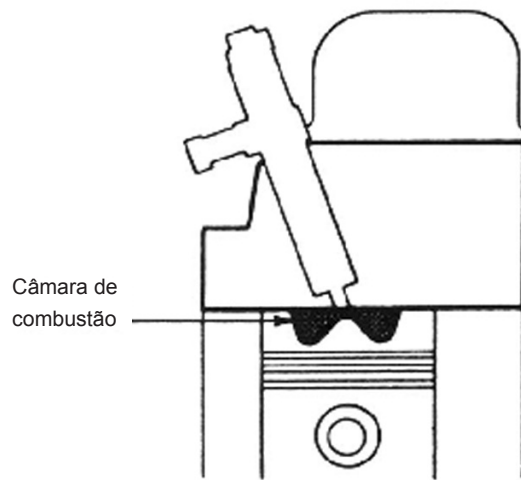
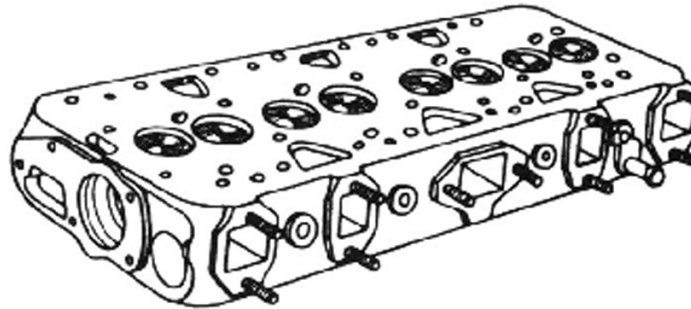
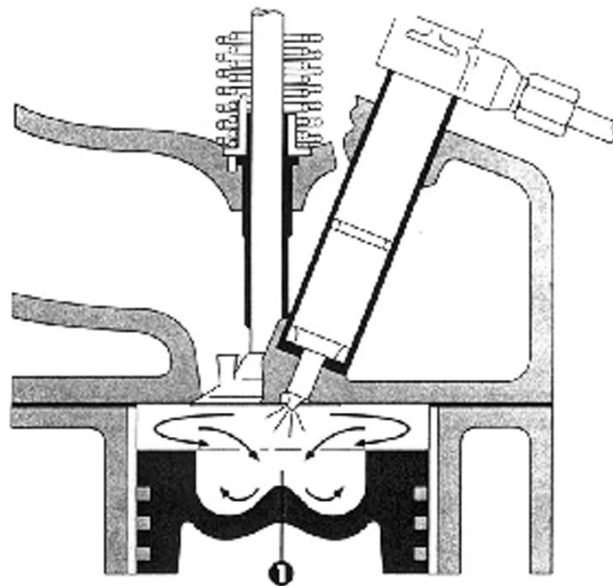


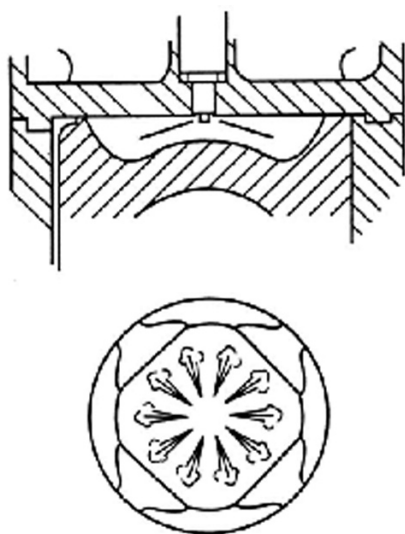
Fig.2.93 – Cabeça do motor plana com câmara de combustão cavada na cabeça (coroa) do êmbolo

Com a câmara de combustão ou parte dela, cavada na coroa do êmbolo, consegue-se otimizar o desenho da câmara de combustão e, permitir uma melhor orientação dos fluxos, como mostra a figura 2.94.



1 - Câmara de combustão

Fig.2.94 – Injecção directa



Garante-se igualmente, a não existência de choque entre a coroa do êmbolo e as válvulas de admissão e de escape.

A mistura entre o ar e o gasóleo é melhorada usando-se injectores de vários orifícios, como mostra a figura 2.95.

Fig.2.95 – Injecção directa – Injector com vários orifícios

A turbulência no interior do cilindro, necessária a uma boa combustão é criada quando o êmbolo sobe no tempo de compressão. O ar é comprimido na sua maior parte no interior da cavidade da coroa do êmbolo ganhando uma grande velocidade quando se desloca para ela, produzindo turbulência, como mostra a figura 2.96.

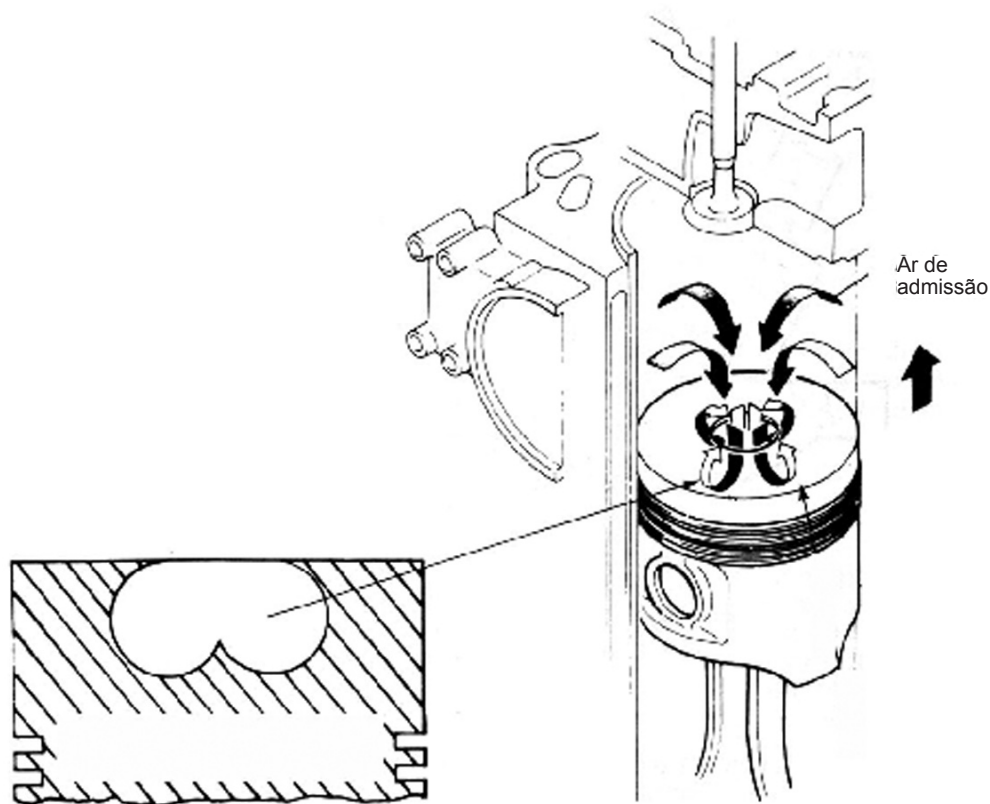


Fig.2.96 – Deslocamento do ar numa câmara de combustão de injecção directa

2.4 - CÁRTER

O cárter é um elemento que é montado na zona inferior do bloco do motor, podendo estar dividido em duas peças:

Cárter superior

Cárter inferior

2.4.1 – CÁRTER SUPERIOR

O **cárter superior** pode ser fundido juntamente com o bloco do motor, formando uma peça única, ou pode ser acoplada a este servindo de apoio à cambota.

2.4.2 – CÁRTER INFERIOR

O **cárter inferior** serve de depósito de óleo do motor.

O cárter inferior é colocado na zona inferior do motor, como mostra a figura 2.97.

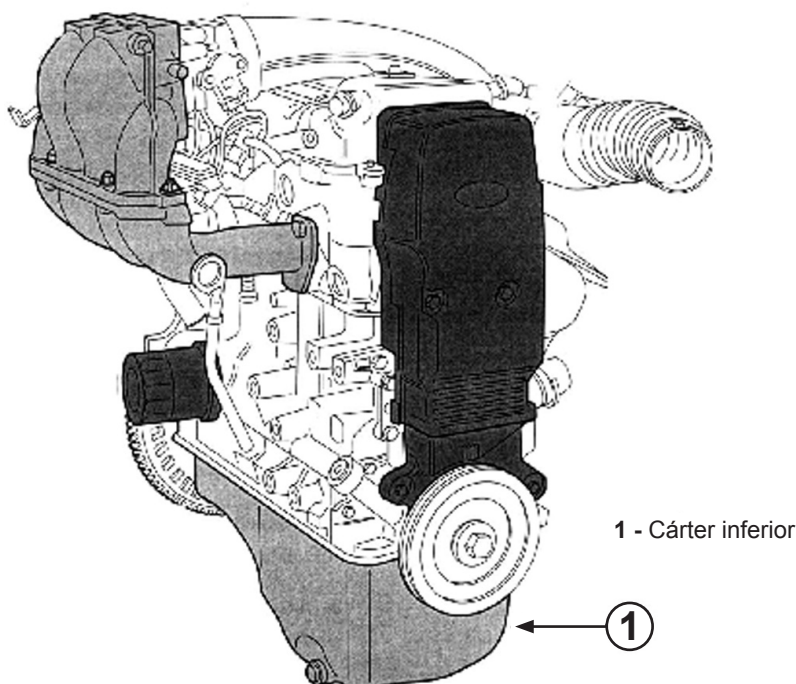


Fig.2.97 – Localização do cárter inferior no motor

O cárter inferior está dotado de um respirador que o coloca em comunicação com o ar atmosférico.

O cárter inferior é geralmente **fabricado em chapa prensada** ou em liga de alumínio.

O cárter inferior é geralmente ligado ao cárter superior através de **parafusos**. Estes parafusos são apertados segundo uma determinada sequência de aperto. A figura 2.98 mostra um exemplo de uma **sequência de aperto**.

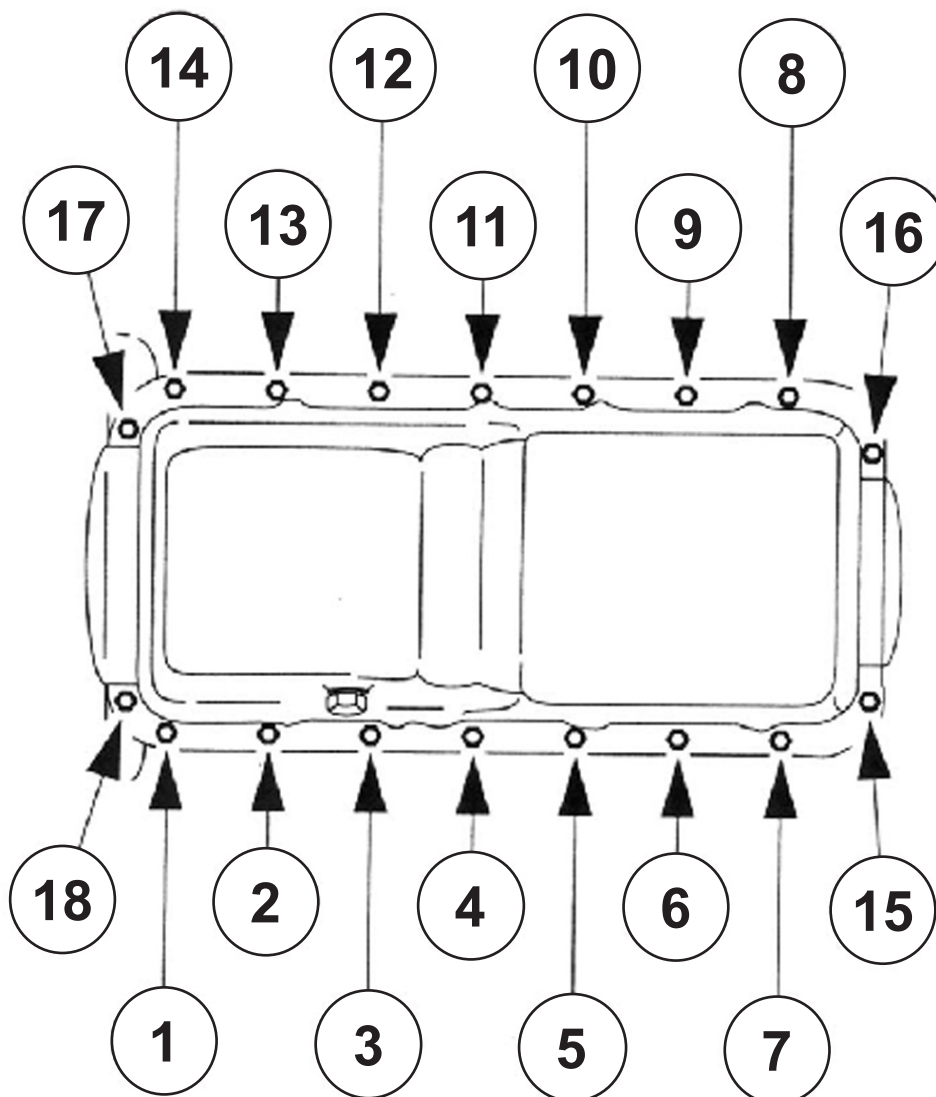


Fig.2.98 – Exemplo de sequência de aperto dos parafusos do cárter inferior

Para impedir fugas de óleo do cárter inferior, existe uma junta de estanqueidade, como mostra a figura 2.99.

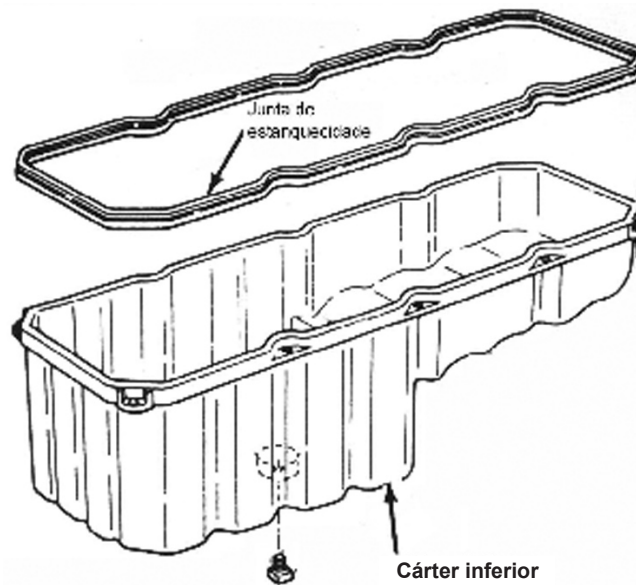


Fig.2.99 – Cárter inferior e junta de estanqueidade

Além da junta de estanqueidade e, para garantir uma vedação perfeita, deve ser aplicada também, **massa vedante** como mostra a figura 2.100.

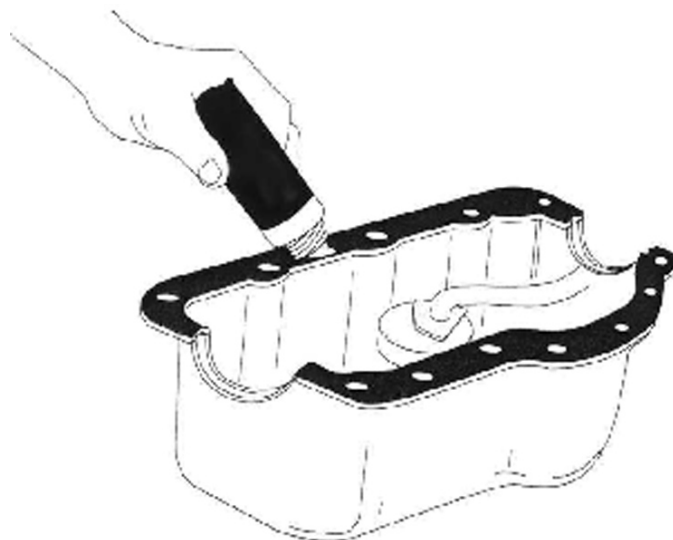


Fig.2.100 – Aplicação de massa vedante na junta de estanqueidade

Muitas vezes, a **bomba do óleo** do sistema de lubrificação está situada dentro do cárter inferior.

Em certos casos, o cárter inferior tem **divisórias** para evitar a desferragem da bomba de óleo.

3 - CICLOS OPERATIVOS

Chama-se um **ciclo operativo** à sucessão de operações que são realizadas no interior de cada cilindro e, se repetem de uma forma periódica. A duração do ciclo operativo é medido pelo número de cursos que o êmbolo tem de efectuar para realizar o ciclo operativo completo.

Quando o ciclo operativo completo se realiza em 4 (quatro) cursos do êmbolo, diz-se que se trata de um ciclo a 4 (quatro) tempos.

Quando o ciclo operativo completo se realiza em 2 (dois) cursos do êmbolo, diz-se que se trata de um ciclo a 2 (dois) tempos.

3.1 – CICLO A 4 (QUATRO) TEMPOS – MOTOR A GASOLINA

No ciclo a 4 (quatro) tempos de um motor a gasolina, o motor realiza em cada ciclo as 4 (quatro) fases ou tempos seguintes:

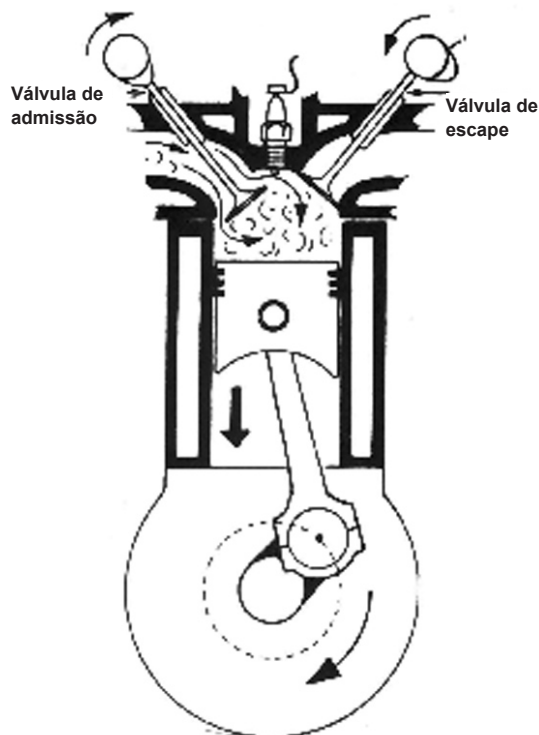
Admissão

Compressão

Combustão/Expansão

Escape

Primeiro Tempo – Admissão



- O êmbolo desloca-se do PMS para o PMI.
- Válvulas de admissão abertas.
- Válvulas de escape fechadas.
- A mistura gasosa (ar/combustível) entra no cilindro.
- A cambota dá meia volta (180°).

Fig.3.1 – Tempo de Admissão

No início do tempo de admissão o êmbolo está no PMS. O êmbolo começa a descer e, nesse instante as válvulas de admissão abrem e a mistura gasosa fresca (ar/combustível) que está no colector de admissão, é aspirada pelo efeito de sucção do êmbolo que desce, devido à depressão que se cria no interior do cilindro. Os gases da mistura gasosa vão enchendo o cilindro ocupando o espaço vazio no seu interior. Quando o êmbolo chega ao PMI, as válvulas de admissão fecham ficando os gases da mistura gasosa encerrados no interior do cilindro.

No tempo de admissão, o êmbolo deslocou-se do PMS ao PMI e, o veio da cambota deu meia volta (180°).

Este tempo tem o nome de admissão porque é durante ele que se dá a admissão da mistura gasosa no cilindro.

NOTA:

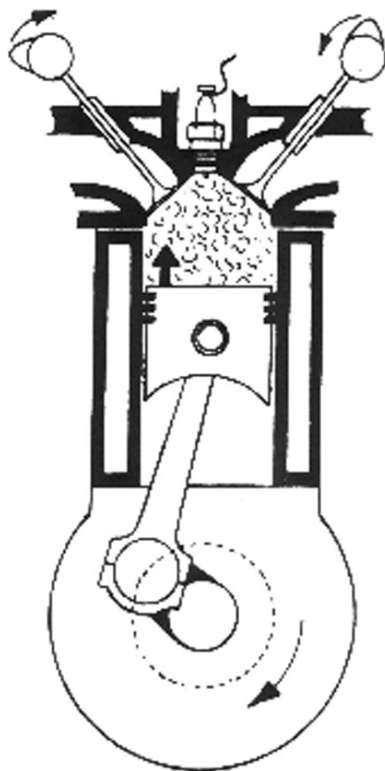
Na realidade, as válvulas não abrem quando o êmbolo se encontra exactamente no PMS ou PMI. O que acontece é o seguinte:

As válvulas de admissão abrem um pouco antes do êmbolo atingir o PMS, quando as válvulas de escape ainda se encontram abertas. A saída dos gases de escape ajudam à entrada da mistura gasosa (ar/combustível). Consegue-se assim um melhor enchimento do cilindro de mistura gasosa fresca.

Quando as válvulas de escape e de admissão se encontram ambas abertas, diz-se que se está na situação de **cruzamento de válvulas**.

As válvulas de admissão fecham após o êmbolo ter passado pelo PMI, com o objectivo de melhorar ainda mais o enchimento do cilindro.

Segundo Tempo – Compressão



- O êmbolo desloca-se do PMI para o PMS.
- Válvulas de admissão fechadas.
- Válvulas de escape fechadas.
- A mistura gasosa (ar/combustível) é comprimida.
- A cambota dá meia volta (180°).

Fig.3.1 – Tempo de Admissão

No início do tempo de compressão o êmbolo encontra-se no PMI. O êmbolo começa a subir, deslocando-se do PMI ao PMS estando as válvulas de admissão e de escape fechadas. Os gases da mistura gasosa que encheram o cilindro durante a admissão, vão

ocupando agora um espaço cada vez mais reduzido, à medida que o cilindro se aproxima do PMS, comprimindo-se até ocuparem somente o que resta entre a face superior do êmbolo, PMS, e o topo do cilindro.

A este espaço chama-se **câmara de combustão**. Ver a figura 3.3.

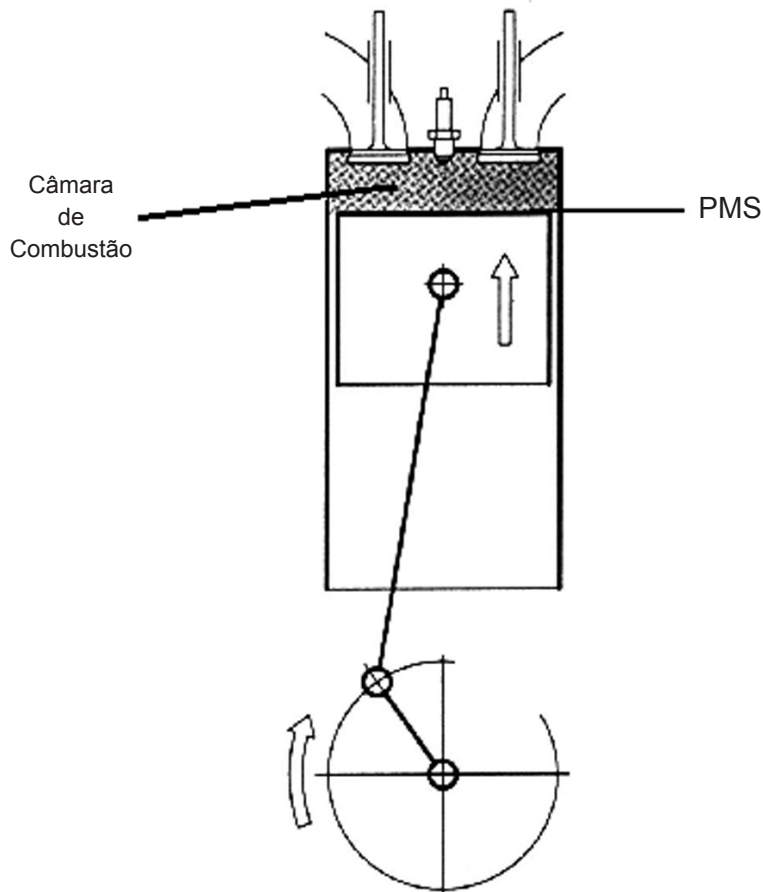


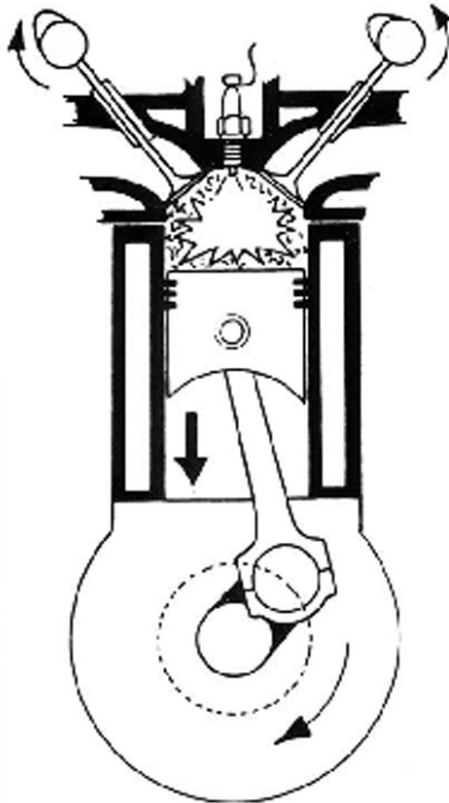
Fig.3.3 – Câmara de combustão

Durante o tempo de compressão, o êmbolo deslocou-se do PMI ao PMS e a cambota, enquanto isso, deu outra meia volta (180°).

A mistura gasosa é comprimida até ocupar apenas a câmara de combustão. Nesta fase, devido à compressão, a mistura gasosa está mais quente e, também mais homogênea estando mais misturados o ar e o combustível.

O tempo de compressão serviu, pois, para preparar a mistura de forma a que esta esteja nas melhores condições para a combustão que vai realizar-se logo de seguida.

Terceiro Tempo – Combustão / Expansão



- Salta uma faísca na vela de ignição.
- Dá-se a explosão/combustão da mistura gasosa (ar/combustível).
- Os gases da combustão expandem-se.
- O êmbolo desloca-se do PMS para o PMI.
- Válvulas de admissão fechadas.
- Válvulas de escape fechadas.
- A cambota dá meia volta (180°).

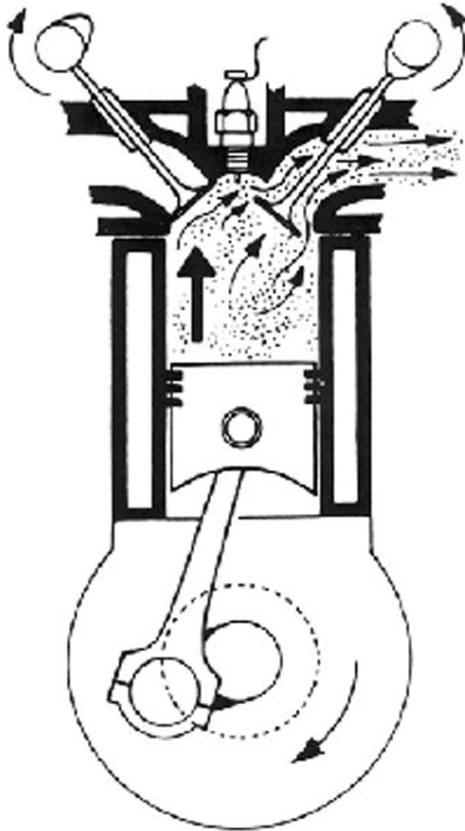
Fig.3.4 – Tempo de Combustão/ Expansão

Finalizado o tempo de compressão o êmbolo está no PMS, encontrando-se os gases da mistura gasosa fortemente comprimidos na câmara de combustão. A vela de ignição faz saltar uma faísca, que vai provocar a inflamação e combustão dos gases da mistura gasosa. Esta combustão rápida à qual é usual dar-se o nome de explosão, provoca uma forte expansão dos gases queimados.

A expansão dos gases faz deslocar o êmbolo do PMS ao PMI e, este por sua vez, transmite movimento pela biela, à cambota e volante do motor.

Durante o deslocamento do êmbolo, as válvulas de admissão e escape permanecem fechadas e, a cambota efectua uma terceira meia volta (180°).

Quarto Tempo – Escape



- O êmbolo desloca-se do PMI para o PMS
- Válvula de admissão fechada.
- Válvula de escape aberta.
- Os gases queimados são espelidos para o exterior.
- A cambota dá meia volta (180°).

Fig.3.5 – Tempo de Escape

Ao iniciar-se este tempo, o êmbolo está no PMI; as válvulas de escape abrem e o êmbolo, ao deslocar-se no sentido ascendente, empurra os gases queimados, expulsando-os para o exterior para o colector de escape, através das válvulas de escape. Quando o êmbolo alcança o PMS, as válvulas de escape fecham-se.

No curso de escape, o êmbolo desloca-se do PMI ao PMS e a cambota gira outra meia volta (180°).

Quando o êmbolo inicia de novo o movimento descendente, a partir do PMS, as válvulas de admissão abrem e, repetem-se todas as fases anteriores da mesma forma e na mesma ordem, enquanto o motor estiver em funcionamento.

NOTA:

Na realidade, as válvulas não abrem quando o êmbolo se encontra exactamente no PMS ou PMI. O que acontece é o seguinte:

As válvulas de escape abrem ainda antes do êmbolo atingir o PMI porque assim, a pressão da combustão residual faz sair logo parte dos gases queimados pelas válvulas de escape.

As válvulas de escape fecham só depois do êmbolo passar pelo PMS, favorecendo a troca de gases (ajuda a expulsão dos gases queimados e a aspiração dos gases da mistura gasosa fresca). Notar que as válvulas de admissão abrem um pouco antes do êmbolo atingir o PMS. O tempo em que as válvulas de escape e de admissão se encontram simultaneamente abertas, é o cruzamento de válvulas.

Ao conjunto das quatro operações distintas (admissão, compressão, combustão/expansão e escape) chama-se **ciclo a 4 (quatro) tempos**.

Como a cada tempo do motor corresponde meia volta da cambota, o ciclo é realizado em quatro meias voltas ou seja, em duas voltas completas da cambota (720°).

A expansão, ao empurrar o êmbolo, faz a cambota dar meia volta (180°); o volante, unido à cambota, recebe um impulso que serve para que ele continue a rodar nas três meias voltas seguintes fazendo com que o êmbolo suba para se efectuar o escape, desça para a admissão e volte a subir para a compressão.

Estes três tempos (escape, admissão e compressão) são realizados, pois, às custas da energia armazenada no volante do motor durante o tempo de combustão/expansão. Em cada cilindro do motor há uma combustão para cada duas voltas da cambota.

3.2 – CICLO A 2 (DOIS) TEMPOS – MOTOR A GASOLINA

Tal como num ciclo a 4 (quatro) tempos, neste ciclo operativo existem quatro fases:

Admissão

Compressão

Combustão/Expansão

Escape

Num entanto, o ciclo operativo é realizado com cada êmbolo do motor a efectuar apenas 2 (dois) cursos e, por isso, tem o nome de ciclo a 2 (dois) tempos.

A fase de admissão efectua-se durante uma parte da fase de compressão e a fase de escape durante uma parte da fase de expansão.

Os motores a gasolina de ciclo a 2 (tempos) não possuem válvulas de admissão e de escape, como nos motores de ciclo a 4 (quatro) tempos.

Como se pode observar na figura 3.6 existem umas janelas laterais nas paredes dos cilindros.

A **janela A**, chamada janela de carga, é uma janela de transferência que permite a comunicação entre o cárter e o cilindro.

A **janela B**, chamada janela de escape está colocada em frente à janela de carga posicionada um pouco acima desta. A janela de escape permite a comunicação entre o cilindro e a atmosfera, através das condutas de escape.

A **janela C**, chamada janela de admissão, colocada abaixo da janela de escape permite a comunicação entre o cárter e as condutas de admissão.

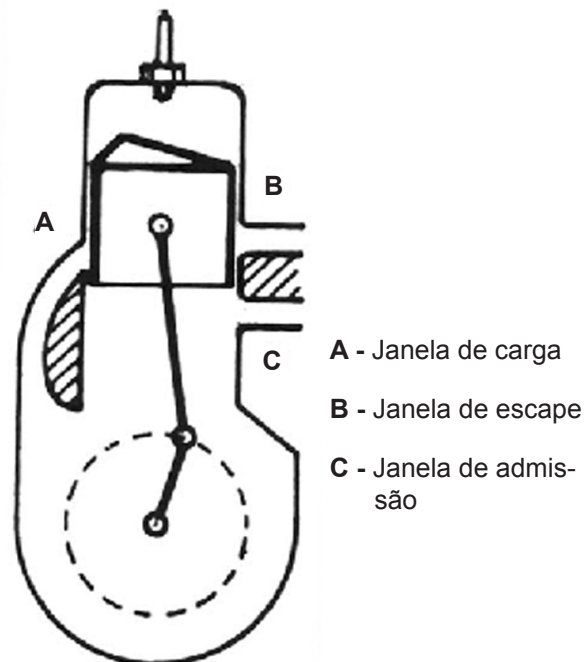


Fig.3.6 –.Janelas do motor a 2 tempos

O ciclo a 2 (tempos) funciona da seguinte forma:

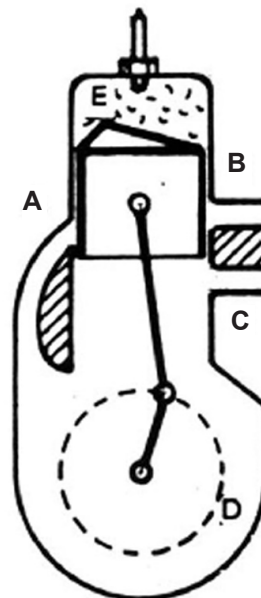
PRIMEIRO TEMPO

Considere-se que o êmbolo se encontra no PMS após ter terminado a fase de compressão.

Neste instante, a mistura gasosa (ar/combustível/óleo) encontra-se fortemente comprimida na câmara de combustão do cilindro.

A vela de ignição faz saltar uma faísca, provocando uma explosão e combustão rápida da mistura gasosa (ar/combustível/óleo).

A expansão rápida dos gases faz com que o êmbolo inicie um curso descendente em direcção ao PMI. No começo deste curso descendente, as janelas de escape (janela B) e de carga (janela A) estão tapadas pelo êmbolo, enquanto a janela de admissão (janela C) se encontra descoberta, como mostra a figura 3.7.



- A - Janela de carga
- B - Janela de escape
- C - Janela de admissão

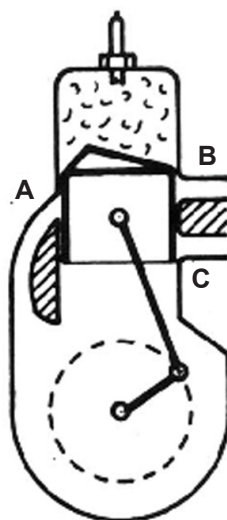
Como a janela de admissão (janela C) se encontra destapada, a mistura gasosa (ar/combustível/óleo) é aspirada das condutas de admissão para o cárter.

Fig.3.7 – Combustão /Expansão + Admissão

Continuando o seu movimento descendente, o êmbolo continua a tapar as janelas de escape (janela B) e de carga (janela A) e passa a tapar também a janela de admissão (janela C), parando a aspiração de mistura gasosa para o cárter, como mostra a figura 3.8.

O **movimento descendente do êmbolo** faz com que a mistura gasosa que foi aspirada para o cárter seja comprimida, dentro do cárter, estando este fechado hermeticamente.

Continuando a descer, o êmbolo começa a destapar a janela de escape (janela B) e os gases queimados na combustão escapam para o exterior, através dela, a grande velocidade. Nesta altura, a mistura gasosa que se encontra no cárter continua a ser comprimida.



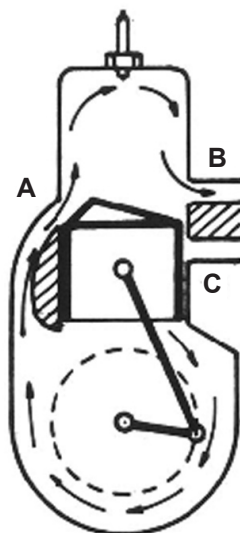
A - Janela de carga
B - Janela de escape
C - Janela de admissão

Fig.3.8 – Combustão /Expansão

Descendo ainda mais, o êmbolo destapa a janela de carga (janela A) permitindo a comunicação entre o cárter e o interior do cilindro.

Com a janela de carga (janela A) desimpedida, os gases da mistura gasosa (ar/combustível/óleo) que se encontravam no cárter, passam para o interior do cilindro devido à compressão a que tinham sido sujeitos e, são arrastados também, pelos gases queimados que se encontram a sair do cilindro através da janela de escape (janela B), como mostra a figura 3.9.

É nestas condições que o êmbolo atinge o ponto mais baixo do seu curso descendente, ou seja, o PMI.



A - Janela de carga
B - Janela de escape
C - Janela de admissão

Fig.3.9 – Escape

Alguns êmbolos, como o representado na figura 3.10, têm uma saliência na sua coroa (parte superior do êmbolo) chamada **deflector**.

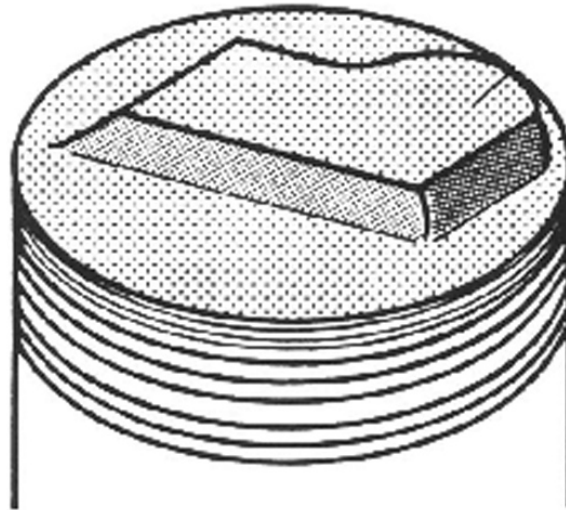


Fig.3.10 – Êmbolo com deflector

O deflector tem como função:

Guiar os gases da mistura gasosa que passam do cárter para o cilindro, direccionando-os para a parte superior do cilindro e, assim, evitar que estes se dirijam directamente para a janela de escape (janela B). De notar, que apesar da existência do deflector, Há sempre gases frescos que se escapam pela janela de escape (janela B).

*Neste **primeiro tempo** (percurso descendente do êmbolo) foi efectuada a combustão/expansão e, deu-se início ao escape dos gases queimados e à entrada dos gases frescos da mistura gasosa no cilindro.*

SEGUNDO TEMPO

Quando o êmbolo inicia o seu **movimento ascendente**, a partir do PMI em direcção ao PMS, os gases frescos da mistura gasosa (ar/combustível/óleo) continuam a passar do cárter para o interior do cilindro e a ser arrastados pelos gases de escape.

Entretanto, o êmbolo tapa a janela de carga (janela A) mantendo-se ainda aberta a janela de escape (janela B), como se pode ver na figura 3.11.

Neste momento, como a janela de carga (janela A) se encontra tapada, deixam de entrar gases frescos para o cilindro, terminando portanto a fase de admissão. No entanto os gases queimados continuam a sair para o exterior pela janela de escape (janela B) e a arrastar consigo alguns gases frescos.

O movimento ascendente do êmbolo, provoca uma depressão no cárter, que é tanto maior quanto mais o êmbolo se vai afastando do PMI.

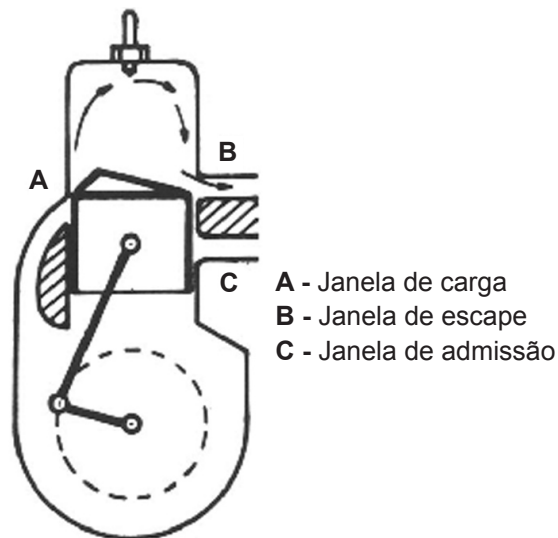


Fig.3.11 – Escape

Continuando a subir, o êmbolo tapa a janela de escape (janela B), terminando nesse momento a fase de escape, como mostra a figura 3.12.

À medida que o êmbolo se aproxima mais do PMS, os gases frescos da mistura gasosa (ar/combustível/óleo) no interior do cilindro, vão sendo cada vez mais comprimidos, enquanto no cárter a depressão aumenta.

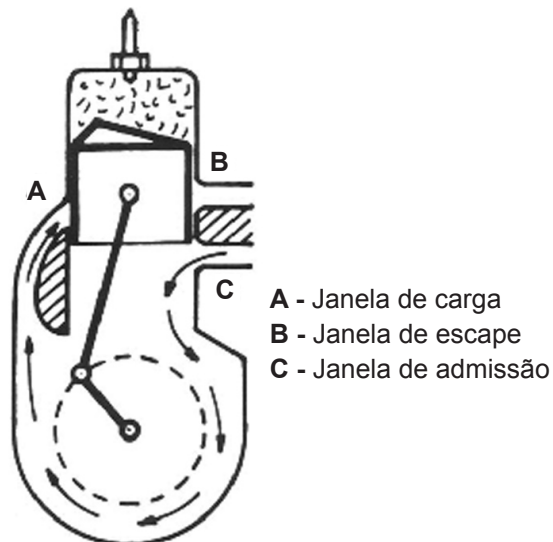


Fig.3.12 – Compressão + Admissão

A seguir, continuando o êmbolo a subir, destapa a janela de admissão (janela C) e, devido à depressão que existia no cárter, nova mistura gasosa fresca é aspirada das condutas de admissão para o cárter. Quanto mais o êmbolo se aproxima do PMS, mais comprimida é a mistura gasosa existente no interior do cilindro e, mais gases de mistura gasosa são admitidos no cárter, como mostra a figura 3.12.

Quando êmbolo atinge o ponto mais alto do seu curso, ou seja o PMS, a mistura gasosa no interior do cilindro está no máximo da sua compressão, salta a faísca na vela de ignição, dá-se a inflamação da mistura gasosa e o ciclo volta repetir-se.

*Neste **segundo tempo** (percurso ascendente do êmbolo) foram completadas as fases de admissão e escape (iniciadas no primeiro tempo) e, foi efectuada a fase de compressão.*

Num motor de ciclo a 2 (dois) tempos, efectua-se uma combustão por cada volta completa da cambota.

3.3 – CICLO A 4 (QUATRO) TEMPOS – MOTOR DIESEL

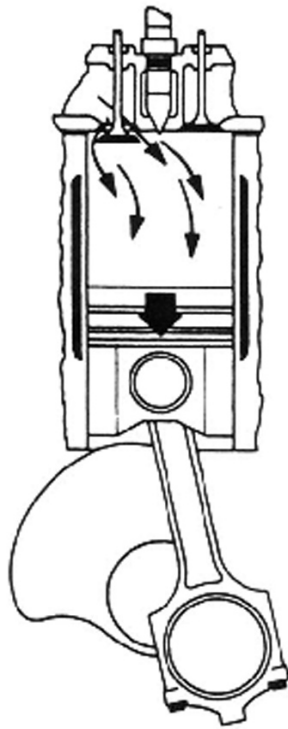
No ciclo a 4 (quatro) tempos de um motor diesel, o motor realiza em cada ciclo as mesmas 4 (quatro) fases que um motor a gasolina, com algumas diferenças.

Admissão (fig.3.13)

Compressão (fig.3.14)

Combustão/Expansão (fig.3.17)

Escape (fig.3.18)

PRIMEIRO TEMPO - ADMISSÃO

- O êmbolo desloca-se do PMS para o PMI
- Válvulas de admissão abertas.
- Válvulas de escape fechadas.
- O ar fresco entra no cilindro.
- A cambota dá meia volta.

Fig.3.13 – Tempo de Admissão

No início do tempo de admissão o êmbolo está no PMS.

O êmbolo começa a descer e, nesse instante as válvulas de admissão abrem e o ar que está no colector de admissão, é aspirado pelo efeito de sucção do êmbolo que desce, devido à depressão que se cria no interior do cilindro.

O ar vai enchendo o cilindro, ocupando o espaço vazio no seu interior. Quando o êmbolo chega ao PMI, as válvulas de admissão fecham ficando o ar encerrado no interior do cilindro.

No tempo de admissão, o êmbolo deslocou-se do PMS ao P.M.I e, o veio da cambota deu meia volta (180°).

Este tempo tem o nome de admissão porque é durante ele que se dá a admissão do ar fresco no cilindro.

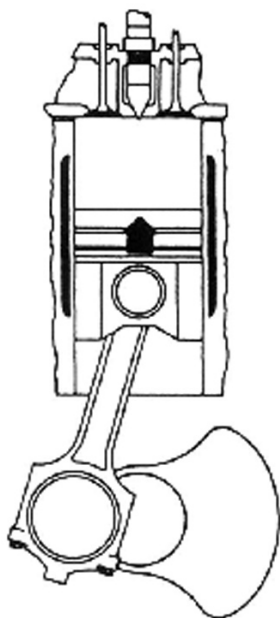
NOTA:

Na realidade, as válvulas não abrem quando o êmbolo se encontra exactamente no PMS ou PMI. O que acontece é o seguinte:

As válvulas de admissão abrem um pouco antes do êmbolo atingir o PMS, quando as válvulas de escape ainda se encontram abertas. A saída dos gases de escape ajudam a entrada do ar fresco. Consegue-se assim um melhor enchimento do cilindro de ar fresco.

Quando as válvulas de escape e de admissão se encontram ambas abertas, diz-se que se está na situação de cruzamento de válvulas.

As válvulas de admissão fecham após o êmbolo ter passado pelo PMI, com o objectivo de melhorar ainda mais o enchimento do cilindro.

SEGUNDO TEMPO - Compressão

- O êmbolo desloca-se do PMI para o PMS
- Válvulas de admissão fechadas.
- Válvulas de escape fechadas.
- O ar é comprimido.
- A cambota dá meia volta.

Fig.3.14 – Tempo de Compressão

No início do tempo de compressão o êmbolo encontra-se no PMI

O êmbolo começa a subir, deslocando-se do PMI ao PMS, estando as válvulas de admissão e de escape fechadas.

O ar que encheu o cilindro durante a admissão, vai ocupando agora um espaço cada vez mais reduzido, à medida que o cilindro se aproxima do PMS, comprimindo-se até ocupar somente o que resta entre a face superior do êmbolo (coroa do êmbolo) e o topo do cilindro, no PMS.

A este espaço chama-se **câmara de combustão**. Nos motores Diesel de injeção directa, parte da câmara de combustão é cavada na coroa do êmbolo, como mostra a figura 3.15.

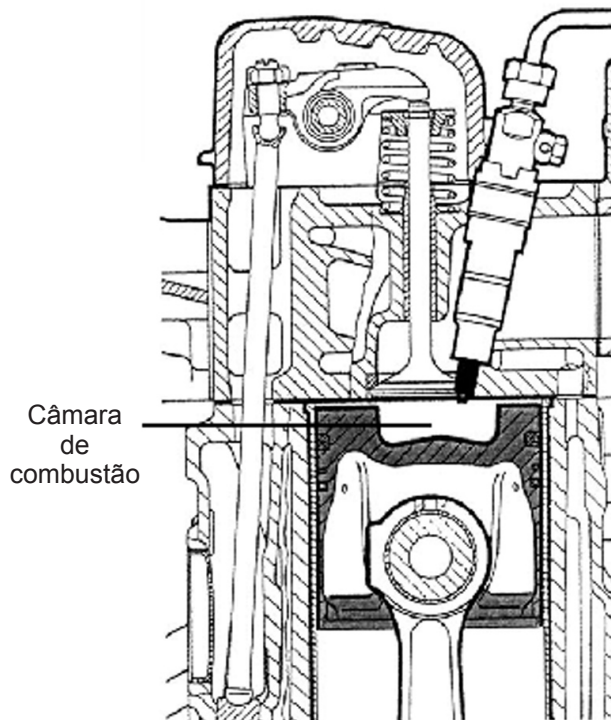


Fig.3.15 – Câmara de combustão (motor Diesel de injeção directa)

Nos motores Diesel de injeção indirecta, existe uma **pré-câmara de combustão**, que comunica com a câmara de combustão através de uma passagem estreita, como mostra a figura 3.16.

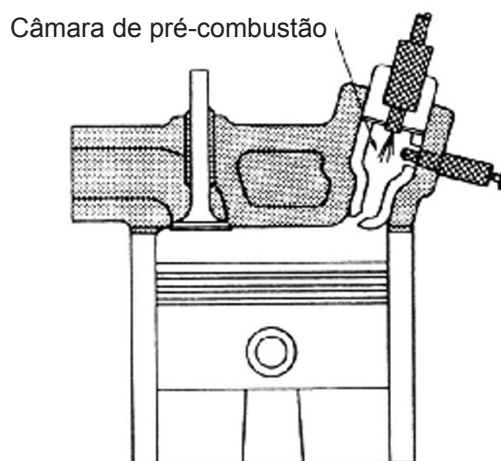
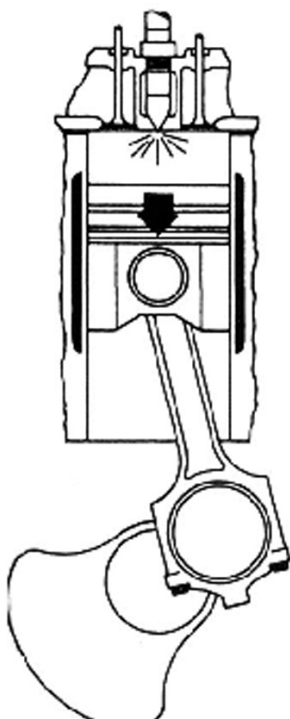


Fig.3.16 – Pré-câmara de combustão (motor Diesel de injeção indirecta)

O ar é comprimido até ocupar apenas a câmara de combustão (injecção directa), ou a câmara de combustão mais a pré-câmara de combustão (injecção indirecta). Nesta fase, devido à compressão, o ar está a uma temperatura bastante elevada.

Durante o tempo de compressão, o êmbolo deslocou-se do PMI ao PMS e a cambota, enquanto isso, deu outra meia volta (180°).

TERCEIRO TEMPO - COMBUSTÃO / EXPANSÃO



- O combustível é injectado no cilindro
- O combustível inflama-se em contacto com o ar comprimido e quente, iniciando a combustão.
- Os gases da combustão expandem-se.
- O êmbolo desloca-se do PMS para o PMI.
- Válvulas de admissão fechadas.
- Válvulas de escape fechadas.
- A cambota dá meia volta.

Fig.3.17 – Tempo de Combustão / Expansão

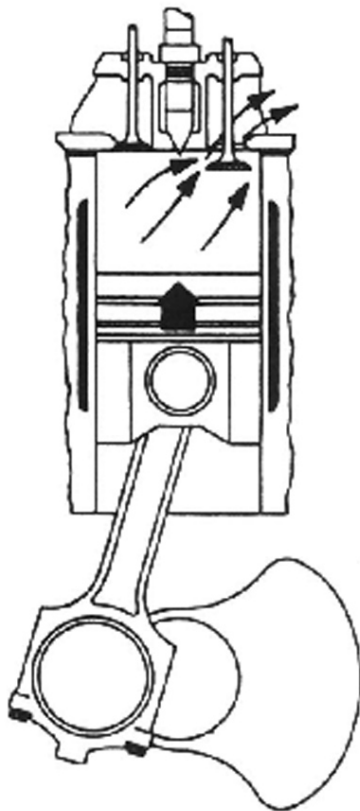
Finalizado o tempo de compressão o êmbolo está no PMS, encontrando-se o ar fortemente comprimido na câmara de combustão.

O combustível é injectado no interior do cilindro através de injectores e, em contacto com o ar quente e comprimido inflama-se iniciando a combustão. Esta combustão provoca uma forte expansão dos gases queimados.

A expansão dos gases faz deslocar o êmbolo do PMS ao PMI e, este por sua vez, transmite movimento pela biela, à cambota e volante do motor.

Durante o deslocamento do êmbolo, as válvulas de admissão e escape permanecem fechadas e, a cambota efectua uma terceira meia volta (180°).

QUARTO TEMPO - ESCAPE



- O êmbolo desloca-se do PMI para o PMS.
- Válvula de admissão fechada.
- Válvula de escape aberta.
- Os gases queimados são expelidos para o exterior.
- A cambota dá meia volta.

Fig.3.18 – Tempo de Escape

Ao iniciar-se este tempo, o êmbolo está no seu PMI; as válvulas de escape abrem e o êmbolo, ao deslocar-se no sentido ascendente, empurra os gases queimados, expulsando-os para o exterior para o colector de escape, através das válvulas de escape.

Quando o êmbolo alcança o PMS, as válvulas de escape fecham-se.

No curso de escape do êmbolo, do PMI ao PMS, a cambota gira outra meia volta (180°).

Quando o êmbolo inicia de novo o movimento descendente, a partir do PMS, as válvulas de admissão abrem e, repetem-se todas as fases anteriores da mesma forma e na mesma ordem, enquanto o motor estiver em funcionamento.

NOTA:

Na realidade, as válvulas não abrem quando o êmbolo se encontra exactamente no PMS ou PMI. O que acontece é o seguinte:

As válvulas de escape abrem ainda antes do êmbolo atingir o PMI porque assim, a pressão da combustão residual faz sair logo parte dos gases queimados pelas válvulas de escape.

As válvulas de escape fecham só depois do êmbolo passar pelo PMS, favorecendo a troca de gases (ajuda a expulsão dos gases queimados e a aspiração do ar fresco). Notar que as válvulas de admissão abrem um pouco antes do êmbolo atingir o PMS. O tempo em que as válvulas de escape e de admissão se encontram simultaneamente abertas, é o cruzamento de válvulas.

A expansão, ao empurrar o êmbolo, faz a cambota dar meia volta; o volante, unido à cambota, recebe um impulso que serve para que ele continue a rodar nas três meias voltas seguintes fazendo com que o êmbolo suba para se efectuar o escape, desça para a admissão e volte a subir para a compressão.

Estes três tempos (escape, admissão e compressão) são realizados, pois, às custas da energia armazenada no volante durante o tempo de combustão/expansão. No motor de um cilindro vemos que há uma combustão para cada duas voltas da cambota.

4 - MOTOR WANKEL

Este tipo de motor, que tem o nome do engenheiro alemão Wankel, seu criador, é um motor de **movimento rotativo**.

Num motor de movimento rotativo as peças não são sujeitas a movimentos ascendentes e descendentes, como num motor de movimento alternativo de êmbolos, mas apenas a movimento rotativo.

Este motor tem uma construção mais simples que os motores de movimento alternativo de êmbolos. É um motor mais compacto, que ocupa e pesa cerca de um terço (três vezes menos) dos motores alternativos de êmbolos e, tem um número menor de peças.

4.1 - CONSTITUIÇÃO DO MOTOR

O motor Wankel é constituído por um corpo fixo ou estator, cujo interior oco (equivalente aos cilindros de um motor de êmbolos) tem a forma ovalada, com um ligeiro estrangulamento na sua parte média e, um rotor de forma quase triangular que roda excentricamente no interior do estator, como mostra a figura 4.1.

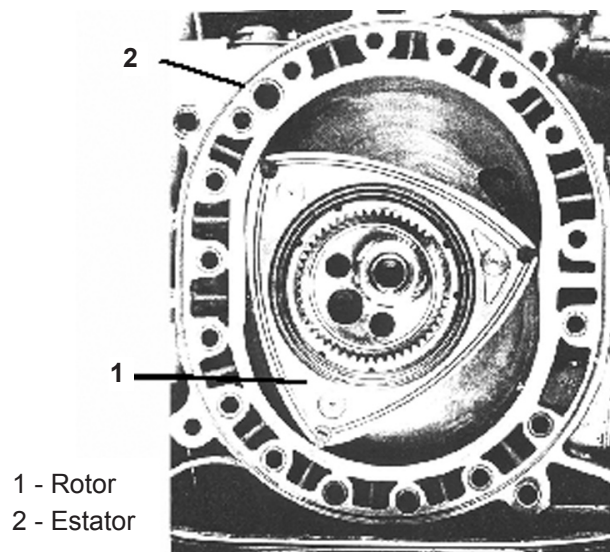
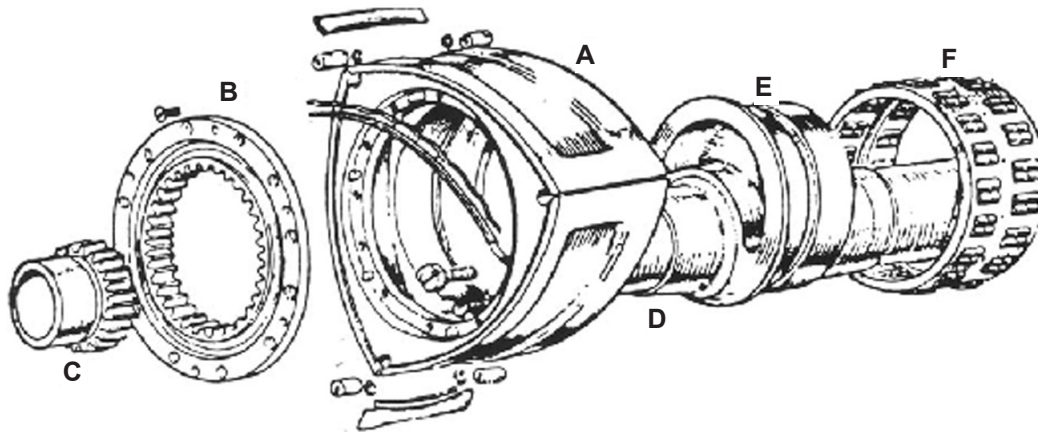


Fig.4.1 – Estator e rotor do motor Wankel

Na figura 4.2 estão representadas desmontadas, as peças que se encontram no interior do estator de um motor Wankel.



A – Rotor; B – Coroa dentada; C – Carreto; D – Veio motor; E – Excêntrico;
F – Rolamento de rolos

Fig.4.2 – Rotor e veio motor desmontados

O rotor (A) de formato quase triangular tem três faces iguais.

Na superfície esquerda do rotor (A) é aparafusada a coroa dentada (B) que roda sobre o carreto central (C). O carreto (C) é fixo ao veio motor (D) e roda solidário com ele. O número de dentes da coroa dentada (B) é sempre uma vez e meia (1,5 vezes) o número de dentes do carreto central (C). Geralmente, conforme o tamanho do motor, as relações são 45/30, 30/20, etc.

No veio motor (D) existe um excêntrico (E). Entre o excêntrico (E) e a superfície interior do rotor encontram-se os rolamentos de rolos (F). O veio motor (D) equivale à cambota do motor alternativo de êmbolos.

Na figura 4.3 está representado um motor Wankel completo em corte.

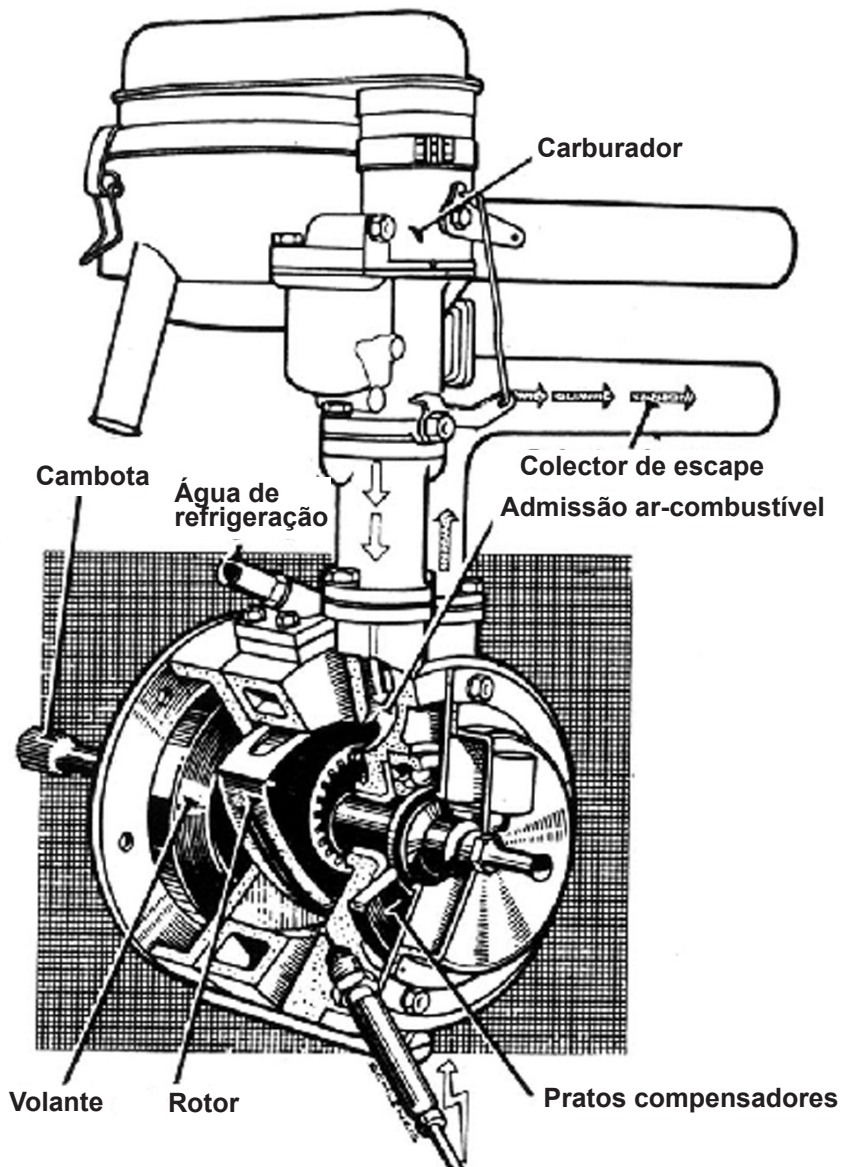


Fig.4.3 – Motor Wankel em corte

4.2 - FUNCIONAMENTO DO MOTOR WANKEL

Como se viu atrás, o motor Wankel tem um rotor com 3 (três) faces que roda no interior de um estator de forma ovalada. Tal como no motor alternativo de ciclo a 4 (quatro) tempos, no motor rotativo Wankel existem os 4 (quatro) tempos seguintes:

Admissão

Compressão

Combustão/Expansão

Escape

Estes 4 (quatro) tempos são realizados simultaneamente à volta do rotor do motor, à medida que este gira, como vamos ver a seguir.

Entre as 3 (três) faces do rotor e o interior do estator, existem três lóbulos ou câmaras de volume variável. O volume destas câmaras aumenta ou diminui à medida que o rotor roda. Em cada uma destas câmaras ou lóbulos desenrolam-se os 4 (quatro) tempos do ciclo.

Ocorre um ciclo de 4 (quatro) tempos em cada rotação completa do rotor e em cada câmara, correspondendo ao ciclo de 4 (tempos) do motor de êmbolos alternativos convencional

Como existem 3 (três) câmaras, em cada rotação completa do rotor ocorrem 3 (três) tempos de combustão.

A figura 4.4 mostra um esquema do motor Wankel em corte. Nesta figura 4. pode-se observar o estator, o rotor, o carroto , a coroa dentada, o veio motor, as câmaras, a vela de ignição, e as condutas de admissão e escape.

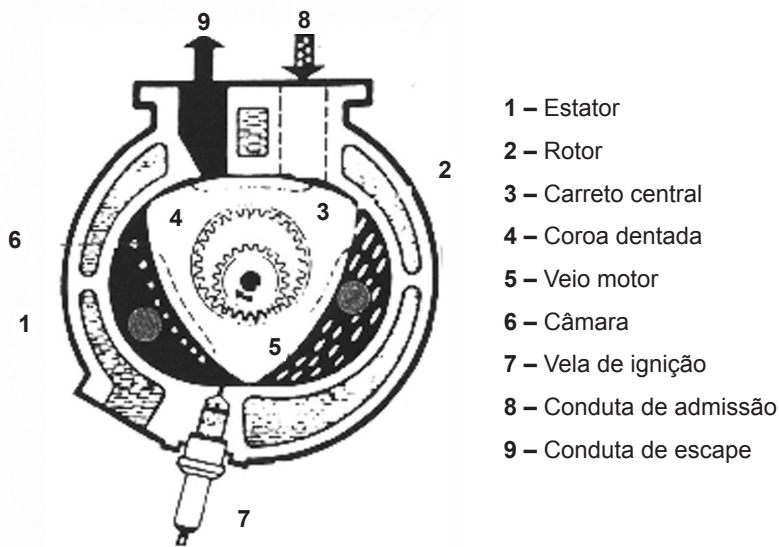


Fig.4.4 –Esquema do motor Wankel em corte

A figura 4.5 mostra os 4 (quatro) tempos do ciclo do motor Wankel nas 3 (três) câmaras.

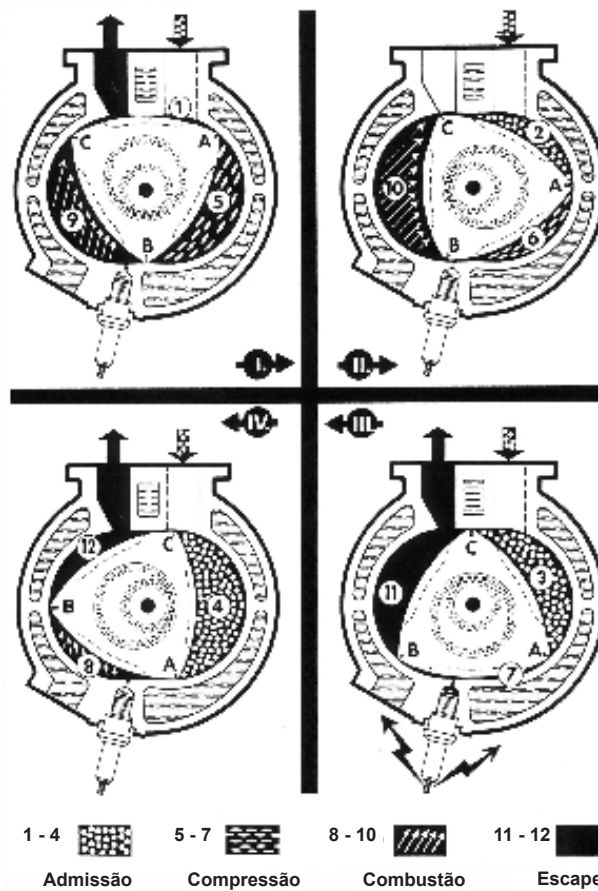


Fig.4.5 – 4 (quatro) tempos do ciclo nas 3 (três) câmaras do motor Wankel

A partir da figura 4.5, as diferentes fases de funcionamento do ciclo do motor Wankel, durante uma rotação completa do rotor, desenrolam-se do seguinte modo:

Para facilitar a leitura vamos utilizar a seguinte nomenclatura:

Câmara **CA** – Câmara formada entre os vértices **C** e **A** do rotor

Câmara **AB** – Câmara formada entre os vértices **A** e **B** do rotor

Câmara **BC** – Câmara formada entre os vértices **B** e **C** do rotor

Considere-se o rotor a rodar no sentido dos ponteiros do relógio.

Fase I

O vértice **A** do rotor destapa a conduta de admissão **1**, permitindo a entrada da mistura gasosa (ar/combustível) para a câmara **CA**. Esta câmara está a iniciar o tempo de admissão.

Fase II

À medida que o rotor roda, o volume da câmara **CA** (volume **2**) vai aumentando, continuando a entrar mistura gasosa (ar/combustível) para a câmara.

Fase III:

O volume da câmara **CA** (agora volume **3**) continua a aumentar, continuando a entrar mistura gasosa (ar/combustível) para esta câmara.

Fase IV:

O volume da câmara **CA** do rotor, continua a aumentar até chegar ao seu tamanho máximo (volume **4**), que corresponde ao final do tempo de admissão nesta câmara.

Para continuar a seguir o percurso da câmara **CA** voltemos atrás, à fase I.

Fase I

Após a fase IV, a câmara **CA** (que seguimos desde a fase I até à fase IV) encontra-se agora na situação da câmara **AB** (o ponto **C** e **A** da fase IV ocupam agora as posições dos pontos **A** e **B** da fase I, respectivamente.).

Nesta fase (fase I), a mistura gasosa (ar/combustível) que foi admitida, está a ser comprimida no volume da câmara **AB** (volume **5**). Este volume está a diminuir.

Fase II

À medida que o rotor gira, o volume da câmara **AB** (volume **6**) diminui, comprimindo cada vez mais a mistura gasosa (ar/combustível) que se encontra dentro da câmara. Esta câmara está a efectuar o tempo de compressão.

Fase III

O volume da câmara **AB** alcançou o seu valor mínimo (volume **7**), ou seja, a mistura (ar/combustível) atingiu o máximo de compressão, terminando o tempo de compressão. Neste momento, salta uma faísca da vela de ignição e, a mistura gasosa (ar/combustível) é inflamada dando origem à sua rápida combustão. Inicia-se o tempo de combustão/expansão.

Fase IV

A expansão dos gases queimados da combustão dentro da câmara **AB** (volume **8**), fazem girar o rotor.

Para continuar a seguir o percurso da câmara **AB** voltemos novamente à fase I.

Fase I

Após a fase IV, a câmara **AB** (que seguimos desde a fase I até à fase IV) encontra-se agora na situação da câmara **BC** (o ponto **A** e **B** da fase IV ocupam agora as posições dos pontos **B** e **C** da fase I, respectivamente.). Nesta fase (fase I), os gases queimados encontram-se na câmara **BC**. Devido à expansão dos gases o rotor continua a girar fazendo aumentar o volume da câmara **BC** (volume **9**).

Fase II

O volume da câmara BC (volume 10) continua a aumentar, à medida que o rotor roda.

Fase III

O rotor continua a girar e, o vértice C da câmara BC destapa a conduta de escape, permitindo a saída dos gases queimados que se encontravam na câmara BC (volume 11), para o exterior.

Fase IV

À medida que os gases queimados saem para o exterior, o volume da câmara BC (volume 12) diminui até à total expulsão dos gases.

Este processo desenvolve-se ciclicamente em cada uma das câmaras, ou seja, em cada câmara desenrolam-se o ciclo completo de 4 (quatro) tempos, em simultâneo.

Observando a figura 4.5 os 4 (quatro) tempos do ciclo para cada câmara acontecem da seguinte forma:

1 a 4 - Admissão

5 a 7 - Compressão

8 a 10 - Combustão / Expansão

11 a 1 - Escape

Cada vértice de uma câmara (exemplo: vértice A), em cada ciclo completo de 4 (quatro) tempos dessa câmara, gira uma volta, ou seja, o rotor gira uma volta. Enquanto isso, o veio motor e o excêntrico giram 3 voltas.

Ao passar de uma fase para outra (exemplo: fase I para fase II), o veio motor e o excêntrico rodam $\frac{1}{4}$ de volta.

O motor Wankel com um rotor, equivale a um motor alternativo com 3 (três) cilindros, em que as três câmaras executam o ciclo de 4 (quatro) tempos em cada volta do rotor que corresponde a 3 (três) voltas do veio motor. Ou seja, uma volta do rotor corresponde a 3 (três) voltas do veio motor.

4.3 - PROBLEMAS DO MOTOR WANKEL

O motor Wankel apresenta os seguintes problemas:

Cada um dos 4 (quatro) tempos do ciclo ocorrem sempre no mesmo ponto do estator. Observando a figura 4.5, verifica-se que os tempos de admissão e de compressão realizam-se na parte direita. Enquanto isso, os tempos quentes, combustão/expansão e escape, realizam-se na parte esquerda.

Isto significa, que um dos lados aquece muito mais que o outro. A diferença chega a ser de 150°C no tempo de admissão e quase 1000°C no tempo de escape.

Este desequilíbrio térmico, associado ao facto de o motor Wankel ser todo ele mais pequeno que o motor alternativo de pistões, provoca problemas de refrigeração e tem tendência a provocar distorções no motor.

4.3.1 - SEGMENTOS

Outra das dificuldades do motor Wankel, consiste em garantir a estanqueidade entre as câmaras do rotor e a parte interior ovalada do estator.

Cada uma das 3 (três) câmaras deve ser totalmente estanque em relação às outras duas, para que cada um dos tempos de ciclo em cada câmara não seja alterado e, para que não exista perda de compressão ou expansão entre elas.

Para garantir a estanqueidade entre as câmaras, são utilizados segmentos, como mostra a figura 4.6.

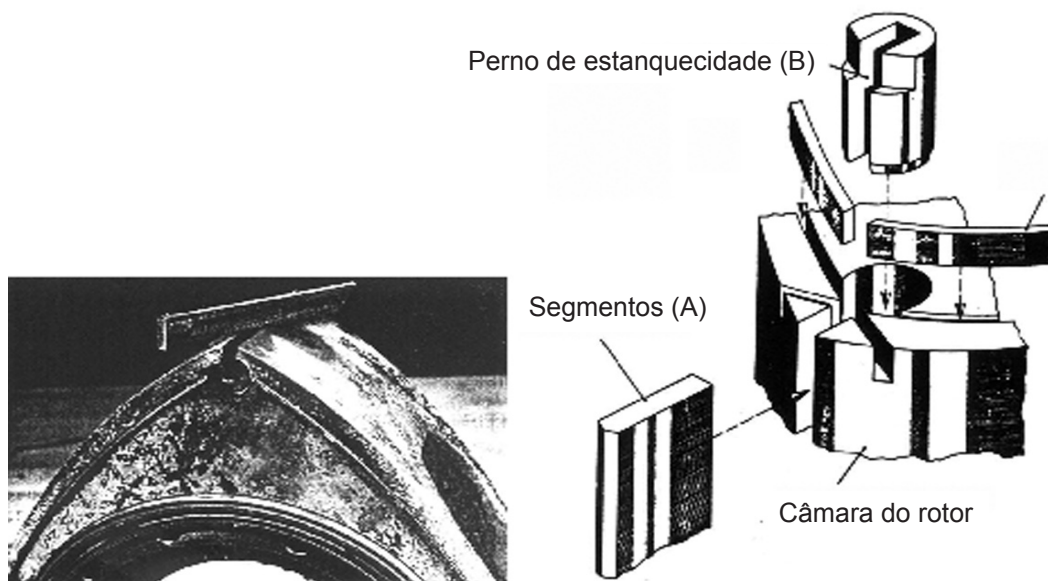


Fig.4.6 – Segmentos dos vértices do rotor

Os segmentos (S) são os segmentos das paredes ou faces laterais do rotor. Estes segmentos encontram-se alojados em gargantas que seguem os bordos do rotor e, encaixam-se nos ressaltos dos pernos de estanqueidade (B). Os segmentos (S) são lâminas de aço em forma de sector circular.

Os pernos de estanqueidade (B), são pequenos cilindros de aço onde encaixam os segmentos (A) dos vértices do rotor.

Os segmentos (A) dos vértices consistem numa das maiores dificuldades na concepção dos motores Wankel.

A figura 4.7 mostra duas soluções diferentes para os segmentos dos vértices do rotor de um motor Wankel.

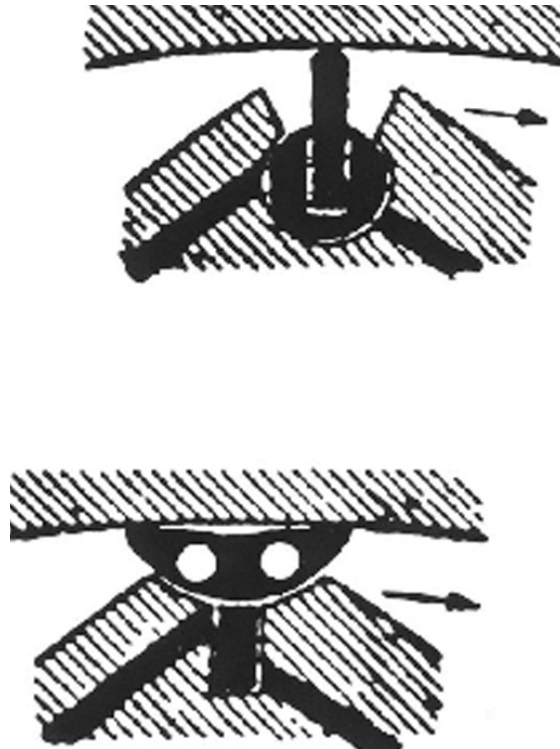


Fig.4.7 – Segmentos dos vértices do rotor

Existem motores Wankel com 2 (dois) rotores montados sobre o mesmo veio, como mostra a figura 4.8

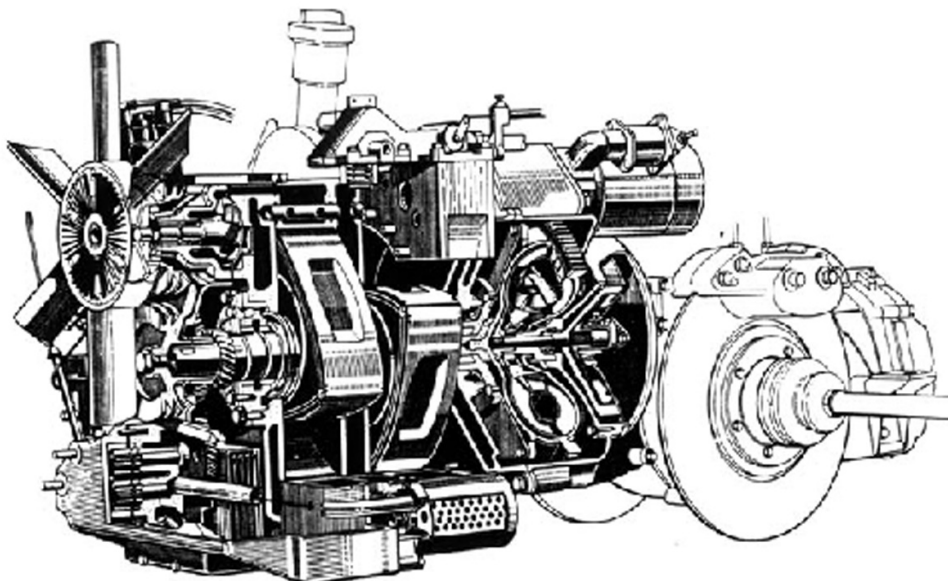


Fig.4.8 – Motor Wankel com 2 (dois) rotores

5 - DIAGRAMAS DE FUNCIONAMENTO

O funcionamento de um motor pode ser representado e analisado graficamente. A essa representação gráfica, dá-se o nome de **diagrama de funcionamento**.

No diagrama de funcionamento podem-se observar as variações de volume e de pressão dentro do cilindro do motor, ao longo dos tempos do ciclo.

O diagrama de funcionamento é um gráfico, em que, no eixo das abcissas (eixo horizontal) se lêem os valores do volume ocupado pelos gases dentro do cilindro, enquanto no eixo das ordenadas (eixo vertical) se lêem os valores de pressão a que os mesmos estão sujeitos.

5.1 - CICLOS TEÓRICOS

A mistura gasosa (ar/combustível) que opera no cilindro do motor, é submetida ao longo de um ciclo completo, a uma grande variedade de transformações físicas e químicas, tais como compressão, expansão, transmissão de calor, combustão, etc.

A complexidade de todas estas transformações, torna difícil a sua análise e, o conhecimento real das consequências das mesmas no ciclo do motor. Por isso, normalmente são feitas sucessivas aproximações teóricas do ciclo do motor. Estes ciclos teóricos obtidos por aproximação, são normalmente comparados com ciclos reais obtidos através de experiências práticas.

Num ciclo teórico considera-se o seguinte:

O fluído que opera no cilindro do motor é um gás perfeito.

As fases em que existe introdução ou remoção de calor, têm uma duração bem determinada.

Nas outras fases não existem perdas de calor.

O ciclo teórico representa o limite máximo que teoricamente o motor pode alcançar.

5.1.1 - CICLO A VOLUME CONSTANTE (CICLO OTTO)

A figura 5.1 representa o ciclo OTTO. O nome deve-se ao alemão Otto que o desenvolveu. O ciclo OTTO é o ciclo teórico para motores a gasolina.

O ciclo OTTO é um ciclo ideal a volume constante. Num ciclo a volume constante, a combustão completa do combustível tem lugar quando o êmbolo termina o tempo de compressão, considerando que o êmbolo fica imóvel quando atinge o PMS no final do tempo de compressão, pelo que, o combustível é queimado a volume constante da câmara de combustão

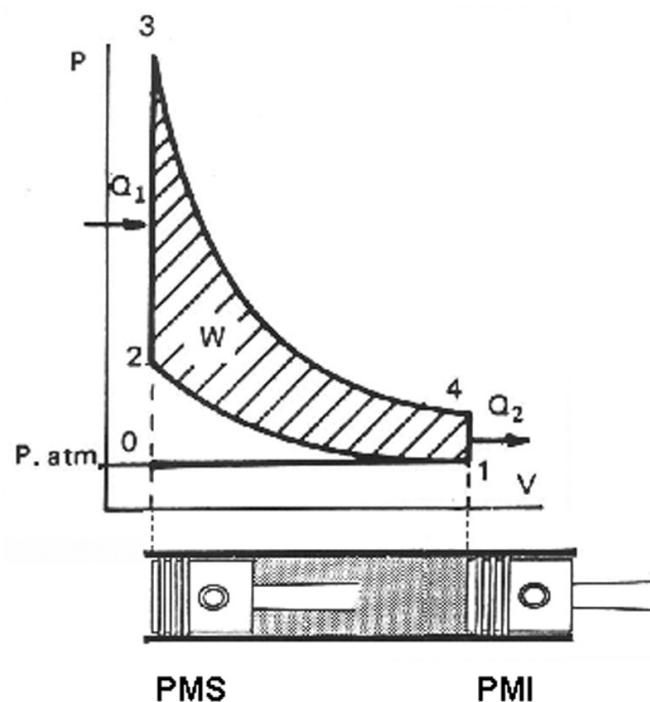


Fig.5.1 - Ciclo teórico OTTO

Analisemos o ciclo OTTO da figura 5.1 . A figura 5.1 mostra a representação gráfica do ciclo e a posição relativa do êmbolo.

Admissão

No tempo de admissão, o êmbolo efectua o percurso descendente do PMS para o PMI (**percurso 01**) e a mistura gasosa entra para o interior do cilindro. A pressão no interior do cilindro mantém-se igual à pressão atmosférica ($P=1$ bar) e, o volume aumenta ao longo do percurso descendente do êmbolo (o volume passa de V_0 para V_1).

Compressão

No tempo de compressão, o êmbolo efectua o percurso ascendente do PMI para o PMS (**percurso 1 2**). O gás é comprimido, sofrendo um aumento de pressão e uma diminuição de volume no interior do cilindro, sem trocas de calor com o exterior. É uma compressão adiabática.

Combustão

Quando o êmbolo atinge o PMS, há uma introdução instantânea de calor (através de uma faísca que provoca a inflamação da mistura gasosa), **percurso 2 3**, fazendo com que haja um aumento de pressão significativa (a pressão aumenta de P2 para P3). O processo dá-se instantaneamente, o êmbolo não chega a deslocar-se, pelo que se trata de uma transformação isocórica (a volume constante) ($V_2 = V_3$).

Expansão

A inflamação da mistura gasosa terminou e, este inicia uma expansão adiabática (sem trocas de calor com o exterior), verificando-se um abaixamento da pressão (a pressão baixa de P3 para P4) e um aumento do volume (o volume aumenta de V3 para V4). O êmbolo desloca-se do PMS para o PMI (**percurso 3 4**).

Escape

Quando o êmbolo chega ao PMI (**ponto 4**), abre-se a válvula de escape e, no instante em que esta abre provoca uma descida repentina de pressão (a pressão baixa de P4 para $P_1 = P_{atm}$) a volume constante ($V_4 = V_1$) (**percurso 4 1**) e, efectua-se o escape (**percurso 1 0**). E o ciclo recomeça novamente.

5.1.2 - CICLO A PRESSÃO CONSTANTE (CICLO DIESEL)

O ciclo DIESEL é um ciclo a pressão constante. Num ciclo a pressão constante, a inflamação do combustível tem lugar, quando as primeiras gotas de combustível que são injectadas no cilindro entram em contacto com o ar, que está quente e comprimido no final do tempo de compressão.

A combustão é controlada e, mantêm-se a uma pressão constante, que é sensivelmente a mesma que foi alcançada pelo ar, no final do tempo de compressão.

De facto, quando o êmbolo começa a efectuar o percurso descendente do PMS para o PMI, a descida de pressão devida ao aumento de volume provocada pelo movimento descendente do êmbolo, é compensada pelo aumento de pressão provocada pela combustão, ou seja, a pressão mantêm-se constante.

A principal diferença entre o ciclo a volume constante e o ciclo a pressão constante, é que no primeiro o calor é introduzido a pressão constante, enquanto no segundo é introduzido a volume constante.

Os motores que funcionam em ciclo de pressão constante, podem utilizar relações de compressão mais elevadas, que os motores correspondentes que funcionam a ciclo de volume constante.

Analisemos o ciclo DIESEL da figura 5.2 . A figura 5.2 mostra a representação gráfica do ciclo e a posição relativa do êmbolo.

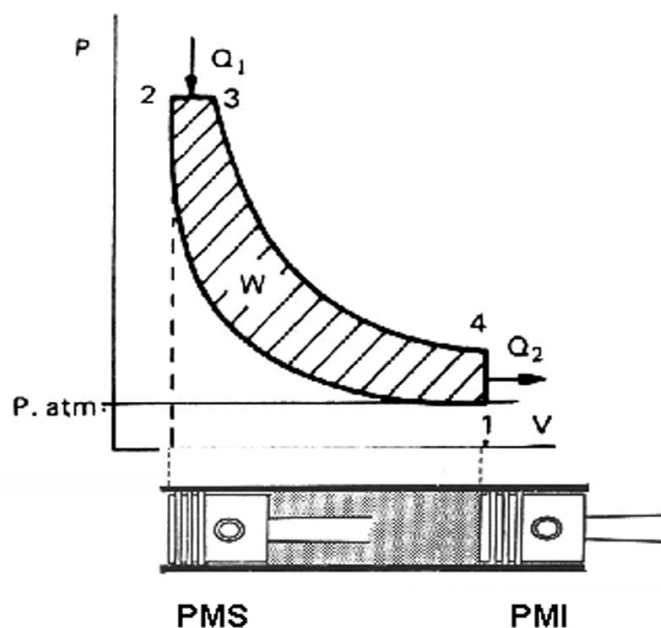


Fig.5.2 – Ciclo DIESEL

Admissão

No tempo de admissão, o êmbolo efectua o percurso descendente do PMS para o PMI (**percurso 0 1**) e o ar entra para o interior do cilindro. A pressão no interior do cilindro mantêm-se igual à pressão atmosférica ($P_0 = P_1 = 1 \text{ bar}$) e, o volume aumenta ao longo do percurso descendente do êmbolo (o volume passa de V_0 para V_1).

Compressão

No tempo de compressão, o êmbolo efectua o percurso ascendente do PMI para o P.M.S (**percurso 1 2**). O ar é comprimido. Sofre um aumento de pressão (a pressão aumenta de P1 para P2) e uma conseqüente diminuição de volume (o volume baixa de V1 para V2) no interior do cilindro, até alcançar uma temperatura suficiente para provocar a inflamação do combustível que vai ser injectado no interior do cilindro. A compressão é realizada sem trocas de calor com o exterior, é uma compressão adiabática.

Combustão

Quando o êmbolo atinge o PMS, após o tempo de compressão, o ar encontra-se fortemente comprimido e a uma temperatura elevada. Neste momento, é efectuada a injeção de combustível para o interior do cilindro. O contacto do combustível com o ar comprimido e quente, provoca a auto-inflamação do combustível e, a sua combustão a pressão constante ($P2 = P3$) (**percurso 2 3**).

Expansão

O êmbolo continua o seu deslocamento em direcção ao PMI, devido à expansão dos gases queimados, havendo uma diminuição de pressão (a pressão baixa de P3 para P4) e um aumento de volume (o volume aumenta de V_3 para V_4) (**percurso 3 4**). Esta expansão dos gases realiza-se sem trocas de calor com o exterior, ou seja, é uma expansão adiabática.

Quando o êmbolo atinge o PMI (**ponto 4**), abre-se a válvula de escape e, no instante em que esta abre provoca uma descida brusca de pressão (a pressão baixa de P4 para P1) a volume constante ($V_4 = V_1$) (**percurso 4 1**). Nesta fase realiza-se troca de calor com o exterior. Efectua-se o escape (**percurso 1 0**) e o ciclo recomeça novamente.

5.1.3 – MOTOR A GASOLINA–DIFERENÇAS ENTRE OS CICLOS REAIS E TEÓRICOS

Existem acentuadas diferenças entre os ciclos reais e os ciclos teóricos do motor a gasolina. Existem diferenças quanto à forma do diagrama e, quanto aos valores das pressões e temperaturas máximas.

A Figura 5.3 representa o ciclo real. Em relação ao ciclo teórico (Fig.5.3), as curvas de expansão e de compressão têm um perfil diferente e os traços rectilíneos do ciclo teórico correspondentes a fases em que se dá trocas de calor com o exterior, estão no ciclo real arredondados.

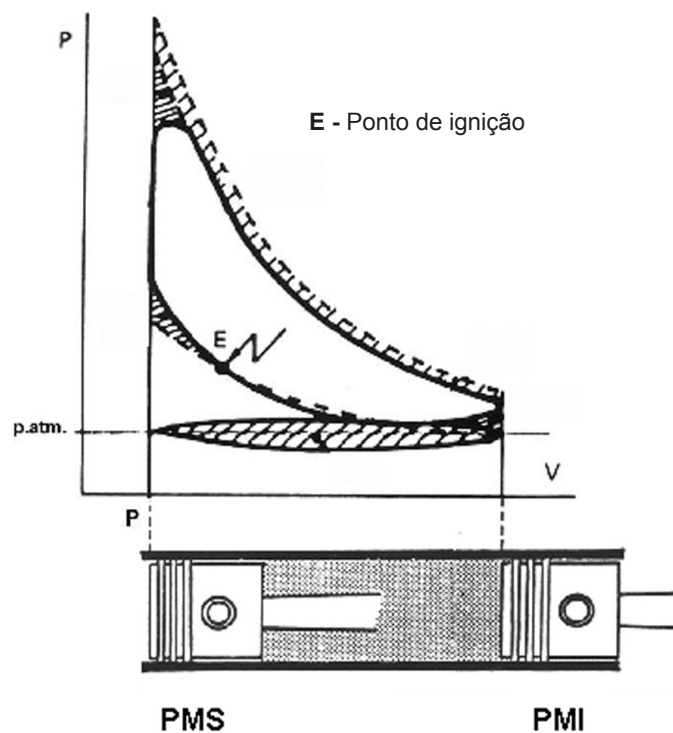


Fig.5.3 – Ciclo real (motor a gasolina)

Estas diferenças devem-se a:

a) Perdas de calor

Apesar de serem nulas no ciclo teórico, as perdas de calor são grandes no ciclo real, pois o cilindro não se encontra isolado termicamente.

O cilindro está refrigerado, para que a temperatura no seu interior não atinja valores que ultrapassem os limites admissíveis do material, pondo em causa o bom funcionamento do motor.

Assim, no ciclo real, as linhas de expansão e de compressão não são adiabáticas, como se convencionou no ciclo teórico.

b) Combustão não instantânea

No ciclo teórico supõe-se que a combustão se realiza a volume constante. Para tal considera-se que a mesma é instantânea. No entanto os processos instantâneos não existem. Não sendo instantânea, se a faísca da vela de ignição saltasse exactamente no PMS, a combustão desenrolar-se-ia com o êmbolo a efectuar já o deslocamento descendente, em direcção ao PMI, sendo que a pressão resultante seria inferior à pretendida.

Por essa razão, faz-se antecipar a faísca da vela de ignição (ponto E - figura 5.3) de modo a que a combustão tenha início antes de o êmbolo atingir o PMS Assim, garante-se que a combustão realiza-se toda enquanto o êmbolo se encontra na proximidade do PMS.

A linha **2 3** (Fig.5.1) do ciclo teórico fica no ciclo real (Fig.5.3) mais arredondada.

c) Abertura da válvula de escape

No ciclo teórico considerou-se que a cedência de calor para o exterior seria instantânea e realizava-se com o êmbolo no PMI. No ciclo real cedência de calor para o exterior não é instantânea, durando um certo tempo. A válvula de escape terá de se abrir um pouco antes do êmbolo atingir o PMI, para dar tempo a que parte dos gases saiam antes do êmbolo atingir o PMI, baixando assim a pressão no interior do cilindro facilitando o posterior deslocamento ascendente do êmbolo.

d) Tempos de admissão e escape

No ciclo teórico, considera-se que os tempos de admissão e de escape são realizados à pressão atmosférica ($P=1\text{bar}$). No ciclo real, o tempo de escape é realizado a uma pressão superior à pressão atmosférica e, o tempo de admissão é efectuado a uma pressão inferior à pressão atmosférica.

e) Dissociação dos produtos da combustão

Durante o processo de combustão, os motores libertam essencialmente CO_2 e H_2O , podendo também libertar entre outros, CO , e O_2 . A dissociação química destes produtos é uma reacção que absorve calor, pelo que a temperatura máxima alcançada, é inferior no ciclo real.

5.1.4 – MOTOR DIESEL–DIFERENÇAS ENTRE OS CICLOS REAIS E TEÓRICOS

Existem acentuadas diferenças entre os ciclos reais (Fig.5.4) e os ciclos teóricos do motor Diesel. Existem diferenças quanto à forma do diagrama e, quanto aos valores das pressões e temperaturas máximas tal como no motor a gasolina.

Algumas das diferenças são similares aquelas que foram enunciadas para os motores a gasolina, tais como, perdas de calor e abertura da válvula de escape.

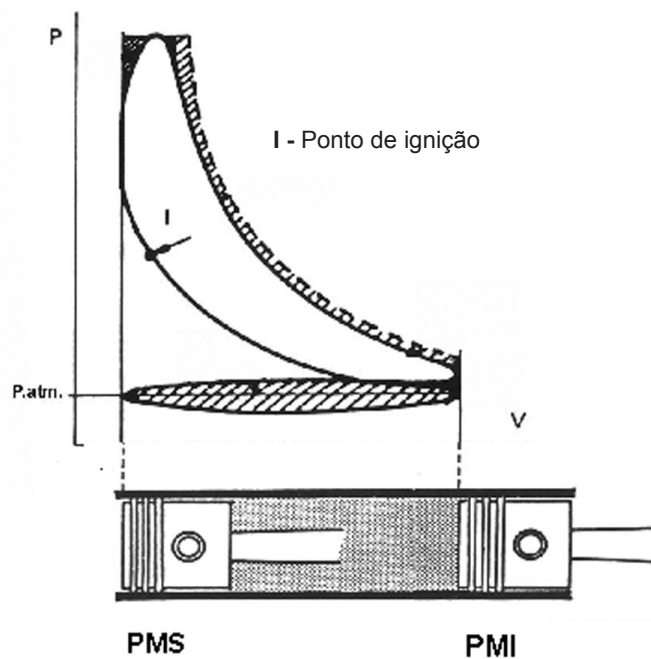


Fig.5.4 – Ciclo real (motor DIESEL)

a) Combustão a pressão constante

No ciclo real a combustão não se realiza a pressão constante, tal como se supôs no ciclo teórico. De facto, na realidade, parte da combustão realiza-se a volume constante e outra parte a pressão constante.

b) Dissociação dos produtos da combustão

Nos motores Diesel, a dissociação dos produtos da combustão não é tão importante como nos motores a gasolina, dado o excesso de ar em que é realizada a combustão.

c) Perdas por Bombagem

Estas perdas resultam da energia necessária para encher e vaziar o motor, considerando os atritos mecânicos e a força dos gases de escape. Em ciclos sobrealimentados não existem perdas por bombagem, pois a pressão de admissão é superior à de escape. Nos motores Diesel as perdas por bombagem são inferiores às obtidas nos motores a gasolina.

6 – COMBUSTÃO E COMBUSTÍVEIS

6.1 - COMBUSTÍVEIS

Os combustíveis para motores de combustão interna são materiais cuja energia química pode transformar-se em energia térmica e esta por sua vez em energia mecânica.

Os combustíveis utilizados nos motores de combustão interna, são combustíveis líquidos derivados do petróleo, distinguindo-se duas grandes categorias: **Carburantes** e **Óleos pesados**.

Os carburantes são utilizados nos motores de ignição por faísca, sendo o principal a **Gasolina**. No grupo dos carburantes pode-se considerar ainda o Benzol e o Álcool.

Os **óleos pesados** são utilizados nos motores Diesel, sendo o principal o **Gasóleo**.

A tabela 6.1 indica valores de algumas características de carburantes.

Carburantes líquidos	Peso Específico (kl/dm ³)	Poder Calorífico (cal/g)	Índice de octano	Relação de compressão	Volume de ar (m ³ /Kg)
Gasolina normal	0,725	11 000	80 a 90	6:1 a 7:1	13 a 15
Gasolina super	0,730	11 000	98	8:1 a 12:1	13 a 15
Gasolina normal sem chumbo	0,725-0,780	11 000	95	7:1 a 10:1	13 a 15
Gasolina super sem chumbo	0,725-0,780	11 000	98	8:1 a 12:1	13 a 15
Petróleo	0,820	11 000	50	4,5:1 a 5:1	12 a 15
Óleo diesel	0,850	10 500	50	16:1 a 18:1	11,5 a 14
Benzol	0,880	10 000	110	9:1	11 a 14
Álcool etílico	0,790	6 000	110	9:1	7,5 a 9
Álcool metílico	0,810	5 000	135	10:1 a 12:1	7,5 a 9
Paraldeído	0,815	7 000	60	5,5:1	7 a 8

Tab.6.1 – Características de carburantes para motores de automóveis

6.1.1 - VOLATILIDADE

A **volatilidade** consiste na facilidade dos carburantes se evaporarem. Um líquido que se evapora a uma temperatura relativamente baixa, possui uma grande volatilidade. Se pelo contrário o seu ponto de ebulição é muito alto, o líquido é pouco volátil.

Para facilitar o arranque do motor, interessa que a volatilidade do combustível seja alta de modo a facilitar a vaporização e homogeneização da mistura ar/combustível, sobretudo nas baixas temperaturas.

Por outro lado:

Se a temperatura de ebulição é demasiado baixa (ou seja a volatilidade é demasiado alta), a gasolina por exemplo, tende a formar bolsas de vapor nas condutas de admissão.

Uma volatilidade alta aumenta o consumo, porque de uma maneira geral tende a provocar misturas excessivamente ricas em muitos regimes de funcionamento do motor.

Por isso, não existe um valor de volatilidade que satisfaça todas as exigências que do funcionamento do motor. É então necessário um valor de compromisso para a volatilidade do combustível.

6.1.2 - ÍNDICE DE OCTANO

A capacidade de resistência de um carburante à **detonação** é medida pelo chamado **Índice de Octano**.

O valor do Índice de Octano de um carburante é determinado por comparação com combustíveis de referência constituídos por misturas de **heptano** e **isooctano**.

Para o **heptano** que tem baixa resistência à detonação, convenciou-se um **índice de Octano igual a 0 (zero)**, e para o **isooctano** que tem alta resistência à detonação, convenciou-se um **índice de Octano igual a 100 (cem)**.

A proporção de isooctano na mistura de referência, indica-nos o índice de Octano de um combustível com as mesmas características de detonação dessa mistura de referência.

Exemplo:

Diz-se que um carburante tem um índice de Octano igual a 90, quando apresenta as mesmas características de detonação que a mistura de referência formada de 10% de heptano e de 90% de isoctano.

Quanto mais elevado é o índice de Octano de um carburante, maior é a sua capacidade de resistir à detonação.

À gasolina de índice de Octano inferior a 90 dá-se o nome de **gasolina normal** (Fig.6.1) e à gasolina de índice de Octano superior a 90 dá-se o nome de **gasolina super** (Fig.6.2).



Fig.6.1 – Gasolina Normal – índice de Octano < 90



Fig.6.2 – Gasolina Super – índice de Octano > 90

6.1.3 - ÍNDICE DE CETANO

Nos motores Diesel, existe um tempo entre o momento da injeção do combustível no cilindro e o começo da combustão, ao qual se dá o nome de **atraso à inflamação**.

A qualidade de um gasóleo é tanto melhor, quanto menor for o atraso à inflamação. Se o atraso à inflamação for muito pequeno, diz-se que o combustível possui um bom poder de inflamação.

A maior ou menor facilidade de inflamação de um gasóleo é medida através do chamado **índice de Cetano**.

O valor do Índice de Cetano de um gasóleo é determinado por comparação com combustíveis de referência constituídos por misturas de **cetano e alfa metilnaftaleno**.

Para o **cetano** que tem uma boa facilidade de inflamação, convenciou-se um **índice de Cetano igual a 100 (cem)**, e para o **alfa metilnaftaleno** que tem pouca facilidade de inflamação convenciou-se um **índice de Cetano igual a 0 (zero)**.

Quanto mais elevado é o índice de Cetano de um gásleo, maior é a sua facilidade de auto-inflamação.

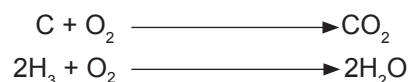
O gasóleo normal tem um índice de Cetano compreendido entre 40 e 70.

6.2 - COMBUSTÃO

A combustão é um processo de oxidação (reação entre o oxigénio e uma substância carburante).

Se for fornecida a quantidade correcta de oxigénio para um dado combustível, todo o carbono (C) e o hidrogénio (H) do combustível se oxidam, transformando-se respectivamente, em dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O).

Em condições ideais de queima deveríamos pois esperar apenas substâncias não tóxicas, como produtos de combustão completa:



Os restantes componentes do ar não são sujeitos a qualquer reacção química e são emitidos na mesma proporção.

6.2.1 - COMPOSIÇÃO DO AR

A constituição do ar atmosférico que entra nos motores e que todos nós respiramos está representada na tabela 6.2.

ELEMENTO	PERCENTAGEM (%)
OXIGÉNIO (O ₂)	20,99
NITROGÉNIO (N ₂)	78,03
ÁRGON (Ar)	0,94
DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	0,03
Outros	0,01

Tab.6.2 – Composição do ar atmosférico

6.2.2 - PROCESSO DE COMBUSTÃO – MOTOR A GASOLINA

Durante o funcionamento do motor a gasolina, no tempo de admissão, a mistura gasosa de ar/combustível é introduzida no interior do cilindro, após ter sido preparada pelo sistema de carburação ou de injeção.

Durante o tempo de compressão, a mistura gasosa é fortemente comprimida a uma pressão entre 8 e 15 bar, atingindo uma elevada temperatura que oscila entre 400 e 600°C.

A vela de ignição faz saltar uma faísca, formando-se ao redor da mesma um foco inicial de inflamação da mistura gasosa. Este foco inicial faz iniciar a combustão que se propaga a toda a mistura gasosa existente na câmara de combustão, formando-se uma **frente de chama**.

De início, a velocidade de propagação da chama é relativamente baixa, mas vai gradualmente evoluindo, alcançando um valor elevado aproximadamente constante, chamado **velocidade de chama**.

A tabela 6.3 mostra alguns factores que têm influência na velocidade da chama:

FACTOR	INFLUÊNCIA
TURBULÊNCIA	A turbulência dos fluidos no interior do cilindro aumenta a velocidade da chama. A posição e formato das condutas de admissão, a posição das válvulas e da vela de ignição e a forma da câmara de combustão, devem ser de forma a aumentar a turbulência da mistura gasosa.
RELAÇÃO DE MISTURA AR/ COMBUSTÍVEL	A velocidade da chama é maior em misturas ricas.
TEMPERATURA	Para uma determinada relação de mistura (valor de λ), existe uma determinada temperatura para a qual a velocidade da chama é maior. Para temperaturas mais altas ou mais baixas, a velocidade da chama é menor.
PRESSÃO	Quanto maior for a pressão no início da combustão, maior dificuldade tem a frente de chama em progredir.
HUMIDADE	A velocidade da chama diminui com a humidade, devido à vaporização da água.

Tab.6.3 – Factores que influenciam a velocidade da chama

Pelo facto do processo de combustão ser muito rápido, é comum mas incorrecto, dar-se-lhe o nome de explosão.

Durante este período, a pressão sobe até aos 30 a 40 bar, e as temperaturas sobem até aos 2000 ou 2500°C.

A figura 6.3 ilustra o processo normal de combustão de um motor a gasolina.

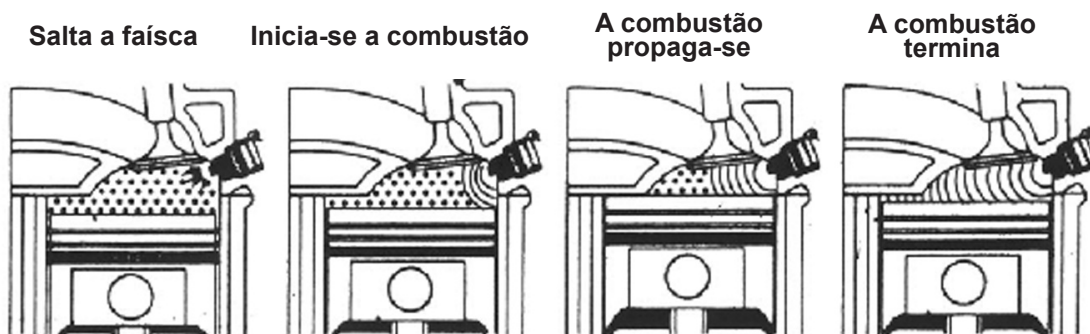


Fig.6.3 – Processo de combustão de motor a gasolina

6.2.2.1 - DETONAÇÃO

A **detonação** é um fenómeno que acontece no interior da câmara de combustão, como consequência de uma combustão anormal. Acontece quando se dá a combustão instantânea e espontânea de uma porção da mistura gasosa ar/combustível que se encontra na câmara de combustão.

A **detonação** apresenta-se sob a forma de uma violenta vibração das paredes da câmara de combustão. Quando a **detonação** acontece, é comum dizer-se que o motor está “picado”.

A detonação acontece do seguinte modo:

Quando salta a faísca na vela de ignição, a frente de chama propaga-se normalmente pela câmara de combustão.

Em determinado momento, uma parte da mistura gasosa ainda não queimada explode espontaneamente com violência. Esta explosão espontânea é devida à pressão exercida sobre essa parte da mistura pelos gases queimados, que produzem um aumento de temperatura que alcança valores de inflamação espontânea da mistura.

A figura 6.4 mostra a situação de detonação.

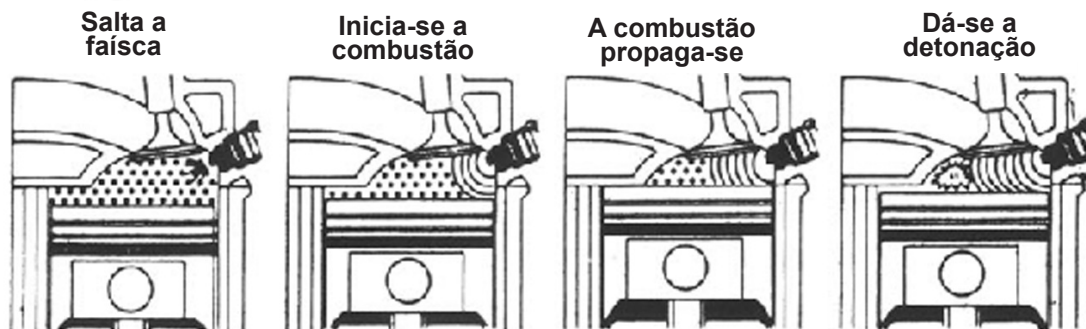


Fig.6.4 – Combustão com detonação

A **detonação** pode dar-se quando o motor funciona em condições extremas, tais como a cargas elevadas, temperaturas ambientes muito altas, etc.

A **detonação** produz-se com maior facilidade quanto maior for a relação de compressão.

O aparecimento da **detonação** depende também essencialmente das características anti-detonantes do carburante.

Existem algumas formas de diminuir a possibilidade de ocorrência da detonação:

- a) Utilizar combustíveis com boas características anti-detonantes (índice de Octano elevado).
- b) Reduzir a relação de compressão (reduz a pressão e a temperatura no interior da câmara de combustão).
- c) Atrasar o ponto de ignição, para que o valor de pressão máxima ocorra depois do PMS.

d) Aumentar a turbulência. A turbulência aumenta a velocidade da frente de chama, reduzindo assim o tempo de esta percorrer toda a câmara de combustão.

e) Diminuir a distância que a frente de chama tem que percorrer na câmara de combustão. As câmaras hemisféricas pela sua geometria, são apropriadas para este efeito.

f) Diminuir a temperatura das paredes da câmara de combustão.

g) Diminuir a temperatura da mistura gasosa na entrada do cilindro.

6.2.2.2 - AUTO-IGNIÇÃO

A **auto-ignição** é uma combustão anormal que se inicia com a inflamação da mistura gasosa produzida por um **ponto quente** na câmara de combustão.

A auto-ignição acontece normalmente antes de saltar a faísca na vela de ignição, daí também poder chamar-se **pré-ignição**.

A figura 6.5 mostra a situação de auto-ignição.

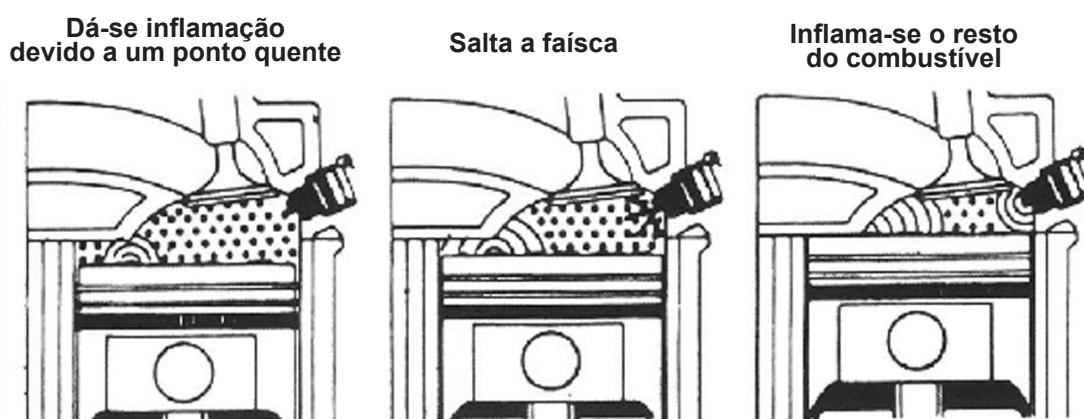


Fig.6.4 – Combustão com detonação

6.2.2.3 - PONTO DE IGNIÇÃO (MOTOR A GASOLINA)

O ponto de ignição é o momento em que salta a faísca na vela de ignição. Normalmente é dado em relação aos graus de rotação da cambota, como mostra a figura 6.6.

Como já se viu atrás, num motor que funciona num ciclo a 4 (quatro) tempos, o terceiro tempo é combustão/expansão.

Este tempo do ciclo começa com o êmbolo perto do no PMS, produzindo-se nessa altura uma faísca na vela de ignição, que inflama a mistura gasosa ar/combustível que se encontra fortemente comprimida no interior do cilindro.

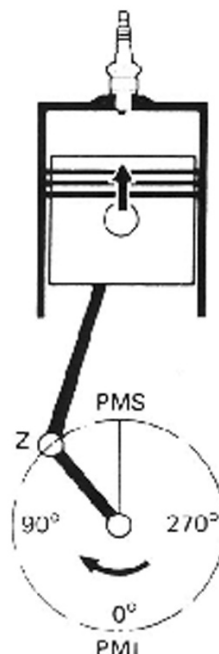


Fig.6.6 – Z – Ponto de ignição

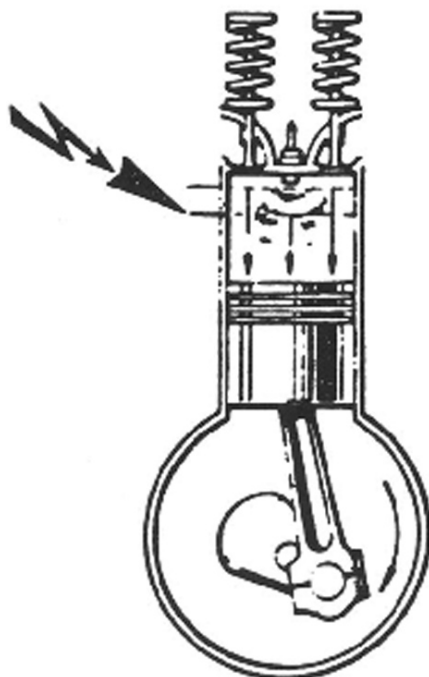


Fig.6.7 – Tempo de Combustão /Expansão

Dá-se a combustão da mistura gasosa, gerando-se uma temperatura da ordem dos 2100° C. Isso faz com que os gases contidos na câmara de combustão se expandam, aumentando a pressão num pequeno espaço de tempo, para valores da ordem dos 40 a 60 bar, empurrando o pistão para o PMI, como mostra a figura 6.7.

À medida que o êmbolo vai descendo, a temperatura e a pressão no interior do cilindro diminuem progressivamente até que, quando o êmbolo atinge o PMI, a temperatura se encontra abaixo dos 700 ou 800° C, como mostra a figura 6.8.

O ponto de ignição, ou seja o momento em que salta a faísca, deverá ser de modo a que a pressão máxima na câmara de combustão seja atingida no momento certo (quando o êmbolo se encontra no PMS).

Desde o momento em que salta a faísca na vela de ignição e começa a inflamação da mistura gasosa, até à sua total combustão, passa um determinado tempo que em média é da ordem de 0,001 a 0,002 s.

Se o processo de combustão se iniciar muito tarde, depois do PMS, então a mistura gasosa não se queima completamente até que o êmbolo chegue ao PMI.

Quando isto acontece, a temperatura a que os gases de escape saem do cilindro pode subir para 900 a 1000° C, como mostra a figura 6.9.

Neste caso há uma menor quantidade de calor que se transforma em energia mecânica. Por este facto, a potência do motor diminui e algumas peças do motor passarão a funcionar a temperaturas demasiado elevadas, nomeadamente as válvulas de escape, correndo o risco de se queimarem. O resultado deste atraso poderá ser então: válvulas queimadas ou empenadas, cabeças dos êmbolos danificadas, etc.

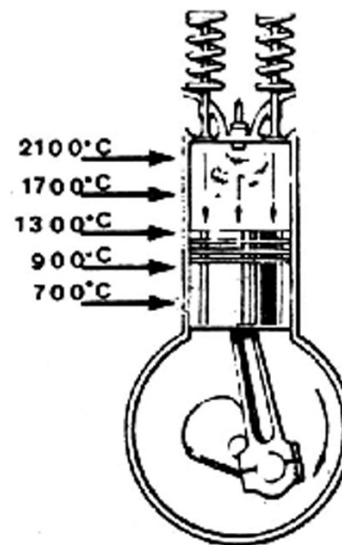


Fig.6.8 – Tempo de Combustão
/Expansão

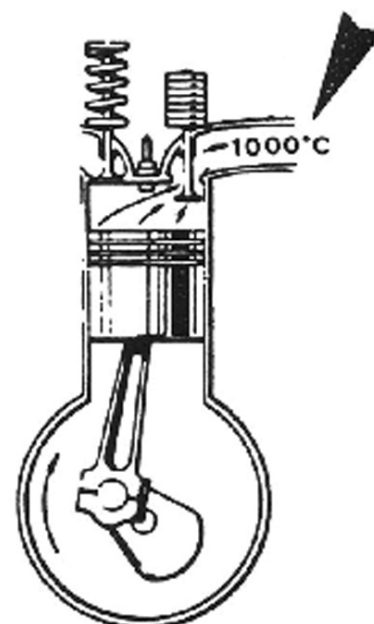


Fig.6.9 – Temperatura dos gases de escape quando a combustão se iniciou muito tarde

Se o processo de combustão se iniciar muito tarde, também acontece que a máxima pressão obtida pela combustão da mistura gasosa, dá-se quando o êmbolo já está longe do PMS.

O início da combustão nunca deverá estar atrasado.

Se o processo de combustão se iniciar demasiado cedo, antes do êmbolo ter atingido o PMS, este tem que acabar de efectuar o percurso de subida contra a pressão gerada pela combustão. Isto provoca um esforço adicional no êmbolo, biela e moentes da cambota, e uma perda de potência do motor.

EXEMPLO:

Considere-se um motor a gasolina a funcionar num ciclo de 4 (quatro) tempos, e a uma rotação de 4000 rpm.

Uma rotação de 4000 rpm (rotações por minuto), corresponde a 66 rps (rotações por segundo). Ou seja, a esta rotação do motor o êmbolo move-se para cima e para baixo 66 vezes em cada segundo, como mostra a figura 6.10.

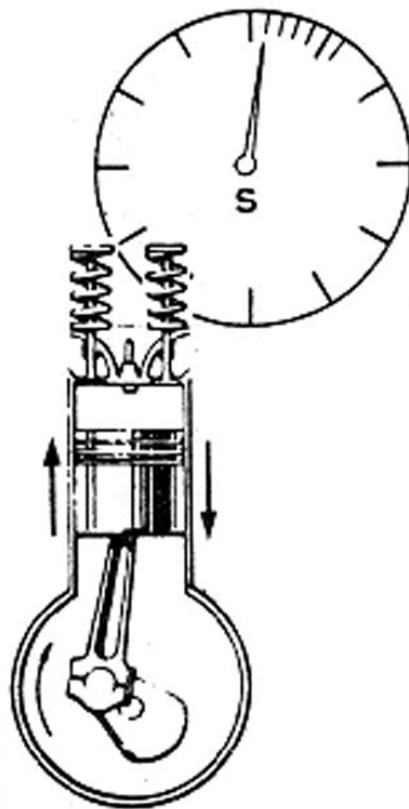


Fig.6.10 – Número de deslocações do êmbolo em cada segundo

Assim, com o motor a funcionar a uma rotação de 4000 rpm, o tempo gasto para o êmbolo executar um só curso é inferior a 0,0075 segundos, como mostra a figura 6.11.

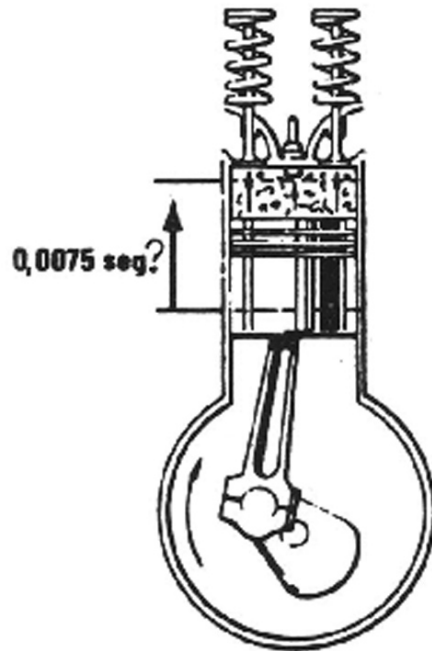


Fig.6.11 – Num motor a rodar a 4000 rpm cada curso do êmbolo demora 0,0075 s

Cada curso (e cada tempo) do motor corresponde a 180° de rotação da cambota, como mostra a figura 6.12.

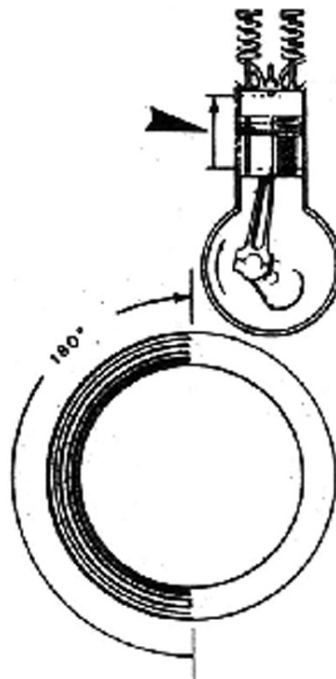


Fig.6.12 – Um curso do motor corresponde a 180° de rotação da cambota

Então, se um motor funcionar a 4000 rpm e se cada tempo corresponde a uma rotação de 180° da cambota, então a cambota leva 0,0075 segundos a descrever 180°.

Isto significa que a cambota leva 0,000042 segundos a rodar 1 (um) grau. ($0,0075 / 180 = 0,000042$).

Por exemplo, se o início da combustão se iniciar apenas com 0,001 segundos de atraso, a cambota já teria rodado 24°, estando o êmbolo já afastado do PMS, gerando os problemas já atrás citados.

Por outro lado, se o início da combustão se iniciar demasiado cedo, antes do êmbolo chegar ao PMS, devido a por exemplo 0,0015 segundos de avanço do ponto de ignição, a cambota terá de rodar 36° antes do êmbolo chegar ao PMS, tendo este que acabar o percurso de subida contra a pressão gerada pela combustão. Acontecerão também os problemas atrás citados.

FACTORES QUE INFLUENCIAM O PONTO DE IGNIÇÃO

Carga aplicada ao motor.

A velocidade a que a inflamação da mistura gasosa se propaga através da câmara de combustão, é aproximadamente constante para um-a mesma riqueza de mistura, mas **varia com a carga aplicada ao motor**. Ou seja, a rapidez com que a mistura se queima, varia desde o regime de ralenti até ao regime máximo do motor, de acordo com o esforço aplicado ao motor, como mostra a figura 6.13.

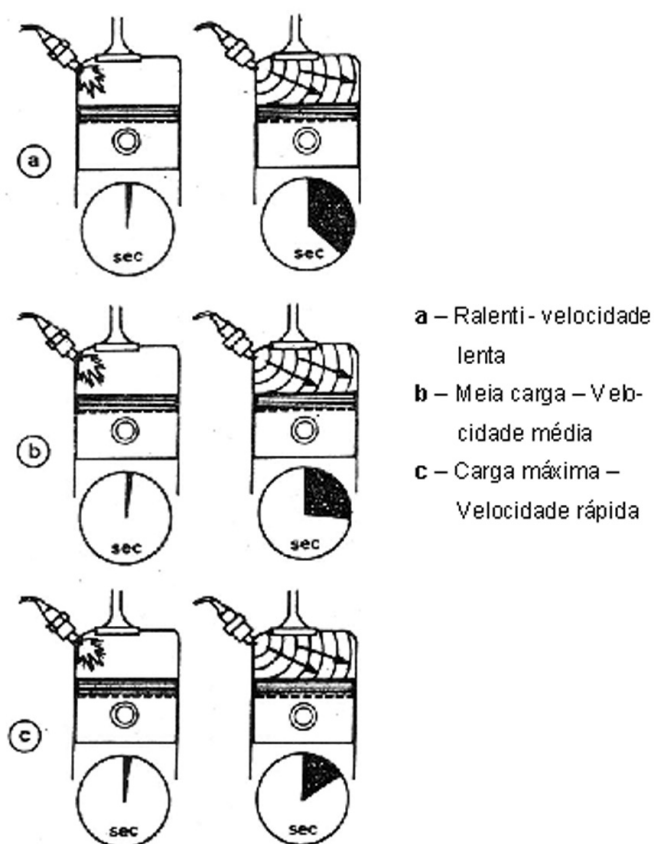


Fig.6.13 – Velocidade de propagação da chama em função da carga

Quanto menor for a carga aplicada ao motor, maior deverá ser o avanço ao ponto de ignição.

Velocidade de rotação do motor

A velocidade a que a inflamação da mistura gasosa se propaga através da câmara de combustão, é aproximadamente constante para uma mesma riqueza de mistura. No entanto, a velocidade do êmbolo varia com a velocidade de funcionamento do motor.

Com o aumento do número de rotações do motor, o êmbolo percorre mais espaço em menos tempo, e sendo o mesmo tempo de duração da combustão, o ponto de ignição tem que ser avançado, como mostra a figura 6.14.

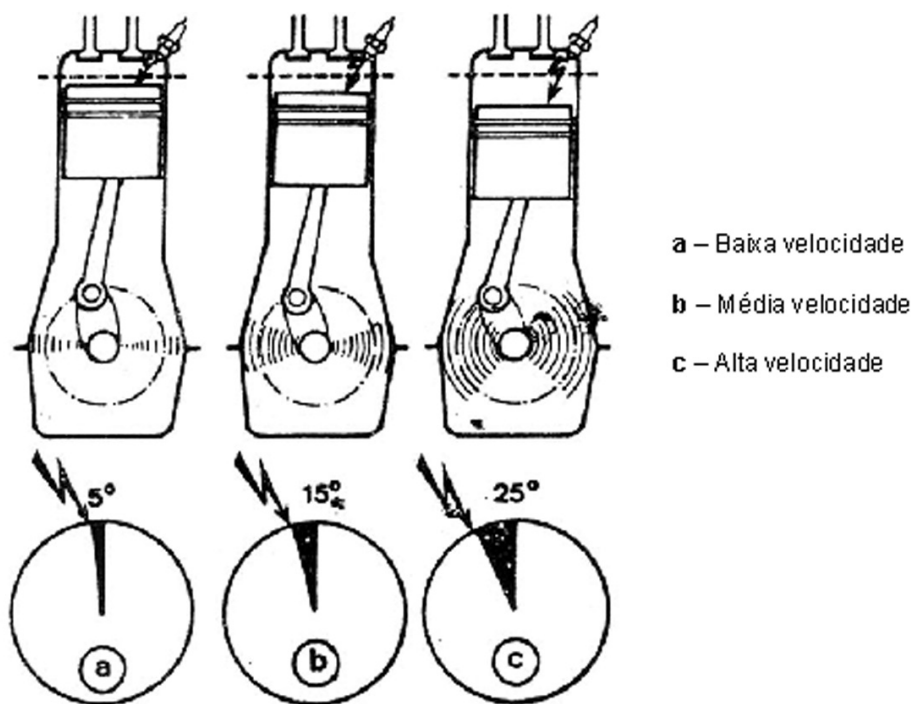


Fig.6.14 – Ponto de ignição em função da velocidade de rotação do motor

Quanto maior a velocidade de rotação do motor, maior deverá ser o avanço do ponto de ignição.

Outros factores

Outros factores que influenciam o ponto de ignição são: Combustível utilizado, forma e volume da câmara de combustão, localização da vela de ignição, composição da mistura gasosa ar/combustível, etc.

6.2.3 - PROCESSO DE COMBUSTÃO – MOTOR DIESEL

No motor Diesel o gasóleo é injectado no interior do cilindro pulverizado, onde vai entrar em contacto com ar fortemente comprimido e quente na câmara de combustão , e auto-inflamar-se.

O ar é fortemente comprimido durante o tempo de compressão (30 a 60 bar), atingindo uma temperatura da ordem dos 700 a 900° suficiente para queimar o combustível.

A combustão pode iniciar-se em qualquer ponto da câmara de combustão onde a temperatura do ar ultrapasse a temperatura de auto-inflamação do combustível.

No motor Diesel não se forma uma frente de chama única como no motor a gasolina. O combustível auto-inflama-se onde e quando estejam reunidas as condições para tal.

O tempo durante o qual o combustível se evapora e se queima depende dos três factores seguintes:

a) Diferença entre a temperatura do ar comprimido e a temperatura de auto-inflamação do combustível que é injectado. Se o valor da primeira temperatura é muito superior ao valor da segunda, o combustível evapora-se e auto-inflama-se mais rapidamente.

b) Pressão na câmara de combustão. Quanto maior esta for, melhor é o contacto entre o ar mais quente e o combustível mais frio, facilitando e acelerando a evaporação e auto-inflamação do combustível.

c) Tamanho das gotas do combustível. Quanto mais finas forem as gotas de combustível pulverizado mais fácil é a evaporação e combustão do combustível.

A pressão necessária para injectar as finas gotas de combustível, para que estas possam penetrar na câmara de combustão que se encontra a uma pressão muito elevada, poderá ter valores da ordem dos 150 a 1500 bar.

O processo de combustão de um motor Diesel é realizado em 3 (três) fases.

1ª fase – Atraso à auto-inflamação.

2ª fase – Combustão explosiva ou incontrolada.

3ª fase – Combustão difusante ou control

1ª fase – Atraso à auto-inflamação

Nesta primeira fase, o gasóleo começa a ser injectado para a câmara de combustão onde entra em contacto com o ar fortemente comprimido e quente. As gotas de combustível em contacto com o ar quente aquecem.

Ao tempo que ocorre entre a injeção das primeiras gotas de combustível na câmara de combustão e o início da combustão, é dado o nome de atraso à auto-inflamação. Durante este tempo o combustível é injectado continuamente.

*Em nenhum motor Diesel no início do processo de combustão, a auto-inflamação do combustível começa imediatamente após a sua injeção. Existe sempre o **tempo de atraso à auto-inflamação**.*

2ª fase – Combustão explosiva ou incontrolada

Quando num ponto qualquer da câmara de combustão as primeiras gotas de combustível alcançam a temperatura de auto-inflamação, inicia-se o processo de combustão que se propaga a todo o combustível injectado até esse momento. Dá-se uma subida brusca de pressão e temperatura.

Quanto maior for o tempo de atraso à auto-inflamação, mais violenta será a fase de combustão explosiva, e a maiores esforços mecânicos serão submetidos os componentes do motor.

A fase de combustão explosiva dá-se normalmente entre alguns graus antes e depois do PMS.

3ª fase – Combustão difusante ou controlada

Nesta fase, o combustível vai-se queimando à medida que é injectado na câmara de combustão.

A elevada temperatura e pressão que foi gerada na fase de combustão explosiva ou controlada, assegura que durante esta fase de combustão controlada se dê uma combustão imediata à medida que o combustível vai sendo injectado no interior da câmara de combustão.

Após terminar a injeção de combustível, a combustão continua até queimar todo o combustível existente na câmara de combustão.

6.2.4 - PRODUTOS DA COMBUSTÃO

As emissões de gases no caso de queima real são:

N₂ - O **nitrogénio** faz parte do ar, pelo que não é um composto prejudicial, não sendo venenoso.

CO₂ - O **dióxido de carbono** é produzido pela oxidação do carbono com o oxigénio do ar. O CO₂ não é venenoso, mas é considerado perigoso quando em altas concentrações. O resultado de altas concentrações revela-se pela falta de ar, bem como pelo aumento da temperatura do ar.

H₂O - A **água** é produzida através da ligação do hidrogénio (H₂) do combustível e oxigénio (O) do ar de admissão.

O₂ - O **oxigénio**, medido em percentagem por volume de gás de descarga, é um elemento necessário para qualquer combustão. O teor do oxigénio no ar é de cerca de 20,8% do volume.

Dado que nos catalisadores se reduz quase completamente, o oxigénio do ar é um dos elementos importantes na detecção de problemas de mistura, bem como de anomalias no sistema eléctrico e mecânico.

CO - O **monóxido de carbono** é produzido principalmente quando a queima de combustível é realizada sobre uma mistura rica e à falta de homogeneização da mistura.

HC`S - Os **hidrocarbonetos** fazem parte das emissões como combustível não queimado. Os componentes HC e NO_x fazem parte da névoa dos gases de escape. A concentração de HC aumenta à medida que a relação ar/combustível se afasta da relação estequiométrica e devido, também, à deficiente qualidade da faísca das velas de ignição.

NO_x - As emissões de **óxidos de nitrogénio** (NO_x) são maiores quando a relação ar/combustível se aproxima da estequiométrica. A oxidação do nitrogénio é favorecida exactamente quando há condições de máxima eficiência. Esta situação é devida essencialmente à existência de maiores pressões e temperaturas na câmara de combustão.

Para além destas, são ainda de considerar os seguintes compostos:

SO_x - São dois os **óxidos de enxofre** que resultam da combustão - dióxido de enxofre (SO₂) e trióxido de enxofre (SO₃). As percentagens de óxidos de enxofre são directamente proporcionais ao teor do enxofre existente no combustível. Estas emissões são mais críticas nos motores diesel.

Partículas - À formação de fuligem e fumos negros, devido a um processo químico denominado pirólise. **Pirólise** é a queda da cadeia carbónica do combustível.

A fuligem é composta por partículas com núcleo de carbono. Estas partículas têm a propriedade de absorver as substâncias contidas nos gases de escape, tais como hidrocarbonetos, enxofre, aldeídos, etc.

6.2.5 - RELAÇÃO AR/COMBUSTÍVEL

A relação ar/combustível é medida através do factor λ (lambda), ou coeficiente de excesso/defeito de ar.

Este coeficiente traduz a proporção que existe entre a relação ar/combustível com a qual o motor está a trabalhar e a relação teórica ar/combustível com a qual o motor deveria trabalhar para que a combustão fosse completa (relação estequiométrica).

$$\lambda (\text{lambda}) = \frac{\text{Relação ar / combustível 1 admitida}}{\text{Relação ar / combustível 1 estequiométrica}}$$

Se o valor λ (lambda) for superior a 1 ($\lambda > 1$) significa que existe **excesso de ar** na mistura, e por isso diz-se que é uma **mistura pobre**.

Se o valor λ (lambda) for igual a 1 ($\lambda = 1$) significa que a relação ar/combustível admitida é igual à relação ar/combustível estequiométrica. **É a condição ideal**.

Se o valor λ (lambda) for inferior a 1 ($\lambda < 1$) significa que existe **defeito de ar** na mistura, e por isso diz-se que é uma **mistura rica**.

No caso do **motor a gasolina**, para uma combustão completa, a relação ar /combustível estequiométrica é de 14,7:1, ou seja, para a combustão total de 1 Kg de gasolina são necessários 14,7 Kg de ar.

Num **motor diesel** sem sobrealimentação, a quantidade de ar aspirado, praticamente não varia ao longo de todo o regime de rotação do motor, visto que não existe uma borboleta de aceleração.

Apenas a quantidade de combustível injectado varia consoante se pretende mais ou menos potência. A relação ar combustível varia entre 20:1 e 60:1.

No caso do **motor diesel**, para uma combustão completa, a relação ar /combustível estequiométrica é de 14,4:1, ou seja, para a combustão total de 1 Kg de gasolina são necessários 14,4 Kg de ar.

No **motor diesel**, quanto mais combustível for introduzido maior será a potência debitada, mas, em contrapartida o rendimento baixa ligeiramente.

Este tipo de funcionamento favorece o binário disponível e o consumo específico, principalmente a cargas parciais, visto não existirem tantas perdas na admissão, como nos motores a gasolina, provocadas pela borboleta do acelerador.

6.2.6 - EFEITO DE MISTURAS RICAS E POBRES

Como já se viu, o **factor** λ (lambda), ou coeficiente de excesso/defeito de ar, é a proporção que existe entre a relação ar/combustível com o qual o motor está a trabalhar, e a relação teórica ar/combustível com a qual deveria trabalhar para que a combustão fosse completa (relação estequiométrica).

Vejamos o exemplo da Gasolina.

Para a maximização da eficiência de combustão, é necessário que a relação da mistura esteja próxima da relação estequiométrica, ou seja $\lambda = 1$.

Existem as seguintes possibilidades a considerar:

Excesso de ar na mistura ($\lambda > 1$) - mistura pobre

Menor consumo de combustível, menor potência. Misturas excessivamente pobres causam sobreaquecimento dentro da câmara de combustão e aumentam a possibilidade de detonação.

Relação estequiométrica ($\lambda = 1$)

Condição ideal de queima. A relação ar/combustível admitida é igual à relação estequiométrica.

Falta de ar na mistura ($\lambda < 1$) - mistura rica

Maior potência do motor e maior consumo de combustível. Misturas excessivamente ricas podem causar aumento do consumo, velas sujas e aumento de desgaste de motor.

A figura 6.15 mostra os campos de utilização de misturas em motores de velha e nova geração.

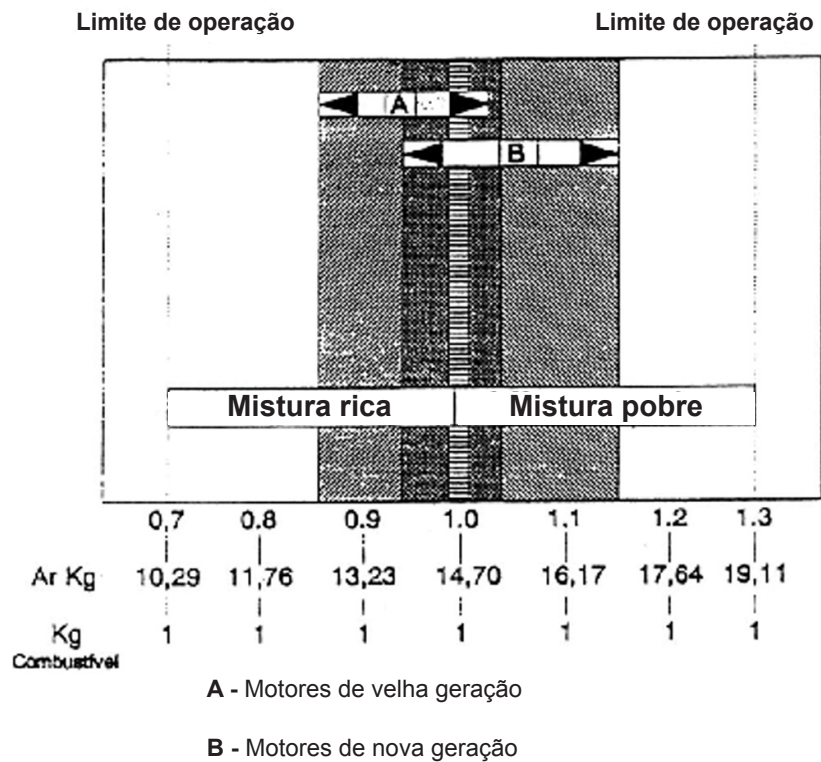


Fig.6.15 – Campos de utilização de misturas pobres e ricas

6.2.7 - COMPOSIÇÃO DOS GASES DE ESCAPE NUMA MISTURA POBRE

Numa mistura pobre haverá ar em excesso, em comparação com a quantidade de combustível.

CO - Numa mistura pobre há bastante oxigénio, pelo que o hidrocarboneto (HC) que entra em ignição queima completamente (H_2O ; CO_2). O resultado é uma leitura baixa de monóxido de carbono (CO).

CO₂ - A leitura de dióxido de carbono (CO_2) será baixa porque não há hidrocarbonetos (HC) em quantidade suficiente para combinar com todo o oxigénio (O_2) existente.

HC - Quando existir combustível insuficiente na câmara de combustão, a chama da vela não poderá propagar-se e inflamarr a totalidade da mistura ar/combustível, causando uma falha de ignição. O combustível não queimado origina leituras de hidrocarbonetos (HC) altas.

O₂ - A leitura de oxigénio (O₂) será alta, devido à quantidade excessiva de ar que permanece no cilindro. Misturas pobres originam leituras baixas de monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂) e leituras altas de hidrocarbonetos (HC) e oxigénio (O₂).

6.2.8 - COMPOSIÇÃO DE GASES NUMA MISTURA RICA

Numa mistura rica haverá combustível em excesso, em comparação com a quantidade de ar.

CO - Aparecerão valores de monóxido de carbono (CO) elevados por não haver quantidade de oxigénio (O₂) suficiente para a quantidade de combustível no cilindro.

CO₂ - A falta de oxigénio (O₂) no cilindro significa que o carbono nos hidrocarbonetos (HC) não pode combinar com o oxigénio (O₂) para formar dióxido de carbono (CO₂), originando valores de dióxido de carbono (CO₂) mais baixos.

HC - As leituras de hidrocarbonetos (HC) serão altas, dado não haver oxigénio (O₂) suficiente para a quantidade de combustível da mistura.

O₂ - Dado existir pouco oxigénio (O₂), a quantidade disponível será consumida durante a combustão, originando uma leitura baixa de oxigénio (O₂).

Misturas ricas originam leituras baixas de dióxido de carbono (CO₂) e altas de hidrocarbonetos (HC) e monóxido de carbono (CO).

No gráfico da figura 6.16 podemos observar a variação do teor das principais substâncias contidas nos gases de escape em função do factor λ (lambda).

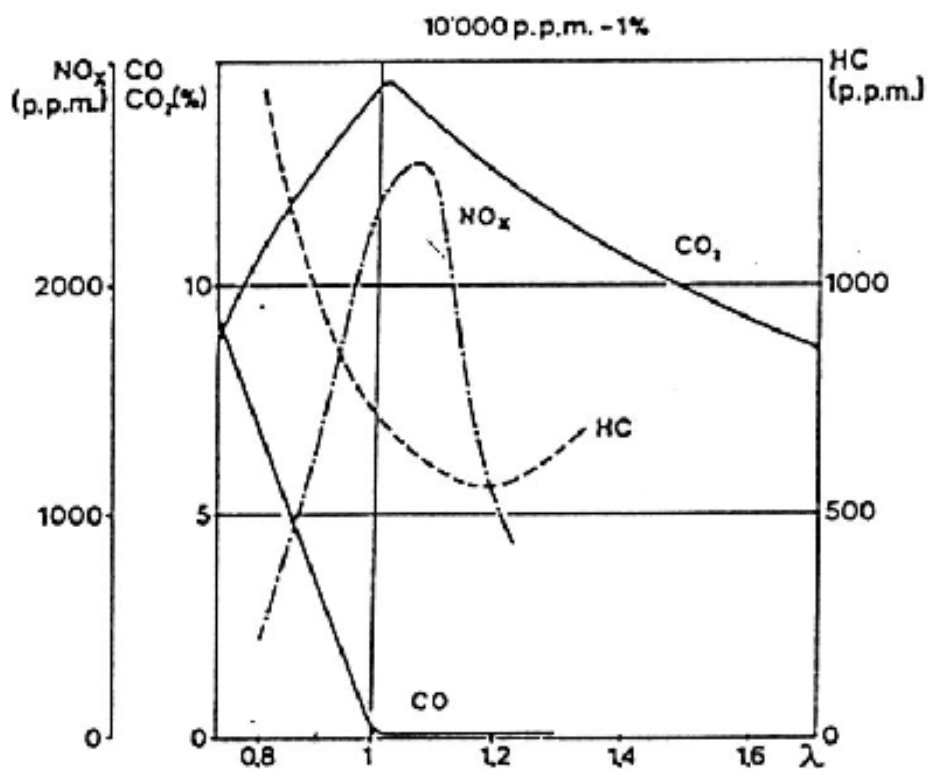


Fig. 6.16 – Variação do teor das substâncias dos gases de escape com o factor λ (lambda)

7 - TESTE DE COMPRESSÃO

7.1 – TESTE DE COMPRESSÃO (MOTOR A GASOLINA)

A verificação da pressão de compressão de cada cilindro é, normalmente, a primeira coisa a fazer quando se pretende determinar o estado em que se encontra um motor.

Este teste consiste em determinar se os cilindros conservam a compressão, ou se existem fugas excessivas através dos segmentos, válvulas ou junta da cabeça do motor.

Quando a pressão de compressão de um ou mais cilindros é baixa, podem ocorrer, entre outras, as seguintes situações:

Elevado consumo de óleo

Dificuldade no arranque do motor

Funcionamento irregular do motor

7.1.1 - CONDIÇÕES DE ENSAIO

A fim de se obter os resultados correctos é importante que o motor de arranque seja capaz de fazer rodar o motor à velocidade adequada. Para isso, a **bateria do automóvel deve estar completamente carregada**. Com uma bateria descarregada, o motor rodará demasiado devagar e, portanto, os valores obtidos não serão correctos.

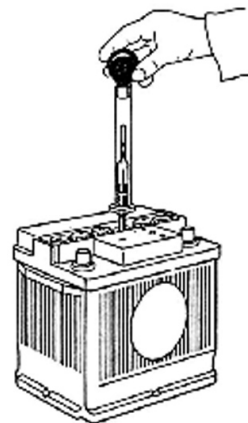


Fig.7.1 – Verificação da carga de uma bateria

A figura 7.1 mostra a verificação da carga de uma bateria, com a ajuda de um densímetro.

O ensaio deve realizar-se em todos os cilindros e com o motor quente, à temperatura normal de funcionamento.

Um motor quente trabalha com menores resistências internas (atritos internos) que um motor frio, porque o óleo, quando quente, é mais fluído que quando está frio. Um motor quente também permite uma maior elevação da temperatura do ar, durante o tempo de compressão, e daí resulta uma pressão de compressão mais elevada.

Se o motor estiver frio, deve ser posto em funcionamento até que atinja a temperatura normal de funcionamento.

7.1.2 - EQUIPAMENTO DE VERIFICAÇÃO

A verificação da pressão de compressão nos cilindros, faz-se com um compressógrafo ou um compressómetro. As figuras 7.2 e 7.4 mostram modelos típicos destes dois aparelhos.

Compressógrafo

Um compressógrafo é um aparelho que tem uma agulha indicadora que se desloca sobre uma cartolina graduada, na qual ficam gravados os valores de pressão máxima obtida em cada cilindro.

A pressão de compressão fica registada em gráfico na cartolina. A cartolina é substituível.

A figura 7.3 mostra um compressógrafo com **comando à distância** para accionar o motor de arranque.

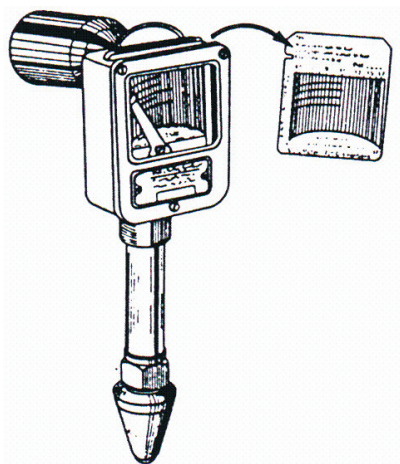


Fig.7.2 – Compressógrafo

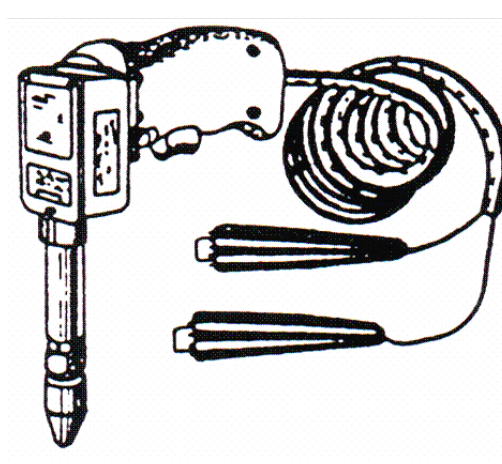


Fig.7.3 – Compressógrafo com comando à distância.

Compressómetro

Um compressómetro é um aparelho onde a pressão é indicada por um ponteiro que se desloca sobre uma escala graduada. Esta escala geralmente está graduada em kg/cm² ou libras por polegada quadrada. A figura 7.4 mostra um compressómetro.

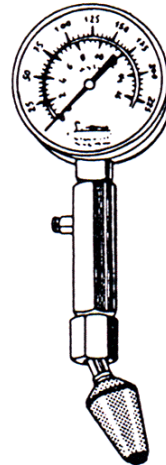


Fig.7.4 – Compressómetro

Adaptadores

Os adaptadores (Fig.7.5), destinam-se a tornar possível a ligação dos aparelhos aos orifícios de alojamento das velas de ignição quando estes se encontram em posições de difícil acesso.

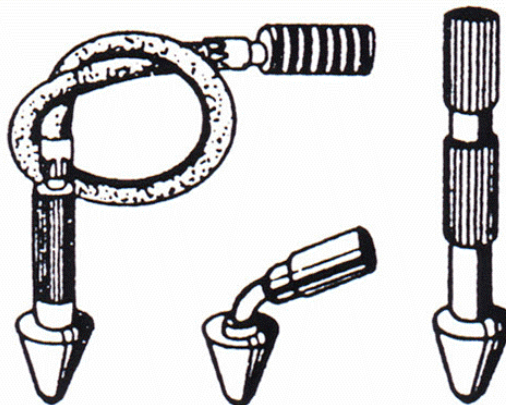


Fig.7.5 – Adaptadores

Nota: A pressão de compressão pode ser expressa nas seguintes unidades:

kg/cm² - Quilogramas por centímetro quadrado.

kpa - Quilopascals.

bar – Bares.

dN/cm² - Decanewtons por centímetro quadrado.

Lb/pol² - Libras por polegada quadrada.

7.1.3 - PROCEDIMENTOS DO TESTE

Para a verificação da pressão de compressão nos cilindros, devem ser seguidos os seguintes procedimentos:

- 1) **Desmontar as velas de ignição**, para destapar os orifícios como mostra a figura 7.6.

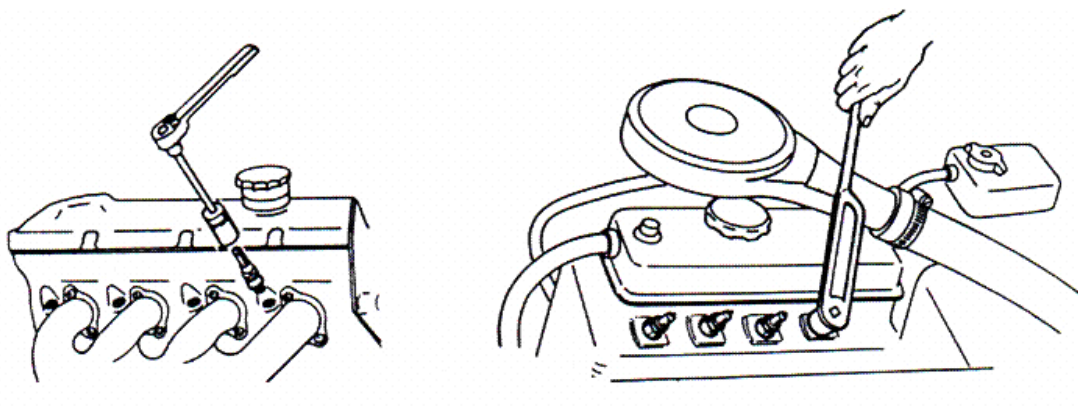


Fig.7.6 – Desmontagem de velas

- 2) **Desligar o cabo de alta tensão da bobina da tampa do distribuidor e, ligar a ponta do cabo a qualquer parte metálica que faça uma boa massa.**

Este procedimento, assegura que não se produzam faíscas, evitando assim as possibilidades de um incêndio. Ver a figura 7.7.

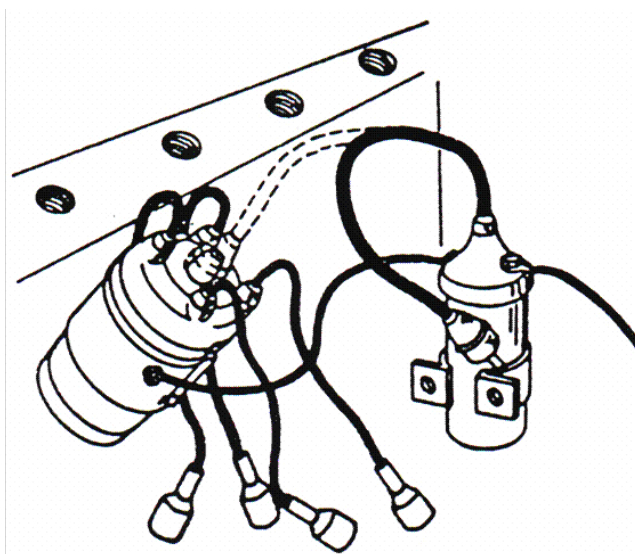


Fig.7.7 – Desligar o cabo de alta tensão da tampa do distribuidor

Nota:

Durante a execução deste ensaio, pode sair mistura pelos orifícios das velas.

3) O teste deve ser feito com as **borboletas de aceleração e de obturação de ar completamente abertas** (Fig.7.8), de modo a permitirem a maior entrada de ar possível para dentro dos cilindros.

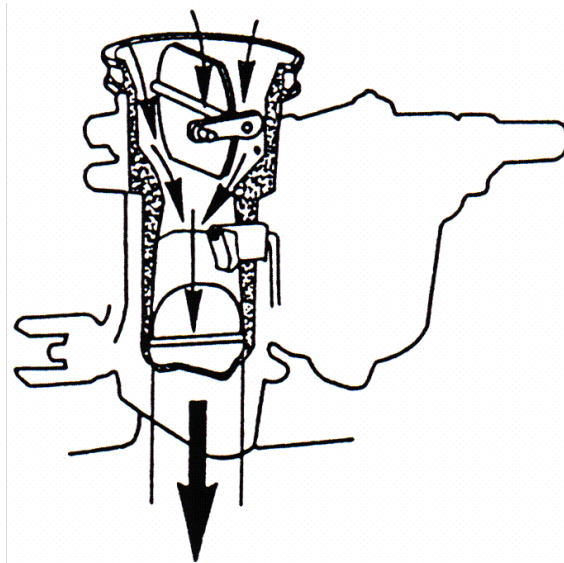


Fig.7.8 – Borboletas abertas

4) **Abrir a borboleta do acelerador premindo vagarosamente o acelerador.** Deste modo, evita-se que a bomba de aceleração, quando exista, injecte combustível na tubagem de admissão. Manter o pedal do acelerador premido a fundo durante todo o ensaio. Para este efeito poderá usar uma ferramenta especial como se mostra na Fig.7.9.

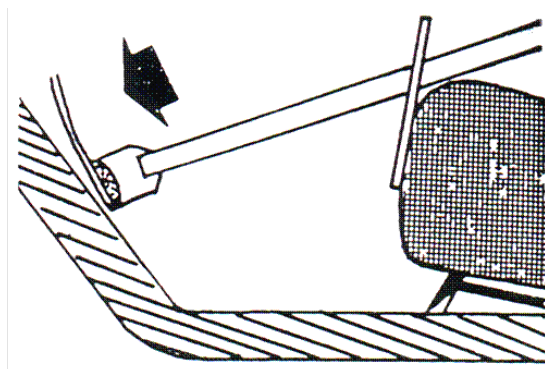


Fig.7.9 – Acelerador premido a fundo com a ajuda de uma ferramenta especial

5) Como mostra a figura 7.10, **comprimir a ponta cónica do compressógrafo contra o orifício da vela de ignição e, rodar o compressógrafo ¼ de volta (90°) no sentido horário** (sentido dos ponteiros do relógio). O aparelho deve manter-se bem alinhado com o furo da vela, para se obter uma ligação bem vedada, sem fugas.

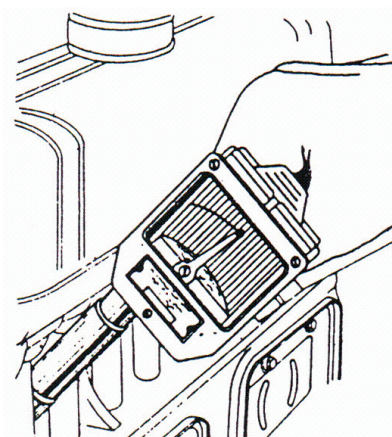


Fig.7.10 – Ponta do compressógrafo no orifício da vela de ignição

Se não for possível aplicar directamente o compressógrafo, escolher o adaptador mais adequado (Fig.7.11) e, proceder com o adaptador do mesmo modo que se disse atrás para aplicação directa do aparelho.



Fig.7.11 – Utilização de um compressógrafo com adaptador

6) Se o compressógrafo ou compressómetro não forem fornecidos com o comando à distância para o motor de arranque (Fig.7.12), deverá pedir-se auxílio a um ajudante para que este accione o motor de arranque.

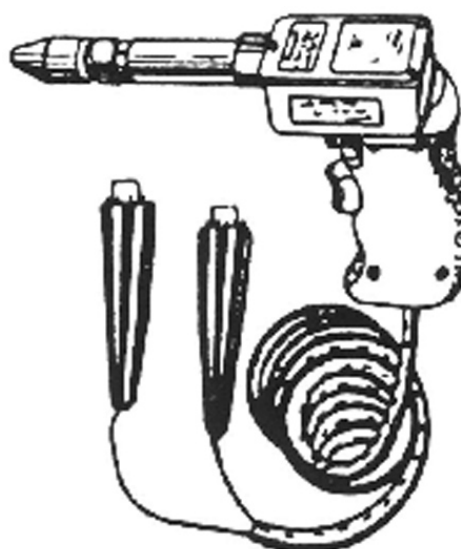


Fig.7.12 – Compressógrafo com comando à distância

Utilizando o comando à distância para o motor de arranque, ou com o auxílio de um ajudante, accionar o motor de arranque **até se dar a estabilização do valor máximo de leitura, desligando-o em seguida.**

- 7) **Deve-se certificar de que não existem fugas** entre a ponta do aparelho e o orifício da vela de ignição.

Quando se usar um adaptador, deve-se assegurar também, que não existem fugas entre o adaptador e o orifício da vela de ignição e, entre o adaptador e o próprio aparelho.

- 8) **Após medir a pressão de compressão do cilindro, desmontar o aparelho de medição.** Se estiver a usar-se um compressómetro, deverá registar-se o valor da pressão de compressão obtida e o cilindro a que corresponde, numa folha de resultados (Fig.7.13).

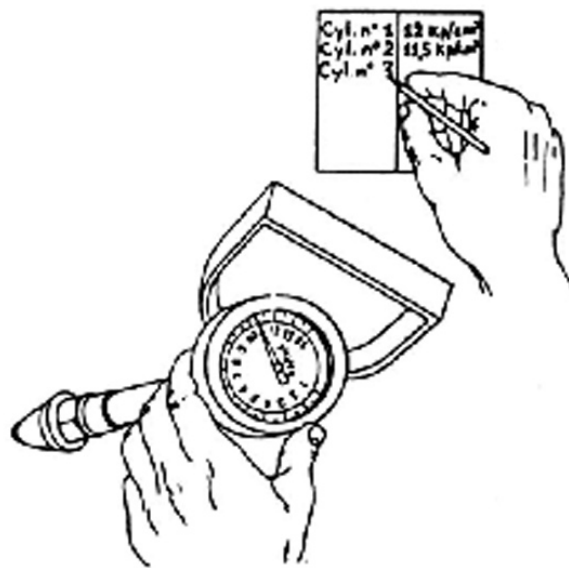


Fig.7.13 – Registo de resultados do compressómetro

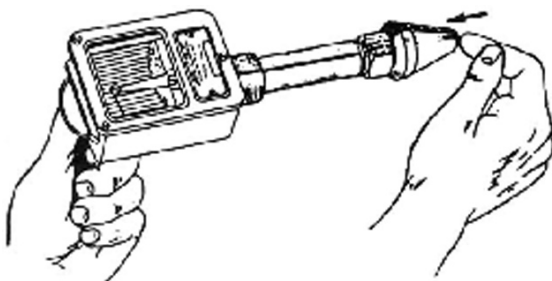


Fig.7.14 – Válvula de descompressão

- 9) **Para verificar a pressão de compressão do cilindro seguinte, primeiro eliminar a pressão existente no aparelho.** Para este efeito ele dispõe de uma válvula de descompressão que deverá abrir-se. Por vezes a válvula de descompressão encontra-se na ponta do aparelho que se aplica ao orifício da vela, como mostra a figura 7.14.

Para passar à verificação da pressão de compressão do cilindro seguinte, a cartolina graduada deve ser deslocada para a posição seguinte. O compressógrafo tem normalmente um botão ou uma patilha para esse efeito, como mostra a figura 7.15.



Fig.7.15 – Patilha para deslocação da cartolina

Verificar o cilindro seguinte, fazendo rodar o motor do mesmo modo que no caso anterior (ver o ponto 5)) e, fazendo a leitura do aparelho também do mesmo modo.

Fazer o mesmo para cada um dos restantes cilindros.

Nota:

Fazer a verificação dos cilindros pela ordem que estes estão implantados no motor e não alternadamente.

7.1.4 - LEITURA DOS RESULTADOS DO TESTE

- 1) Depois de ensaiados todos os cilindros, examinar os resultados de cada leitura. Comparar a leitura de cada cilindro com as leituras dos outros cilindros.

Num **motor em bom estado**, as pressões de compressão dos vários cilindros apresentam valores muito próximos uns dos outros (ver a figura 7.16), com variações da ordem dos 5% em relação aos valores dados nas especificações.

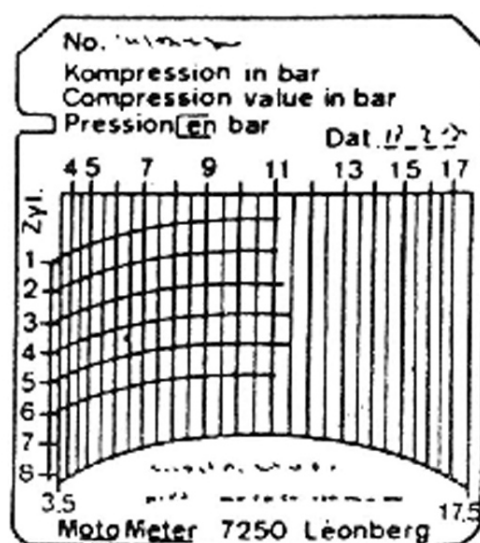


Fig.7.16 – Valores próximos de pressão de compressão nos vários cilindros

Se as pressões de compressão diferirem muito de cilindro para cilindro, isso provocará um comportamento deficiente do motor, equivalente a não se alcançar o valor de pressão de compressão especificada.

Pequenas variações de pressão de compressão, de cilindro para cilindro, podem ser devidas a uma regulação deficiente da folga das válvulas. Neste caso verificar a regulação da folga das válvulas.

- 2) Fazer a comparação entre a pressão de compressão mais alta e a mais baixa obtidas. Uma variação até cerca de 10% é tolerável. (Fig.7.17).

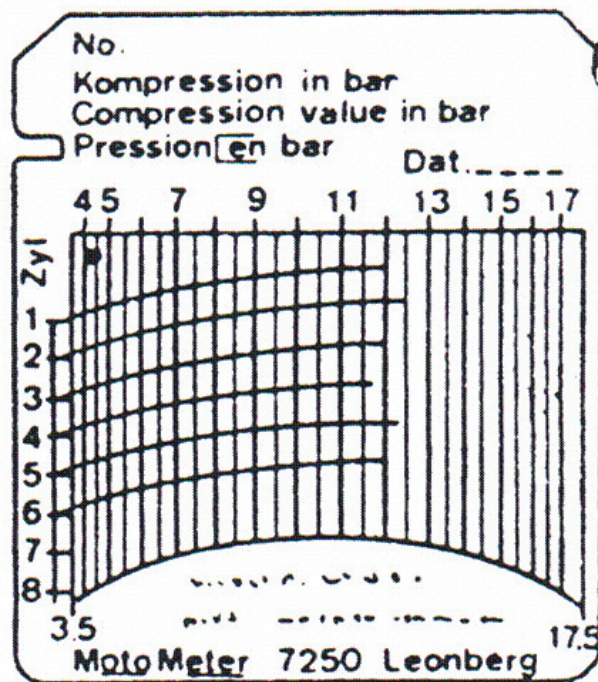


Fig.7.17 – Pequenas variações de pressão de compressão entre os vários cilindros

3) A pressão de compressão de um cilindro é muito baixa.

Se a pressão de compressão de um cilindro é muito baixa, por exemplo 9 Kg/cm² (ver a figura 7.18 - cilindro 5), isso significa que existe um sério defeito nesse cilindro.

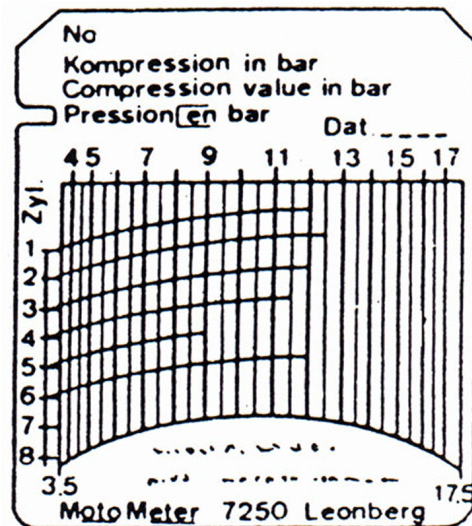


Fig.7.18 - Pressão de compressão muito baixa no cilindro 5

É necessário fazer uma verificação para determinar se a deficiência é das válvulas, do êmbolo ou dos segmentos.

Esta verificação deve ser efectuada do seguinte modo:

- a) **É necessário vedar com óleo**, o êmbolo do cilindro onde se verificou uma pressão de compressão muito baixa.

Com uma **almotolia**, introduzir duas ou três bombadas de **óleo dentro do cilindro**, como mostra a figura 7.19.

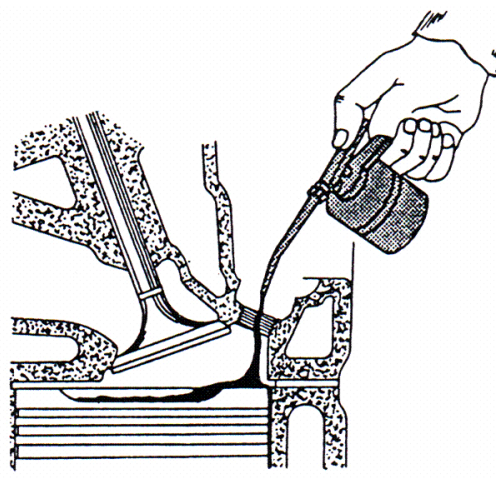


Fig.7.19 – Introdução do óleo no cilindro com pressão de compressão baixa

O objectivo do óleo é determinar se o defeito está nos segmentos.

O óleo ao distribuir-se pelo cilindro, ajudará os segmentos a fazerem temporariamente uma melhor vedação.

b) Aplicar novamente o compressógrafo ao cilindro em causa. Accionar o motor de arranque. Observar o valor de pressão de compressão obtido, como mostra a figura 7.20.

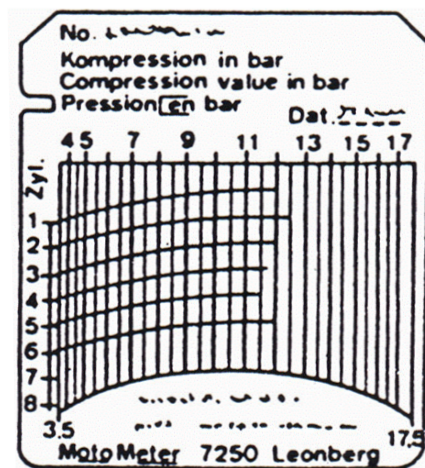


Figura 7.20 – Nova leitura

Se a pressão de compressão aumentar consideravelmente, em relação ao primeiro teste, isso significa que os segmentos estão gastos. Existe uma fuga de pressão de compressão através dos segmentos.

Do primeiro teste (Fig.7.18) para o segundo (Fig.7.20), verifica-se que a pressão de compressão do cilindro em causa (cilindro 5) aumentou de 9 Kg/cm² para 11,5 Kg/cm².

Se não houver variação apreciável na pressão de compressão, em relação ao primeiro teste, isso significa que o defeito está nas válvulas ou no êmbolo.

4) A pressão de compressão é muito baixa em dois cilindros seguidos, com valores aproximadamente iguais.

Se houver uma pressão de compressão muito baixa em dois cilindros seguidos, com valores aproximadamente iguais, como mostra a figura 7.21 (cilindros 2 e 3), isso muitas vezes, é indicação de que a junta da cabeça do motor tem uma fuga entre cilindros.

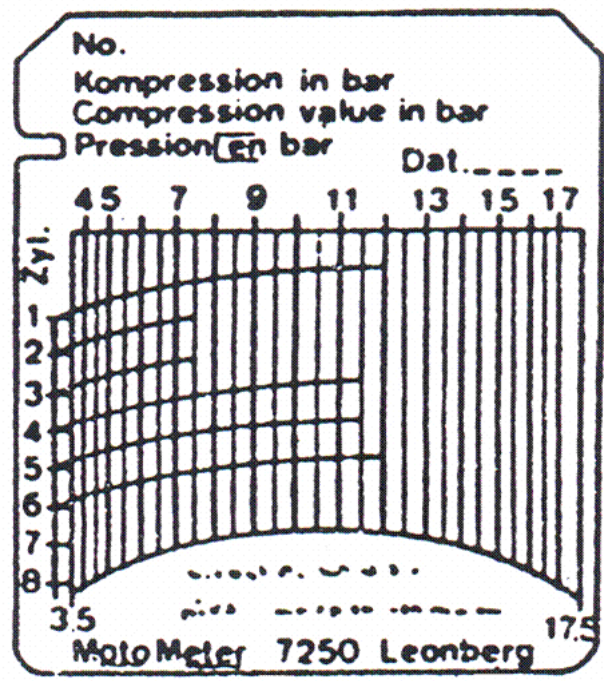


Fig.7.21 - Pressão de compressão muito baixa e semelhante em dois cilindros seguidos

5) A pressão de compressão é superior ao valor especificado

Se a pressão de compressão exceder o valor especificado, isso poderá significar que existem depósitos de carvão, em excesso, na câmara de combustão, como mostra a figura 7.22.

A pressão de compressão, é normalmente especificada para o nível do mar.

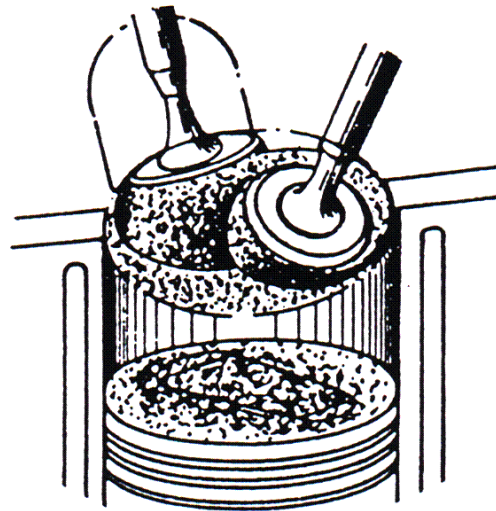


Fig.7.22 – Depósitos de carvão na câmara de combustão

A pressão de compressão diminui com a altitude. A pressão de compressão é menor à medida que se sobe.

Como mostra a figura 7.23, em princípio poderá contar-se com um decréscimo de 1% na pressão de compressão, por cada 100 metros de altitude em relação ao nível do mar.

Isto significa que um ensaio feito a 1500 metros de altitude, apresentará uma pressão de compressão 15% mais baixa que ao nível do mar, podendo mesmo assim corresponder ao valor especificado.

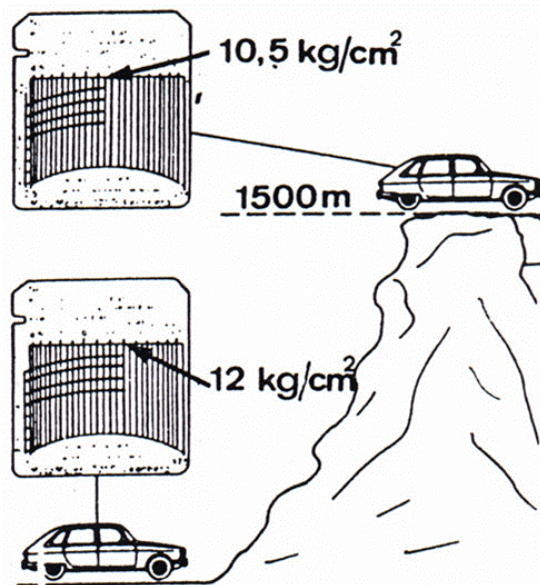


Fig.7.23 – Diminuição da pressão de compressão com a altitude

Marcar sempre no diagrama obtido no compressógrafo, a data do teste e a quilometragem do veículo, como mostra a figura 7.24. Os resultados do teste de compressão podem ajudar a determinar, com regularidade, o estado de conservação do motor.

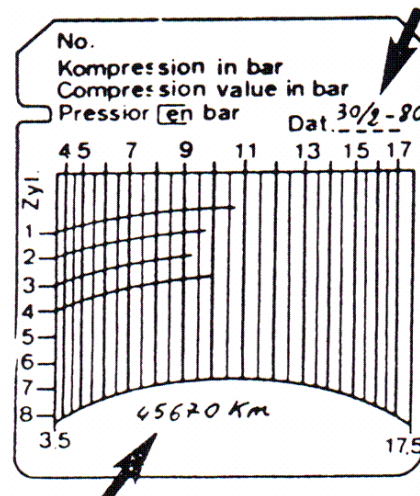


Fig.7.24 – Indicação da data e quilometragem do veículo

7.2 - TESTE DE COMPRESSÃO (MOTOR DIESEL)

A verificação da pressão de compressão de cada cilindro é, normalmente, a primeira coisa a fazer quando se pretende determinar o estado em que se encontra um motor diesel.

Este teste consiste em determinar se os cilindros conservam a compressão, ou se existem fugas excessivas através dos segmentos, válvulas ou junta da cabeça do motor.

Quando a pressão de compressão de um ou mais cilindros é baixa, podem ocorrer, entre outras, as seguintes situações:

Elevado consumo de óleo

Dificuldade no arranque do motor

Funcionamento irregular do motor

7.2.1 - CONDIÇÕES DE ENSAIO

A fim de se obter os resultados correctos é importante que o motor de arranque seja capaz de fazer rodar o motor à velocidade adequada. Para isso, **a bateria do automóvel deve estar completamente carregada**. Com uma bateria descarregada, o motor rodará demasiado devagar e, portanto, os valores obtidos não serão correctos.

A figura 7.25 mostra a verificação da carga de uma bateria, com a ajuda de um densímetro.

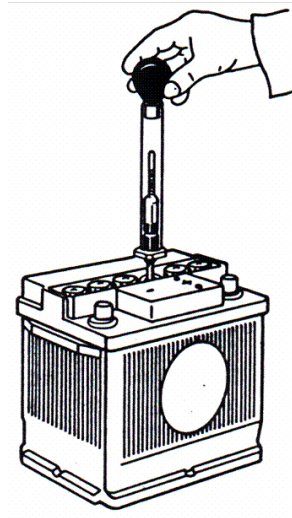


Fig.7.25 – Verificação da carga de uma bateria

O ensaio deve realizar-se em todos os cilindros e com o motor quente, à temperatura normal de funcionamento.

Um motor quente trabalha com menores resistências internas (atritos internos) que um motor frio, porque o óleo, quando quente, é mais fluído que quando está frio. Um motor quente também permite uma maior elevação da temperatura do ar, durante o tempo de compressão, e daí resulta uma pressão de compressão mais elevada.

Se o motor estiver frio, deve ser posto em funcionamento até que atinja a temperatura normal de funcionamento.

7.2.2 - EQUIPAMENTO DE VERIFICAÇÃO

A verificação da pressão de compressão nos cilindros, faz-se com um compressógrafo ou um compressómetro. As figuras 7.26 e 7.27 mostram modelos típicos destes dois aparelhos.

Compressógrafo

Um compressógrafo é um aparelho que tem uma agulha indicadora que se desloca sobre uma cartolina graduada, na qual ficam gravados os valores de pressão máxima obtida em cada cilindro.

A pressão de compressão fica registada em gráfico na cartolina. A cartolina é substituível.

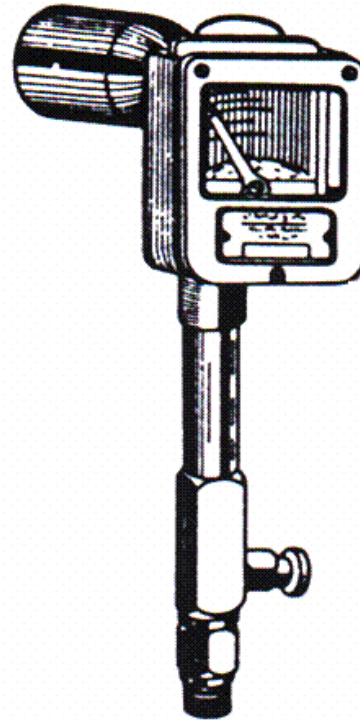


Fig.7.26 – Compressógrafo

Compressómetro

Um compressómetro é um aparelho onde a pressão é indicada por um ponteiro que se desloca sobre uma escala graduada. Esta escala geralmente está graduada em kg/cm^2 ou libras por polegada quadrada. O aparelho contém uma válvula que retém no seu interior o ar à pressão mais elevada que foi atingida, pressão essa que é lida através do ponteiro. A figura 7.27 mostra um compressómetro.

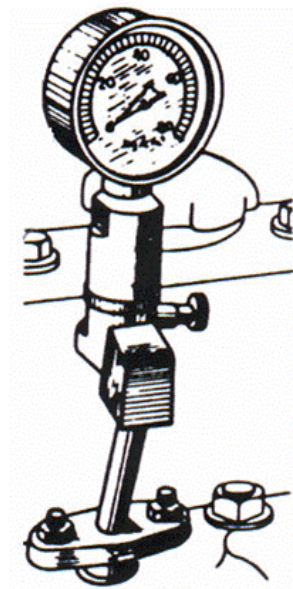
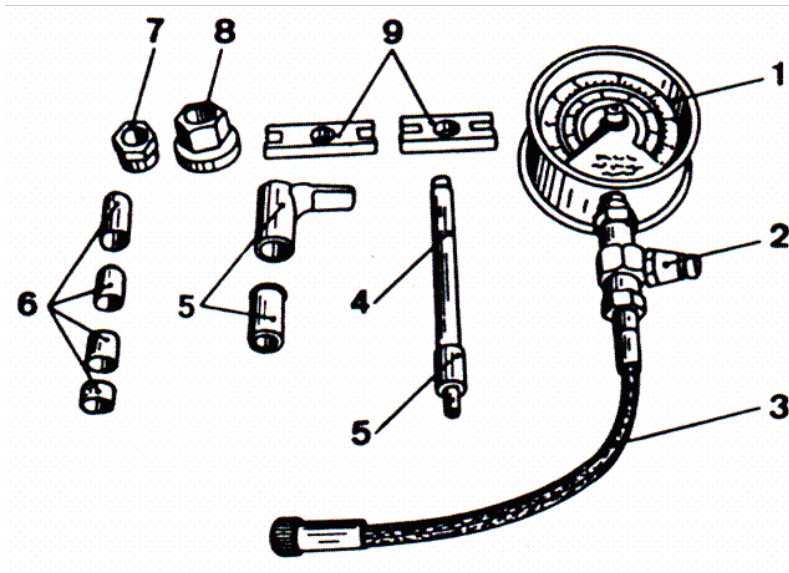


Fig.7.27 – Compressómetro

Peças e Adaptadores

Os aparelhos de verificação da pressão, são normalmente acompanhados de várias peças e adaptadores, como mostra a figura 7.28.



- 1 - Manómetro de pressão.
- 2 - Válvula de descarga.
- 3 - Tubagem flexível com trança metálica.
- 4 - Haste tubular.
- 5 - Adaptadores
- 6 - Casquilhos espaçadores.
- 7 - Porca de fixação.
- 8 - Redutor.
- 9 - Grampos.

Fig.7.28 – Peças e adaptadores

Nota: A pressão de compressão pode ser expressa nas seguintes unidades:

kg/cm² - Quilograma por centímetro quadrado.

kpa - Quilopascals.

bar - bares.

dN/cm² - Decanewtons por centímetro quadrado.

Lb/pol² - Libras por polegada quadrada.

7.2.3 - PROCEDIMENTOS DO TESTE

Para a verificação da pressão de compressão nos cilindros, num motor diesel, devem ser seguidos os seguintes procedimentos:

- 1) Nos motores diesel com **velas de pré-aquecimento** (Fig.7.29), tanto se podem tirar os injectores, como as velas, para se medir a pressão de compressão. Deverá ser consultado o manual de oficina do motor ou do veículo, para ver qual destes órgãos deverá ser desmontado e que adaptador deverá ser utilizado, como mostra a figura 7.28.

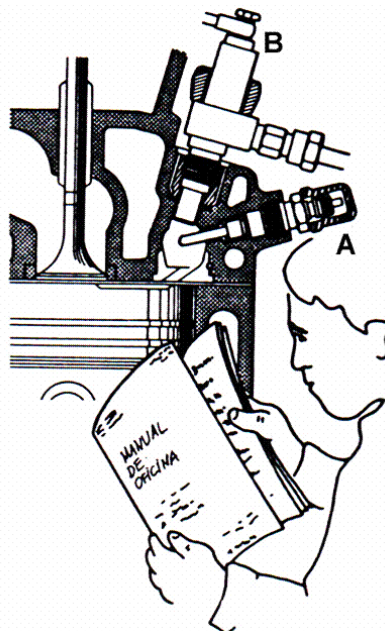


Fig.7.29 – Motor com velas de pré-aquecimento

- 2) Após consultar o manual de oficina, **desmontar as velas de pré-aquecimento** (Fig.7.30), ou **desmontar os injectores** (Fig.7.31), conforme o caso.

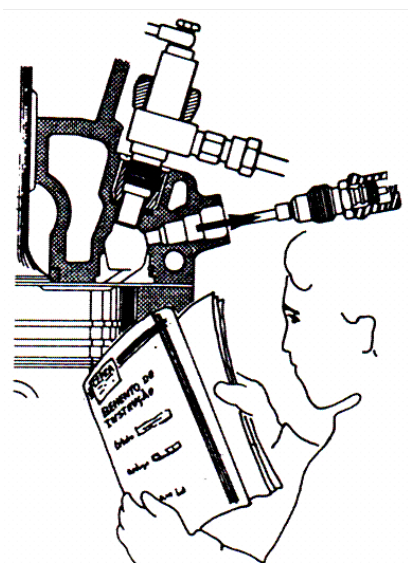


Fig.7.30 – Desmontar as velas de pré-aquecimento

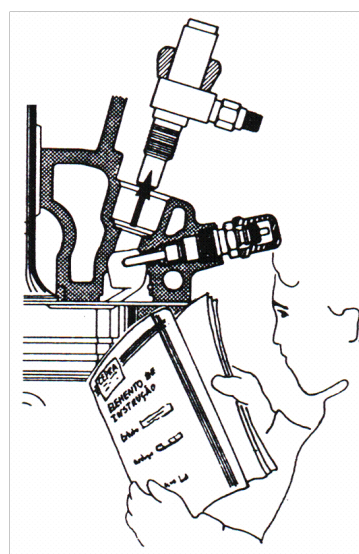


Fig.7.31 – Desmontar os injectores

- 3) Com o objectivo de se eliminar quaisquer partículas de carvão que existam dentro dos cilindros, antes de se proceder à montagem do compressógrafo ou compressómetro, **fazer funcionar o motor de arranque**, (Fig.7.32) de modo que o motor dê várias rotações.

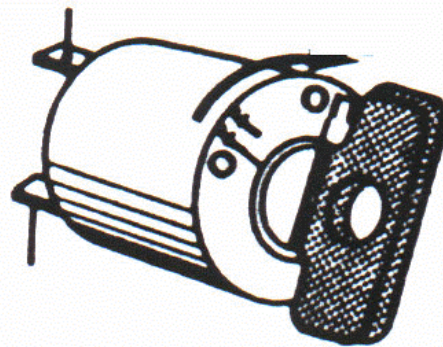


Fig.7.32 - Ligar o motor de arranque

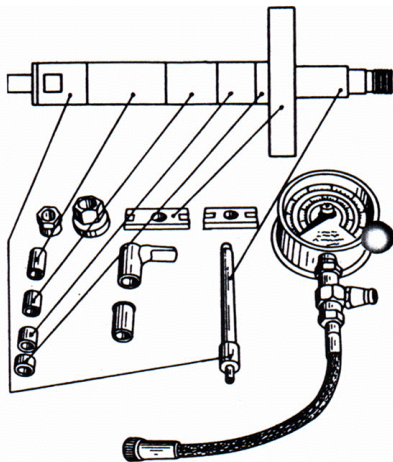


Fig.7.33 - Seleção e montagem dos adaptadores

- 4) **Seleccionar o adaptador ou adaptadores adequados e, montar os mesmos ao aparelho de verificação da pressão de coompressão**, de modo que este se ajuste correctamente ao furo do injector ou da vela de pré-aquecimento, como mostra a figura 7.33.

- 5) Instalar o aparelho de verificação da pressão de compressão no orifício do injector ou vela de pré-aquecimento do cilindro nº1. Apertar as porcas por igual, de modo a se obter uma vedação correcta, como mostra a figura 7.34.

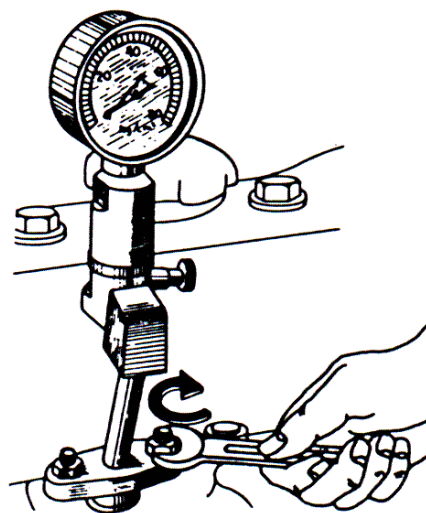


Fig.7.34 - Instalar o compressómetro

6) **Deve-se certificar de que não existem fugas** entre a ponta do aparelho e o orifício da vela de pré-aquecimento ou do injetor.

Quando se usar um adaptador, deve-se assegurar também, que não existem fugas entre o adaptador e o orifício da vela de pré-aquecimento ou injetor e, entre o adaptador e o próprio aparelho.

7) Fechar a válvula de descarga, como mostra a figura 7.35.

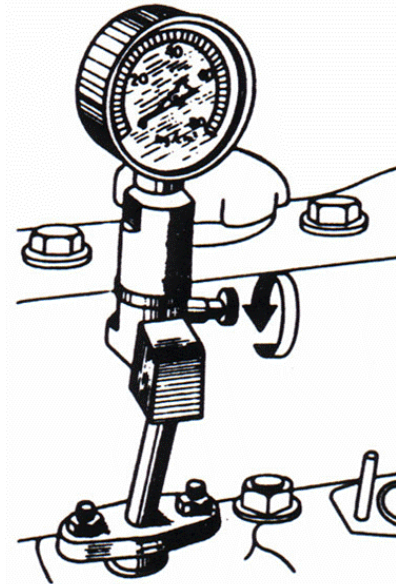


Fig.7.35 – Fechar a válvula de descarga

8) Se o motor dispuser de borboleta de entrada de ar, esta deverá ser mantida completamente aberta durante o teste de compressão, de modo a permitirem a maior entrada de ar possível para dentro dos cilindros, como mostra a figura 7.36.

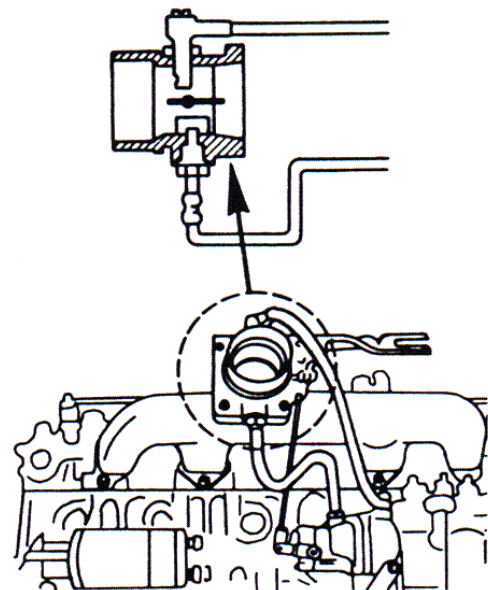


Fig.7.36 – Borboleta de entrada de ar completamente aberta

- 9) Accionar o motor de arranque até que se deixe de registar qualquer aumento de pressão no aparelho, e desligá-lo de seguida, como mostra a figura 7.37.

Nota:

Accionar o motor de arranque apenas durante o tempo necessário.

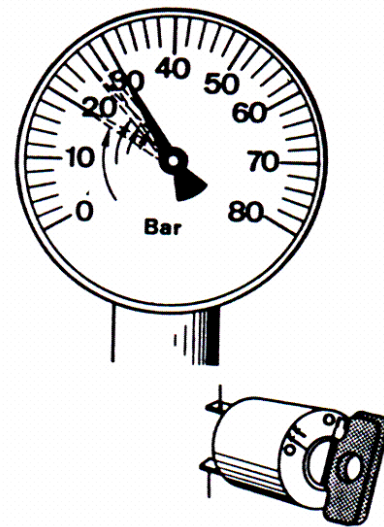


Fig.7.37 – Accionar o motor de arranque até a pressão no aparelho estabilizar

Deverá assegurar-se de que não existem fugas entre o furo e o compressómetro.

- 10) Se o compressógrafo ou compressómetro não forem fornecidos com o comando à distância para o motor de arranque (Fig.7.38), deverá pedir-se auxílio a um ajudante para que este accione o motor de arranque.

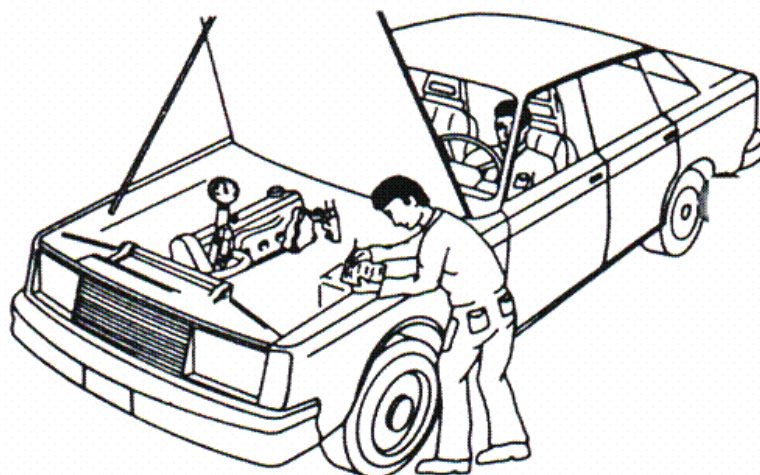


Fig.7.38 – Ajudante para accionar o motor de arranque

- 11) Após medir a pressão de compressão do cilindro, desmontar o aparelho de medição. Se estiver a usar-se um compressómetro, deverá registar-se o valor da pressão de compressão obtida e o cilindro a que corresponde, numa folha de resultados (Fig.7.39).

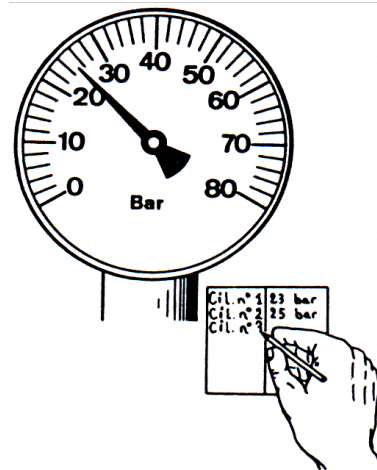


Fig.7.39 – Registo de resultados do compressómetro

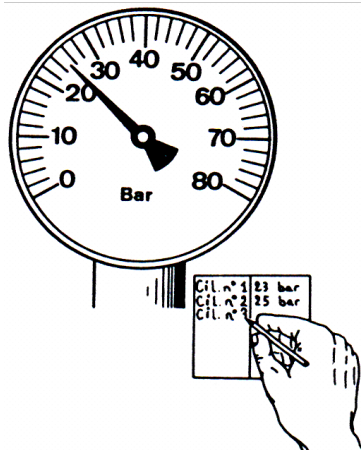


Fig.7.40 – Abrir a válvula de descarga

- 12) Para verificar a pressão de compressão do cilindro seguinte, primeiro eliminar a pressão existente no aparelho. Para este efeito, abrir a válvula de descarga ou de descompressão, como mostra a figura 7.40.

- 13) Colocar o aparelho no cilindro seguinte (Fig.7.41), fechar a válvula de descarga ou de descompressão e, repetir novamente o teste, como se fez para o primeiro cilindro.

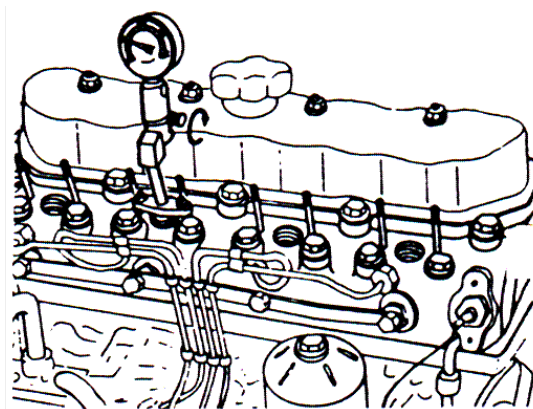


Fig.7.41 – Colocar o aparelho no cilindro seguinte e repetir o teste

- 14) **Fazer o mesmo para cada um dos restantes cilindros** (Fig.7.42), nas mesmas condições, de modo a que os resultados não sejam alterados, devido a variações nas condições de execução do ensaio.

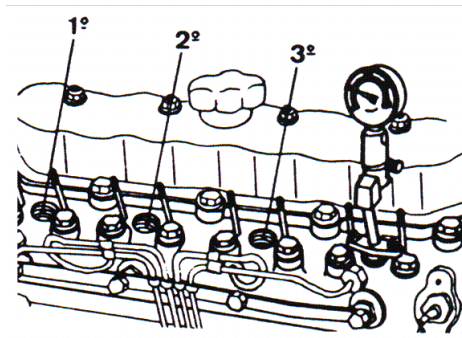


Fig.7.42 – Repetir o ensaio para os restantes cilindros

Nota:

Fazer a verificação dos cilindros pela ordem que estes estão implantados no motor e não alternadamente.

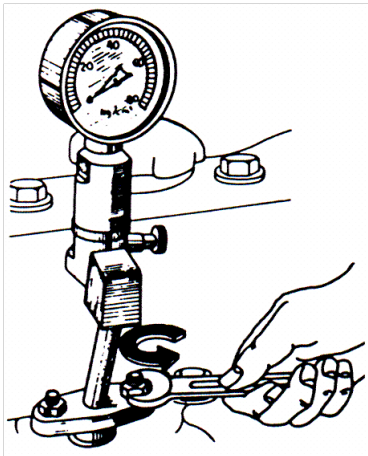


Fig.7.43 – Desmontar o compressómetro

- 15) Após efectuada a verificação de todos os cilindros, **desmontar o aparelho de verificação da pressão de compressão**, como mostra a figura 7.43.

- 16) **Voltar a montar os injectores ou as velas de pré-aquecimento**, como mostra a figura 7.44.

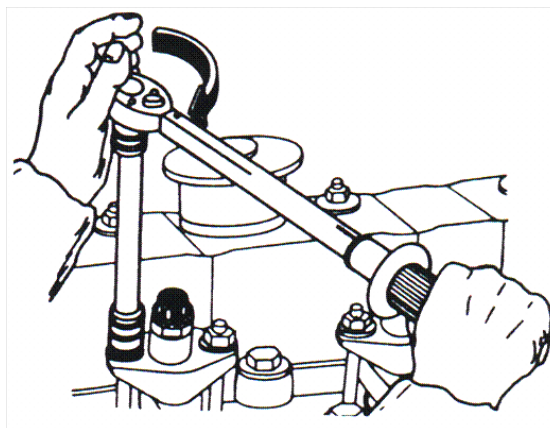


Fig.7.44 – Montar os injectores ou as velas de pré-aquecimento

7.2.4 - LEITURA DOS RESULTADOS DO TESTE

Vamos utilizar os resultados obtidos em cartolinas graduadas de um compressógrafo.

1) Depois de ensaiados todos os cilindros, examinar os resultados de cada leitura. Comparar a leitura de cada cilindro com as leituras dos outros cilindros.

Os manuais de oficina do fabricante, indicam geralmente a pressão de compressão normal e, a pressão de compressão mínima admissível.

Num motor em bom estado, cada cilindro deverá ter uma pressão de compressão o mais próximo possível do valor especificado, apresentando portanto todos valores muito próximos uns dos outros. Mas uma variação até menos 10% em relação aos valores especificados, pode ser considerada normal, como mostra a figura 7.45.

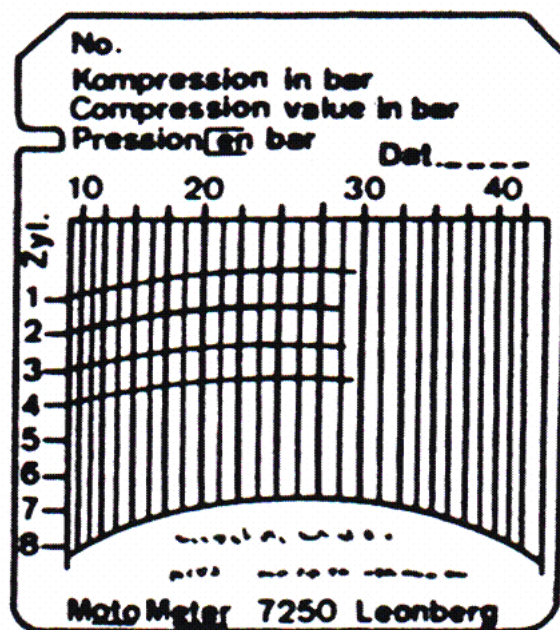


Fig.7.45 – Valores próximos de pressão de compressão nos vários cilindros

Variações na pressão de compressão entre cilindros, têm mais efeito no rendimento do motor, do que uma pressão ligeiramente inferior à especificada, mas igual para todos os cilindros.

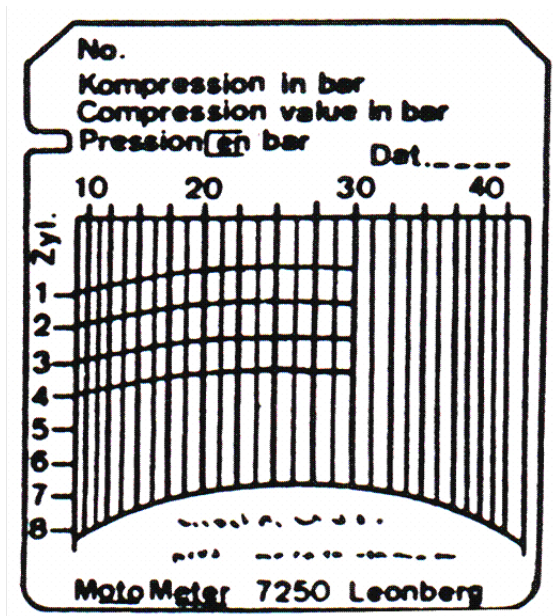


Fig.7.46 – Valores de pressão de compressão iguais em todos os cilindros mas inferiores à mínima especificada nos vários cilindros

Num motor diesel, a pressão de compressão desempenha um papel muito importante na facilidade de arranque do motor. Se as pressões de compressão registadas para todos os cilindros, forem iguais mas inferiores à pressão mínima especificada (Fig.7.46), então poderão surgir dificuldades para pôr o motor em marcha, principalmente durante o tempo frio, em especial quando as temperaturas atingem valores negativos.

Se as pressões de compressão diferirem muito de cilindro para cilindro, isso provocará um comportamento deficiente do motor, equivalente a não se alcançar o valor de pressão de compressão especificada.

Pequenas variações de pressão de compressão, de cilindro para cilindro, podem ser devidas a uma regulação deficiente da folga das válvulas. Neste caso verificar a regulação da folga das válvulas.

- 2) **Fazer a comparação entre a pressão de compressão mais alta e a mais baixa obtidas.**
 Uma variação até cerca de 10% é tolerável. (Fig.7.47).

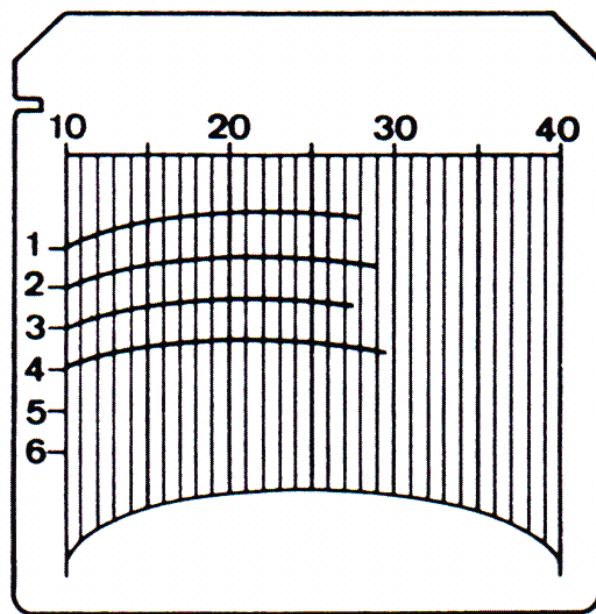


Fig.7.47 – Pequenas variações de pressão de compressão entre os vários cilindros

- 3) **A pressão de compressão de um cilindro é muito baixa.**

Se a pressão de compressão de um cilindro é muito baixa, por exemplo 17,5 bar (ver a figura 7.48 – cilindro 3), isso significa que existe um sério defeito nesse cilindro.

É necessário fazer uma verificação para determinar se a deficiência é das válvulas, do êmbolo, dos segmentos, ou da junta da cabeça (queimada ou estalada).

A verificação deverá ser efectuada do mesmo modo que se faz para um motor a gasolina (ver o capítulo 7.1.4 – alínea 3, deste módulo)

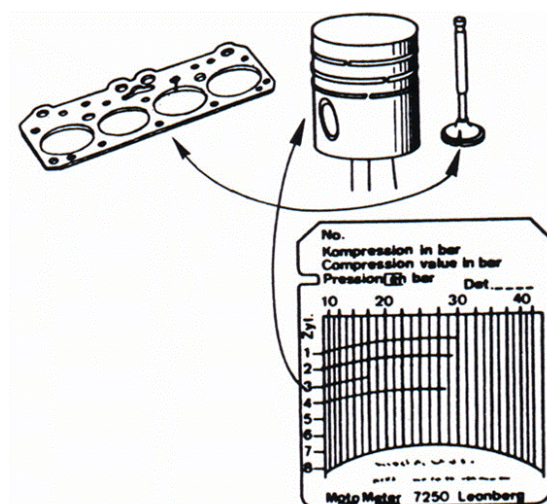


Fig.7.48 – Pressão de compressão muito baixa no cilindro3

4) A pressão de compressão é muito baixa em dois cilindros seguidos, com valores aproximadamente iguais.

Se houver uma pressão de compressão muito baixa em dois cilindros seguidos, com valores aproximadamente iguais, como mostra a figura 7.49 (cilindros 2 e 3), isso muitas vezes, é indicação de que a junta da cabeça do motor tem uma fuga entre cilindros.

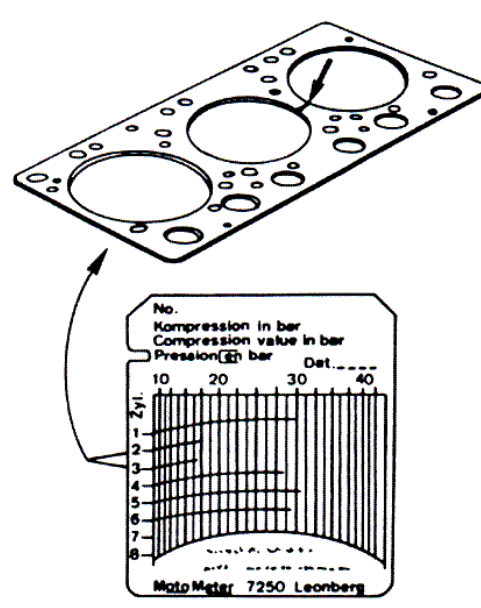


Fig.7.49 – Pressão de compressão muito baixa e semelhante em dois cilindros seguidos

A pressão de compressão, é normalmente especificada para o nível do mar.

A pressão de compressão diminui com a altitude. A pressão de compressão é menor à medida que se sobe.

Como mostra a figura 7.50, em princípio poderá contar-se com um decréscimo de 1% na pressão de compressão, por cada 100 metros de altitude em relação ao nível do mar.

Isto significa que um ensaio feito a 1500 metros de altitude, apresentará uma pressão de compressão 15% mais baixa que ao nível do mar, podendo mesmo assim corresponder ao valor especificado.

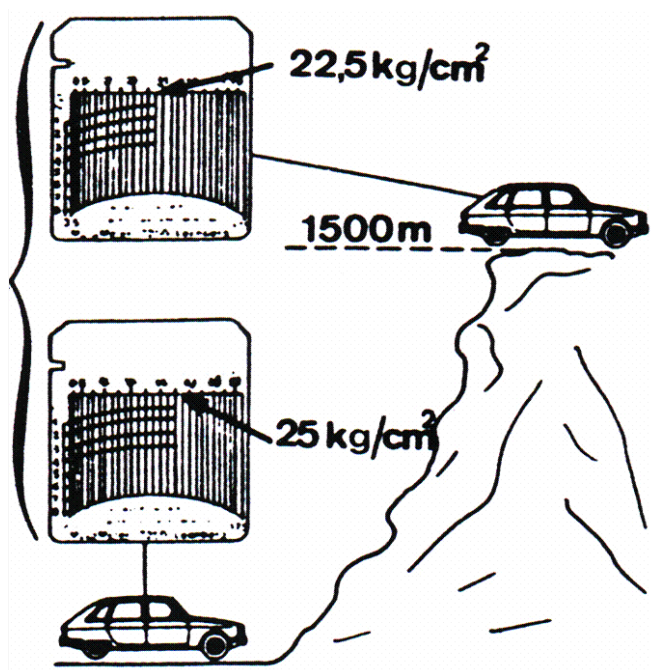


Fig.7.50 – Diminuição da pressão de compressão com a altitude

Marcar sempre no diagrama obtido no compressógrafo, a data do teste e a quilometragem do veículo, como mostra a figura 7.51. Os resultados do teste de compressão podem ajudar a determinar, com regularidade, o estado de conservação do motor.

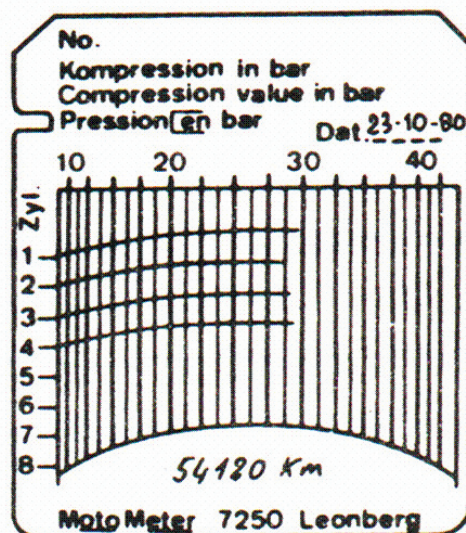


Fig.7.51 – Indicação da data e quilometragem do veículo

8 - TESTE DE FUGAS

Este teste permite a verificação da existência de fugas no cilindro e a sua localização.

Para isso, utiliza-se um **aparelho comprovador de fugas** (Fig.8.1). Este aparelho permite injectar ar comprimido a alta pressão no cilindro e, **mede a percentagem de ar que se escapa**.

Podemos determinar a localização da fuga escutando por onde se escapa o ar.

O comprovador de fugas, tem uma ligação ao ar comprimido da rede da oficina e, um adaptador com um assobio que é conectado ao orifício da vela de ignição.

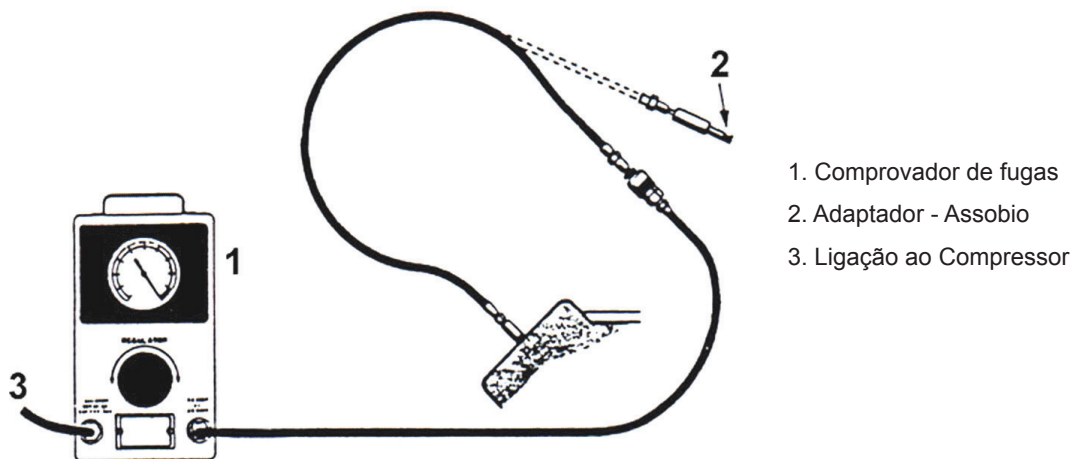


Fig.8.1 – Aparelho comprovador de fugas

8.1 - PROCEDIMENTOS

Para fazer o teste com o comprovador de fugas, devem-se efectuar os seguintes procedimentos:

1) Desmontar todas as velas de ignição e o filtro de ar

2) Tirar o tampão de enchimento do óleo do cárter ou a vareta indicadora do nível do óleo e, o tampão do radiador

3) Colocar a borboleta do acelerador na posição de abertura total

4) Drenar o radiador até ao seu nível adequado

Após estes procedimentos fazer o seguinte:

1) Conectar o adaptador com o assobio, ao orifício da vela de ignição do primeiro cilindro.

2) Fazer rodar o motor até se ouvir o assobio. Nesse instante, o êmbolo encontra-se a subir no seu curso de compressão.

3) Fazer girar o motor até alinhar as marcas de sincronização do P.M.S. Nesse instante, o êmbolo encontra-se no P.M.S.

4) Desconectar o assobio do adaptador e, conectar o aparelho comprovador de fugas, como mostra a figura 8.1.

5) Aplicar através do comprovador de fugas, ao cilindro, ar à pressão da rede da oficina (compressor da oficina).

6) Fazer a leitura do indicador do aparelho comprovador de fugas, que indica a percentagem de perda de ar no cilindro (ar que se escapa).

Se esse valor for superior a 20%, existe uma fuga excessiva e deve-se analisar o problema.

Para detectar a fuga faz-se o seguinte:

Faz-se uma comprovação, tentando ouvir (através do **barulho característico de uma fuga de ar**) se o ar se escapa pelo colector de admissão, pelo colector ou tubo de escape, pelo tampão do óleo do cárter ou pelo radiador.

O teste deve repetir-se para todos os cilindros nas mesmas condições.

Após detectar-se o local por onde se dá a fuga, tiram-se as seguintes **conclusões**:

Se o ar escapar pelo colector de admissão, significa que:

Há fugas nas válvulas de admissão.

Se o ar escapar pelo escape, significa que:

Existem fugas nas válvulas de escape.

Se houver saída de ar pelo tampão do óleo do cárter, significa que:

Existe fuga através dos segmentos.

Se houver observação de borbulhas na água do radiador significa que:

A fuga dá-se através da junta da cabeça do motor. O desgaste da junta permite a comunicação do cilindro com o sistema de refrigeração.

9 - VERIFICAÇÃO DO EQUILÍBRIO DOS CILINDROS

O objectivo do ensaio de equilíbrio dos cilindros é averiguar a existência e localização de uma avaria antes de abrir o motor para reparar.

Casos de motor aos “soluços”, ralenti irregular e falta de força podem resultar de um cilindro contribuir com menos força que os outros. Isto é designado como **desequilíbrio dos cilindros**.

A verificação do equilíbrio das forças dos cilindros pode ser feita registando a queda exacta de rotação do motor quando se corta cada cilindro.

A maior parte dos analisadores de motores têm um sistema de ensaio de equilíbrio de cilindros que permite ao operador efectuar os respectivos cortes à distância.

Quando essa facilidade não existir usam-se os adaptadores de ligação à massa e uma chave de fendas isolada para cortar um cilindro de cada vez, como mostra a Figura 9.1.

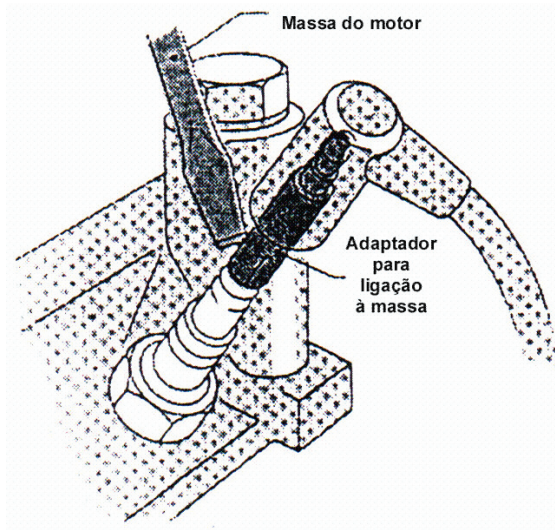


Fig.9.1 – Adaptador para ligação à massa

Na Figura 9.2 apresenta-se um exemplo.

Após o ensaio, registaram-se os seguintes resultados:

Cilindro 1 teve uma queda de 200 rpm

Cilindro 2 teve uma queda de 175 rpm

Cilindro 3 teve uma queda de 185 rpm

Cilindro 4 teve uma queda de 100 rpm

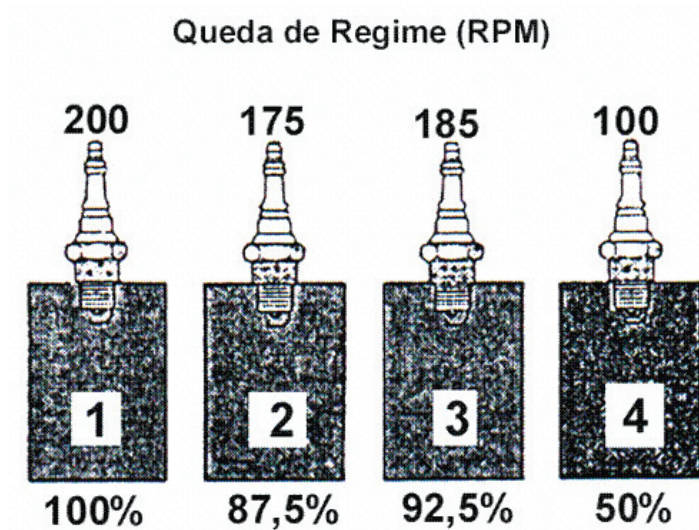


Fig.9.2 – Queda de regime de rotação em cada cilindro

O Cilindro 1 teve a queda maior de rotação (200 rpm).

Por ter tido a queda maior, o cilindro 1 fica o cilindro de referência e considera-se que teve uma queda de 100%.

A percentagem de queda dos restantes cilindros é obtida em relação ao cilindro 1.

A tabela 9.1 mostra a percentagem de queda dos 4 (quatro) cilindros

CILINDRO	QUEDA (rpm)	PERCENTAGEM (%)
Cilindro 1	200	100
Cilindro 2	175	87,5
Cilindro 3	185	92,5
Cilindro 4	100	50

Tab.9.1 – Percentagem de queda dos cilindros

Como **é aceitável uma diferença máxima de 25% nas leituras**, estes números indicam que o cilindro 4 precisa de atenção.

Os motores modernos têm cruzamentos de válvulas muito grandes, o que quer dizer que erros muito pequenos na folga das válvulas podem causar problemas de equilíbrio. Por isso é muito importante verificar a folga das válvulas antes de condenar as válvulas ou os êmbolos.

10 – INSPECÇÃO VISUAL DO MOTOR

Antes de qualquer revisão/reparação do motor, deve ser efectuada uma inspeção visual ao estado do mesmo.

10.1 - COMPONENTES DANIFICADOS

Na inspeção visual deve-se ter especial atenção aos componentes e órgãos auxiliares do motor.

Deve-se verificar o seu estado exterior de conservação, de modo a detectar danos nos mesmos.

10.2 - DETECÇÃO DE FUGAS DE ÁGUA, ÓLEO E AR

O motor deve ser examinado visualmente de forma a que sejam detectadas possíveis fugas. As tubagens do motor devem ser inspeccionadas com o objectivo de se detectar fissuras e focos de corrosão. As tubagens que se encontrarem danificadas têm de ser substituídas.

Se houver uma **fuga de ar**, esta pode ser detectada através do ruído característico que este tipo de fuga provoca.

Quando o motor se encontra “babado”, ou seja, com vestígios de derrames de óleo ou de líquido refrigerante, é muito provável que exista uma fuga destes líquidos.

Se não for evidente o local exacto da fuga deve-se lavar o motor. Em seguida colocar o motor à temperatura normal de funcionamento e detectar o local exacto da fuga.

Para facilitar a detecção destas fugas, existe o **método dos ultravioletas**. Este método consiste em misturar um líquido especial no sistema de lubrificação ou de refrigeração. Este líquido especial torna-se fluorescente quando é iluminado por uma lâmpada de ultravioletas. Iluminando o motor com a lâmpada de ultravioletas, detecta-se o local da fuga, pois o líquido que se escapa desse local torna-se fluorescente e visível.

10.3 - ENDOSCOPIA

A endoscopia permite com o motor montado, visualizar partes do interior do motor que de outro modo apenas seria possível com o motor desmontado.

Além disso, a endoscopia permite a visualização do interior do motor ampliadamente.

A endoscopia permite verificar o estado das paredes do cilindro quanto a riscos, fissuras ou fendas, bem como o estado das cabeças dos êmbolos, câmaras de combustão, válvulas, sedes das válvulas, condutas de admissão e de escape e canais de passagem de óleo.

Isto consegue-se através de um aparelho chamado **endoscópio**, como mostra a figura 10.1



Fig.10.1 – Endoscópio

O endoscópio tem numa das extremidades um óculo por onde o operador olha e na outra extremidade uma haste que é introduzida no interior do motor. A haste tem normalmente uma luz na ponta e pode ter vários comprimentos, como mostra a figura 10.2.



Fig.10.2 – Endoscópio com hastes de vários comprimentos

O **endoscópio** deve ser inserido no interior do cilindro através do orifício da vela de ignição, ou no caso dos motores diesel pelo orifício do injector.

A figura 10.3 mostra a utilização de um endoscópio na inspeção de uma câmara de combustão.



Fig.10.3 – Inspeção de uma câmara de combustão com um endoscópio

Na figura 10.4 pode-se observar a utilização de um endoscópio num motor em corte. A haste do endoscópio entra pelo orifício da vela de ignição e o operador está a inspeccionar as paredes de um cilindro.



Fig.10.4 – Inspeção de uma câmara de combustão com um endoscópio

A haste do endoscópio pode ser flexível para permitir fazer endoscopia de zonas de difícil acesso, como mostra a figura 10.5

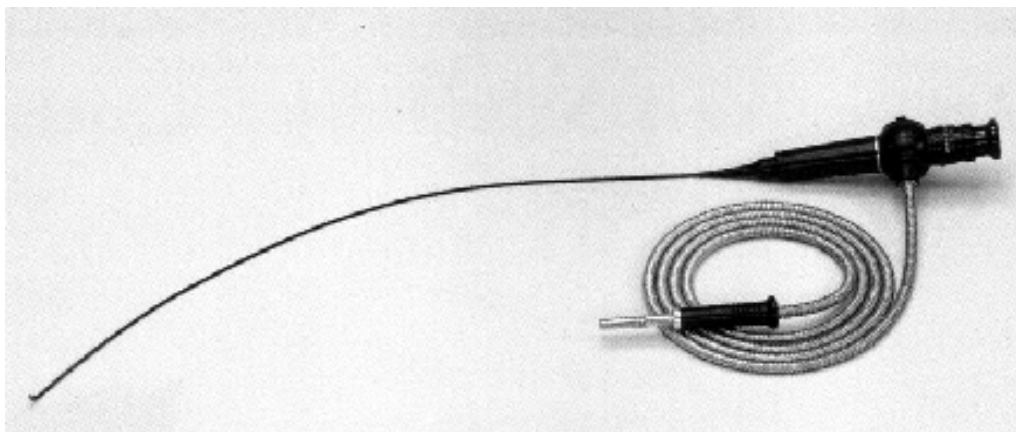


Fig.10.5 – Endoscópio com haste flexível

O endoscópio pode ser ligado a sistemas de vídeo portáteis e não portáteis, conseguindo-se assim a gravação de imagens do interior do motor.

O endoscópio pode igualmente ser acoplado a uma máquina fotográfica preparada para o efeito, permitindo assim a obtenção de fotografias do interior do motor.

Notar que o endoscópio tem aplicação em muitas partes do automóvel além do motor. podendo também ser utilizado na verificação de caixas de velocidade, travões, etc.

11 – INSPECÇÃO DA CABEÇA DO MOTOR

11.1 - VERIFICAÇÃO DA CABEÇA DO MOTOR

Durante o funcionamento do motor, a cabeça do motor está submetida a temperaturas e pressões muito elevadas, que lhe provocam dilatações significativas.

A estas dilatações seguem-se correspondentes contracções, quando o motor pára e arrefece.

Por esta razão, a cabeça do motor pode sofrer deformações permanentes, podendo surgir também fissuras no material.

*A verificação da cabeça do motor é efectuada com a mesma **desmontada**. Antes da desmontagem da cabeça do motor, este terá que arrefecer até atingir a temperatura ambiente, para se evitar a deformação da cabeça do motor.*

A **desmontagem** da cabeça do motor deve ser efectuada seguindo a sequência de desaperto dos parafusos recomendada pelo fabricante.

11.1.1 - LIMPEZA DA CABEÇA DO MOTOR

Antes de se efectuar qualquer verificação à cabeça do motor, terá que ser realizada uma perfeita **limpeza** da mesma.

-Limpar as **câmaras de combustão** da cabeça do motor.

Os **depósitos de carvão** (provenientes de óleo queimado) depositados nas **câmaras de combustão**, podem ser retirados com uma escova de arame acoplada a um pequeno motor eléctrico, como mostra a figura 11.1

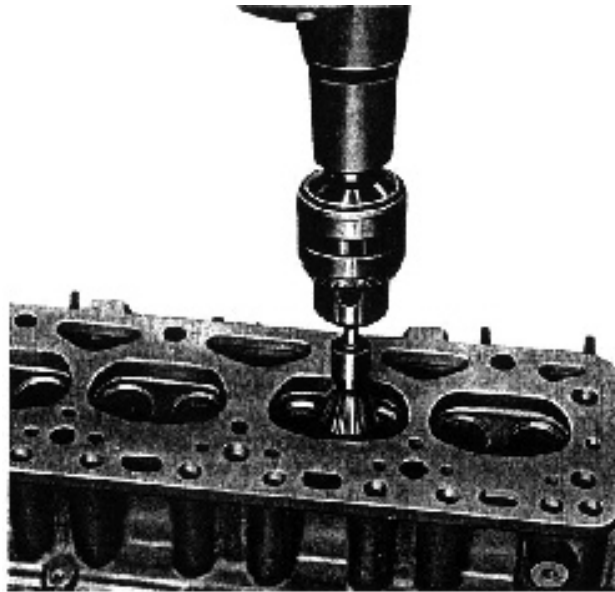


Fig.11.1 – Limpeza das câmaras de combustão

Nota:

Nos motores de **cabeça de alumínio** o processo de limpeza com a escova de arame não se utiliza.

Utiliza-se uma lixa muito fina com óleo ou uma pedra-pomes ou ainda um pequeno raspador.

*Os **depósitos de carvão**, se não forem retirados, com o tempo provocam a diminuição do volume das câmaras de combustão, o que poderá causar fenómenos de auto-ignição e detonação.*

- Limpar as **câmaras de arrefecimento** da cabeça do motor.

Poderá ser utilizado um rascador que é introduzido nas câmaras pelos orifícios de comunicação com o bloco do motor.

- Limpar a **superfície da cabeça do motor** que assenta no bloco do motor.

Deverão ser eliminados os resíduos da junta de estanqueidade da cabeça do motor.

Por vezes estes resíduos de juntas são difíceis de ser despegados das superfícies onde se encontram agarrados. Quando isso acontece, deve-se humedecer as superfícies com um dissolvente utilizando um **pincel** e, raspar os resíduos com uma **espátula de madeira** ou de **plástico**, como mostra a figura 11.2.

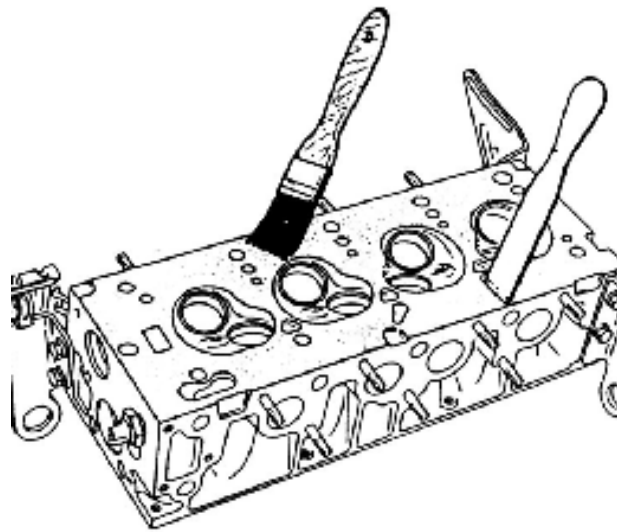


Fig. 11.2 – Remoção de resíduos de junta de estanqueidade

Após a limpeza da cabeça do motor, deverá lavar-se a mesma com petróleo, a seguir com água e depois deverá ser seca com ar comprimido da rede da oficina.

11.1.2 – INSPECÇÃO VISUAL DA CABEÇA DO MOTOR

Após a cabeça estar limpa, a inspeção visual tem como objectivo a localização de deformações, fissuras, ou qualquer outro dano na cabeça do motor.

Deverá ter-se especial atenção a:

Superfície onde assenta o bloco do motor

Câmaras de combustão

Câmaras de arrefecimento

Conduatas de admissão e de escape

11.1.3 - INSPECÇÃO VISUAL DA SUPERFÍCIE DE ASSENTAMENTO DO BLOCO DO MOTOR

A superfície de assentamento e de vedação da cabeça e bloco do motor, não pode apresentar ranhuras ou fissuras, pois isso originaria fugas para o exterior.

Se isto se verificar deve proceder-se à rectificação ou, simplesmente, à substituição da cabeça ou bloco, consoante a indicação do fabricante e a gravidade das fissuras.

11.1.4 – VERIFICAÇÃO DA PLANICIDADE DA SUPERFÍCIE DE ASSENTAMENTO DO BLOCO DO MOTOR

A superfície da cabeça do motor onde assenta o bloco do motor deverá ter uma atenção especial.

Esta superfície tem que estar **perfeitamente plana** (sem empenos ou distorções), para que não se verifiquem fugas através dela.

Para se verificar a planicidade desta superfície, deve **proceder-se do seguinte modo**:

- 1) Com a cabeça do motor desmontada, deve assegurar-se de que a mesma se encontra perfeitamente limpa, principalmente a superfície a verificar.
- 2) Colocar uma **régua de aço** sobre a superfície. O comprimento da régua deverá ser ligeiramente superior ao comprimento da cabeça do motor.

3) Com um apalpa folgas de lâminas, medir a folga que existe entre a superfície da cabeça do motor e a régua de aço.

A verificação deverá ser efectuada no sentido longitudinal (Fig.11.4) e na diagonal (Fig.11.3.).

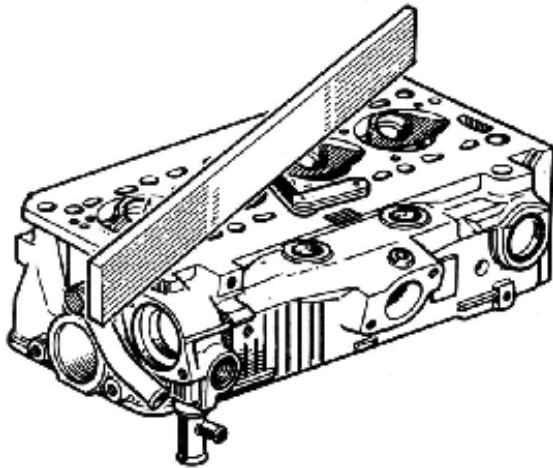
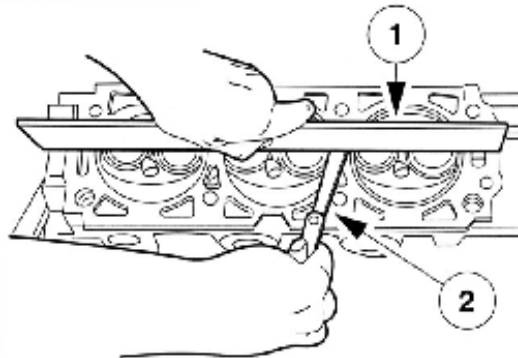


Fig. 11.3 – Verificação da planicidade da superfície da cabeça do motor (na diagonal)



- 1 - Régua de aço
- 2 - Apalpa folgas de Lâminas

Fig. 11.4 – Verificação da planicidade da superfície da cabeça do motor (na longitudinal)

Deverão ser feitas verificações em 5 (cinco) direcções, como mostra a figura 11.5.

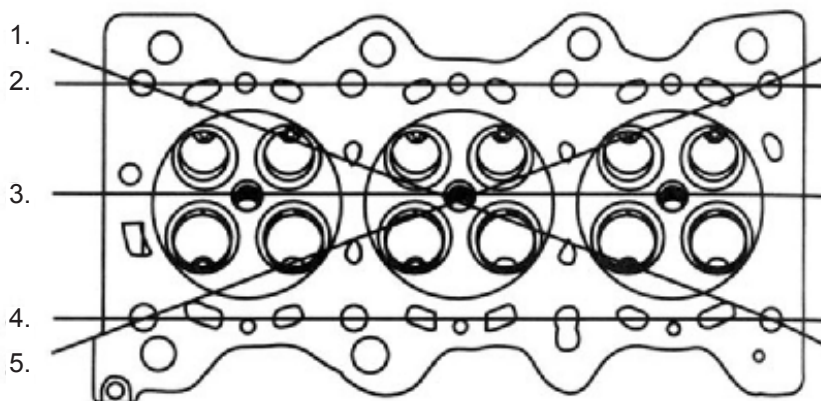


Fig. 11.5 – Verificação da planicidade da cabeça do motor em 5 (cinco) direcções

4) Verificar no manual do fabricante, quais os valores máximos permitidos para a folga.

Se a folga for superior ao especificado, a superfície da cabeça do motor, se possível, terá que ser rectificada.

Nota:

Por vezes, o manual do fabricante indica conforme a folga máxima encontrada, quais as possibilidades de reparação da cabeça do motor.

Em certos casos, a rectificação da cabeça não é possível. Quando assim é, a cabeça do motor deverá ser substituída.

Antes de se voltar a montar a cabeça de um motor, deverá fazer-se sempre a verificação da planicidade da superfície de assentamento do bloco do motor.

11.1.5 - INSPECÇÃO VISUAL DA JUNTA DA CABEÇA DO MOTOR

Esta inspeção permite verificar se a junta da cabeça do motor (Fig.11.6) se encontra em boas condições.

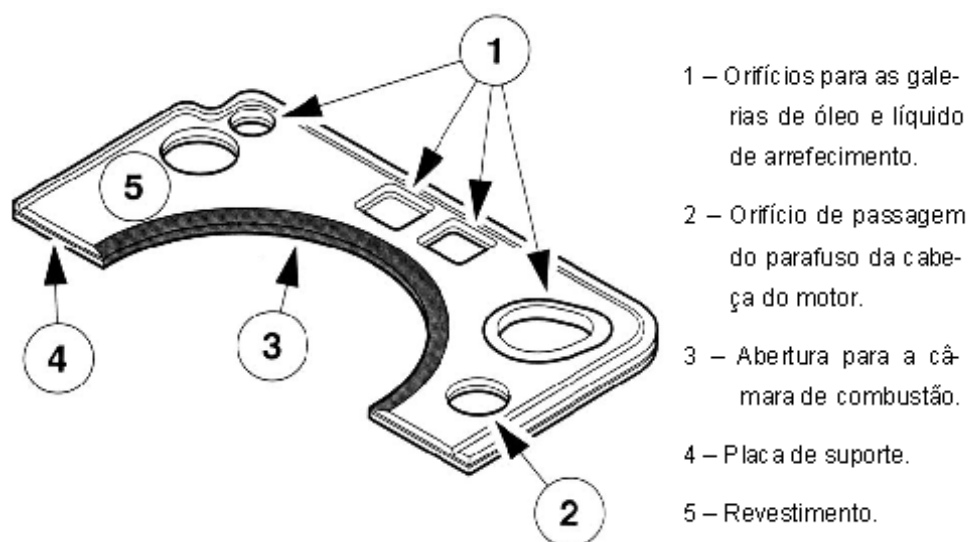


Fig.11.6 – Vista em corte da junta da cabeça do motor

A junta da cabeça (Fig.11.6.) deverá:

Garantir uma ligação entre a cabeça e o bloco do motor estanque aos gases e aos líquidos refrigerantes.

Compensar as pequenas irregularidades existentes na superfície de vedação.

Poderá haver fugas de líquidos refrigerantes, óleo ou gases de combustão se a junta da cabeça do motor se encontrar queimada, perdendo-se rendimento do motor.

Uma **junta queimada** pode ser originada por:

Aperto insuficiente dos parafusos da cabeça do motor (Fig.11.7.), visto que deste modo existiria uma folga por onde passariam os gases elevando a temperatura da junta. Por outro lado, parafusos demasiado apertados levam ao esmagamento e destruição da junta originando fugas

Má afinação de válvulas

Sistema de arrefecimento entupido

Ponto de motor desregulado

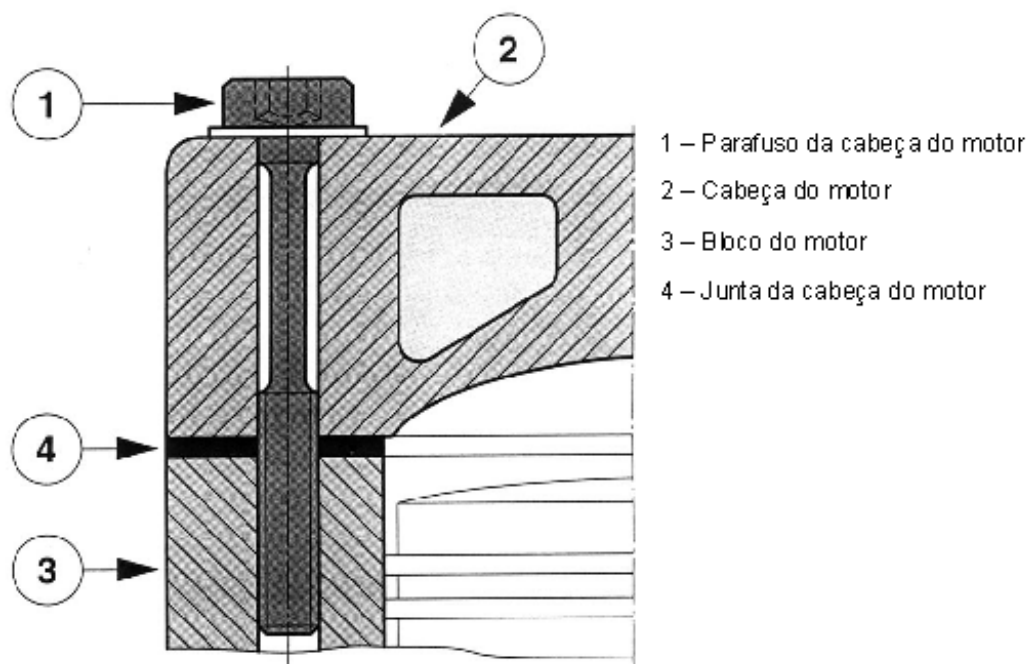


Fig.11.7 – Parafusos da cabeça do motor

11.1.6 – MEDIÇÃO DO VOLUME DAS CÂMARAS DE COMBUSTÃO

Por vezes é necessário medir-se o volume das câmaras de combustão para se determinar a relação de compressão de um motor.

O volume da câmara de combustão pode variar devido por exemplo, a uma rectificação da cabeça do motor.

Em geral, para um bom equilíbrio do motor, as câmaras de combustão dos vários cilindros não devem ter uma variação de volume superior 1cm^3 entre si.

A medição das câmaras de combustão pode ser efectuada segundo os seguintes procedimentos:

- 1) Desmontar a cabeça do motor

- 2) Colocar a cabeça do motor na posição horizontal sobre uma superfície plana, com as câmaras de combustão viradas para cima, como mostra a figura 11.8.

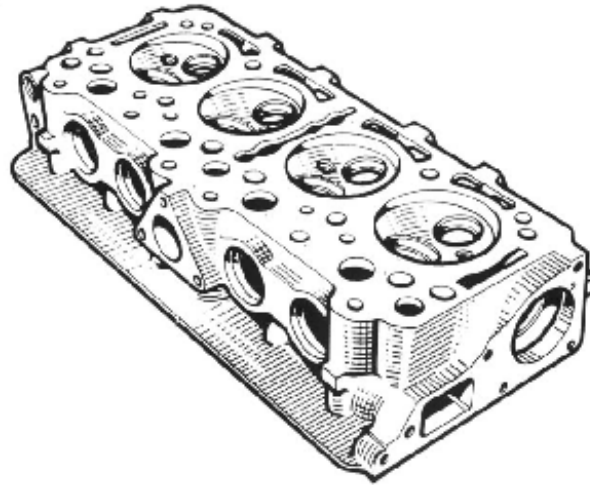


Fig.11.8 – Colocar a cabeça do motor numa superfície plana

- 3) Colocar as válvulas e as velas de ignição ou injectores no seu lugar respectivo. Deverão estar bem secas.
- 4) Com uma proveta graduada, verter um líquido (óleo ou petróleo ou uma mistura dos dois) sobre as paredes da câmara de combustão a medir, como mostra a figura 11.9.

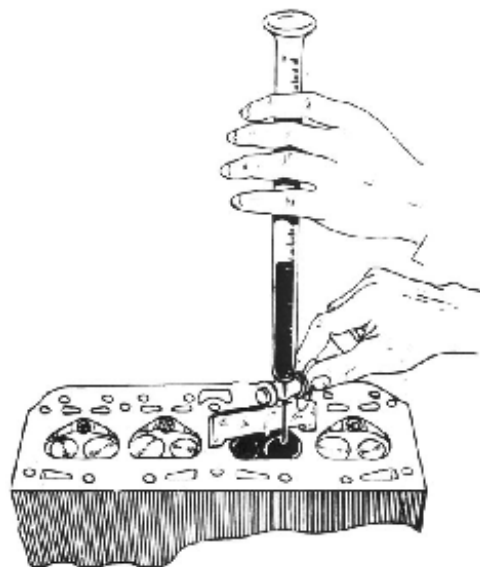


Fig.11.9 – Medição do volume da câmara de combustão

5) Ler na proveta graduada, o volume de líquido vertido na câmara de combustão quando o nível de líquido se encontra perfeitamente no plano superior da câmara de combustão.

Para facilitar a verificação do momento em que se atinge o nível de líquido pretendido pode ser utilizado um taco, como mostra a figura 11.9. O taco é apoiado nos dois extremos e tem um ponto saliente central. Quando o líquido toca esta saliência central e a molha é o momento em que se deve parar de verter líquido.

A leitura deve ser efectuada com uma precisão de 1 cm³.

12 – INSPECÇÃO DO BLOCO DO MOTOR

12.1 - VERIFICAÇÃO DO BLOCO DO MOTOR

A inspeção do bloco do motor, é efectuada com o motor **desarmado** e, deverá ser realizada após se ter efectuado a sua **limpeza**.

Deverá ser assegurado, que na limpeza do bloco são completamente eliminados **restos de juntas de estanqueidade** nas superfícies de união, tais como a cabeça do motor ou o cárter inferior.

Por vezes estes resíduos de juntas são difíceis de ser despegados das superfícies onde se encontram agarrados. Quando isso acontece, deve-se humedecer as superfícies com um dissolvente utilizando um **pincel** e, raspar os resíduos com uma **espátula de madeira** ou de **plástico**, como mostra a figura 12.1

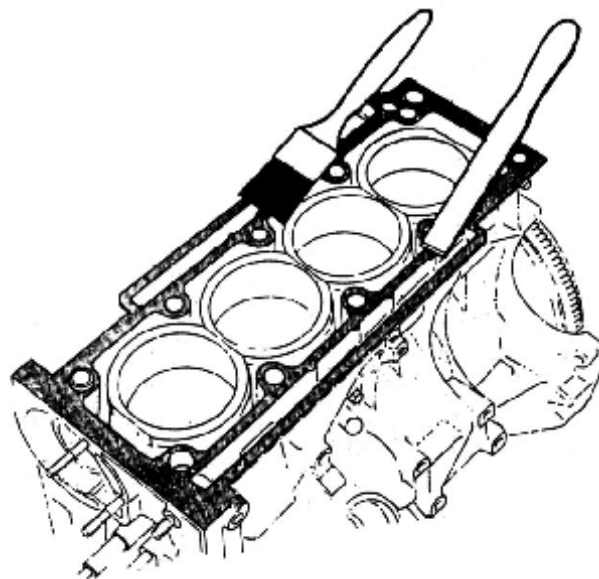
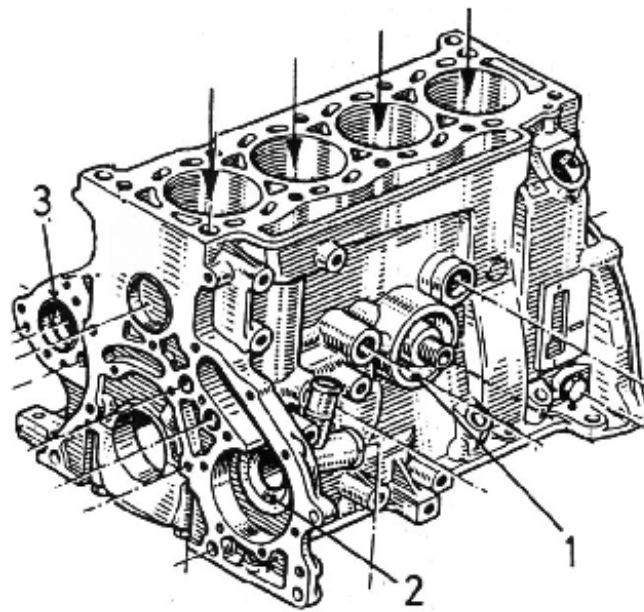


Fig.12.1 – Remoção de resíduos de junta de estanqueidade

Deve-se evitar que os resíduos se introduzam em orifícios roscados, canais de óleo ou de água.

Deve ser feita a inspeção das **zonas onde são fixados os vários componentes** que são acoplados ao bloco do motor, tais como o filtro de óleo, a bomba de óleo e a bomba de água, como mostra a figura 12.2.

Deverá **inspeccionar-se a galeria principal do óleo do sistema de lubrificação**, assim como todos os canais de lubrificação. Não deverão ficar resíduos de lamas depositados. Utilizar varetas para limpar os locais de difícil acesso e, a seguir soprar com ar comprimido.



- 1 – Filtro de óleo
- 2 – Bomba de água
- 3 – Bomba de óleo

Fig.12.2 – Inspeccionar zonas de fixação de componentes do bloco

Todos os **furos roscados deverão estar em perfeitas condições**, sobretudo aqueles que se encontram na superfície superior do bloco, para fixação da cabeça do motor.

A sujidade existente nos orifícios roscados dificultará o posterior aperto dos parafusos de fixação e o binário aplicado aos parafusos não será o correcto, obtendo-se um valor falseado. Caso seja necessário, deverá ser utilizado um macho roscado adequado para a limpeza do furo roscado.

Deverá proceder-se à **inspeção das superfícies de assentamento do bloco** do motor, com o objectivo de detectar fendas ou rachas.

Deverá ter-se especial atenção a:

Superfície de apoio da cabeça do motor.

Camisas húmidas.

Apoios de bancada.

Se houver dificuldade na detecção de algumas fendas, deverá ser utilizado **o método dos líquidos penetrantes**.

As **superfícies de apoio deverão estar perfeitamente lisas**, sem mossas, nem ranhuras.

Caso existam destas imperfeições deverá fazer-se o seguinte:

Pequenas imperfeições - Deverão ser eliminadas, com uma lixa fina impregnada em óleo.

Grandes imperfeições – A peça deverá ser substituída.

12.2 – VERIFICAÇÃO DOS CILINDROS

12.2.1 - DESGASTE DOS CILINDROS

O movimento alternativo do êmbolo no interior do cilindro, bem como as elevadas temperaturas e pressões a que o êmbolo e o cilindro se encontram sujeitos, provocam um **desgaste** dos mesmos.

O **desgaste no cilindro aumenta** com o aumento das forças nas paredes do cilindro. Estas forças dependem da posição do êmbolo, da pressão dos gases e, da velocidade de rotação do motor.

O **desgaste do cilindro é maior segundo o eixo transversal ao eixo do motor**, pois é segundo este eixo que o êmbolo exerce maior pressão sobre as paredes do cilindro. **Principalmente na parte superior do cilindro**, pois é nesta zona que se atingem as maiores temperaturas e pressões.

Como o desgaste no cilindro é maior segundo o eixo transversal do motor, que segundo o eixo longitudinal, o resultado é a **ovalização do cilindro**.

Como o desgaste no cilindro é maior na sua parte superior, que na sua parte inferior, o resultado é a **conicidade do cilindro**.

12.2.2 - INSPECÇÃO VISUAL DOS CILINDROS

A inspeção do cilindro deve começar com uma **inspeção visual** das paredes do cilindro ou da camisa. Deverá ter-se atenção à existência de:

Estrias

Sintomas de gripagem do êmbolo

Desgastes excessivos

Sombras na superfície de contacto

Nota:

Antes de se efectuar a inspeção visual, deverá ser feita uma limpeza das paredes do cilindro ou camisa.

Se forem detectados danos na superfície das paredes do cilindro ou camisa, é necessário decidir se a rectificação é necessária e possível.

Nos motores com **camisas húmidas** (Fig.12.3) não é necessário recorrer à rectificação, pois estas camisas são substituíveis. Nestes casos deverá ser feita a substituição do conjunto camisa / êmbolo.

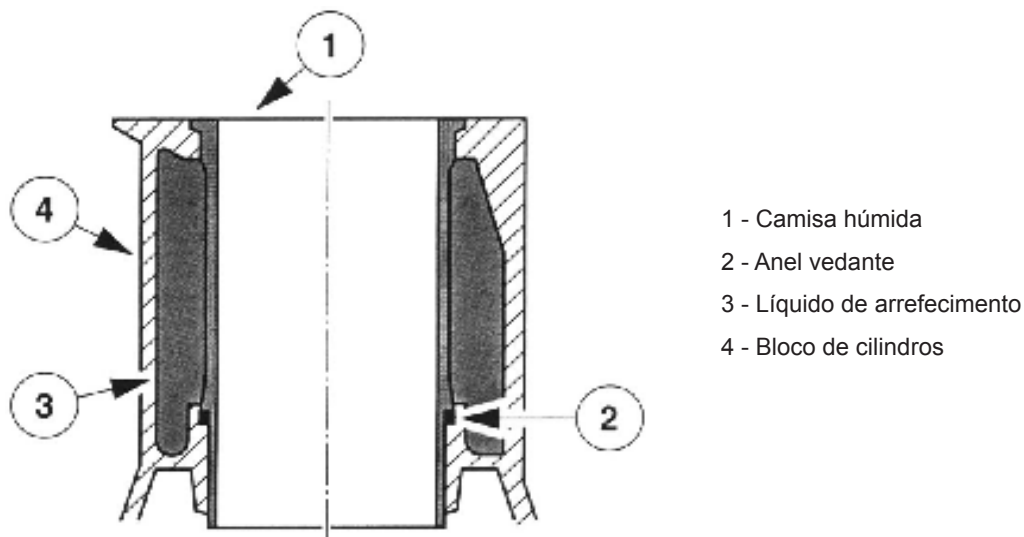


Fig.12.3 – Camisa húmida

Se a inspeção visual dos cilindros não detectar quaisquer danos, deve proceder-se à medição do diâmetro interno do cilindro.

12.2.3 – MEDIÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO DO CILINDRO

Para se determinar se o cilindro apresenta problemas de **ovalização**, **conicidade** e, para determinar o **nível de desgaste do cilindro**, deverá fazer-se a medição do diâmetro interno do cilindro em diferentes posições e alturas.

Esta medição do diâmetro interno do cilindro é efectuada com um **comparador**, como mostra a figura 12.4

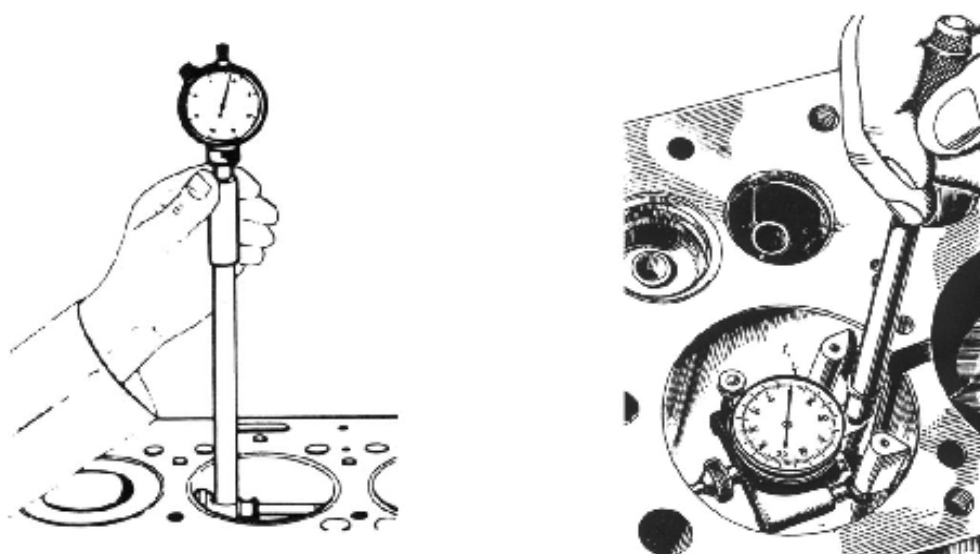


Fig.12.4 – Medição do diâmetro interno do cilindro com um comparador

A figura 12.5 mostra os pontos do cilindro, onde deverão ser efectuadas as medições, para se obter os valores de ovalização, conicidade e desgaste máximo do cilindro.

Para se medir a ovalização, deverão ser efectuadas medições do diâmetro interno do cilindro, segundo dois eixos perpendiculares entre si. Medidas A e B da figura 12.5.

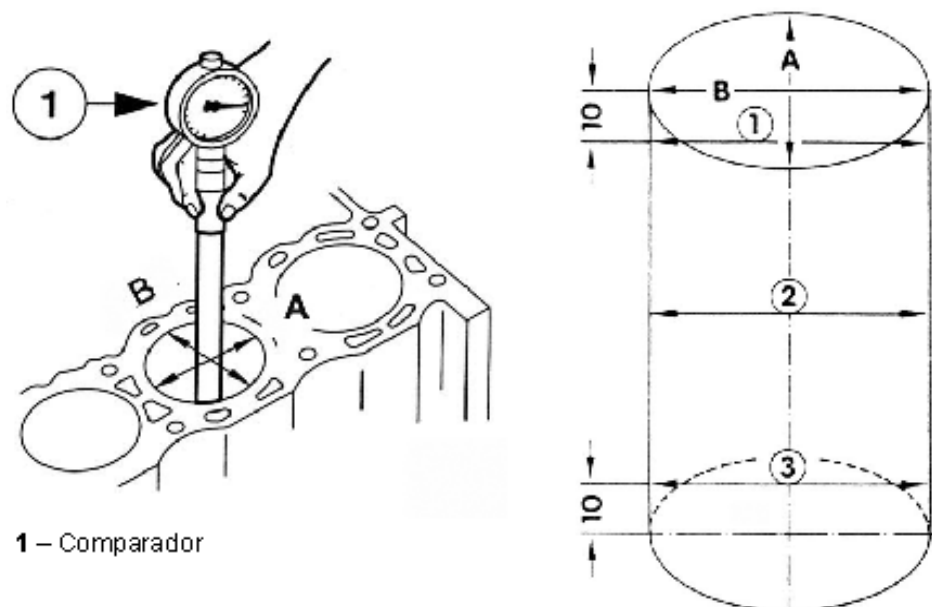


Fig.12.5 – Pontos do cilindro onde deverão ser feitas as medições, para se obter a conicidade, ovalização e desgaste máximo do cilindro

A diferença entre o valor obtido segundo um eixo e, o valor obtido segundo o outro eixo, dá o valor de ovalização do cilindro.

Para se medir a conicidade, deverão ser efectuadas medições a pelo menos três alturas do cilindro. Uma na parte superior do cilindro (a cerca de 10 mm do topo do cilindro), uma no centro do cilindro e outra na parte inferior do cilindro (a cerca de 10 mm da base do cilindro).

Medidas 1, 2 e 3 da figura 12.5.

Nota:

As medidas 1 e 3 são tiradas a 10mm do topo do cilindro e, a 10mm da base do cilindro, respectivamente.

Para se medir o desgaste máximo, deverá ser feita uma medição segundo o eixo transversal ao eixo do motor, no topo do cilindro.

As verificações da ovalização, conicidade e desgaste do cilindro devem ser efectuadas em todos os cilindros.

12.3 – VERIFICAÇÃO DOS ÊMBOS

A verificação dos êmbolos implica as seguintes operações:

A) Inspeção visual do êmbolo.

B) Verificação do diâmetro do êmbolo.

C) Verificação da folga de montagem.

D) Verificação da folga dos segmentos do êmbolo nos seus alojamentos.

E) Verificação da folga dos segmentos do êmbolo.

F) Verificação da folga entre o cavilhão e o seu alojamento no êmbolo.

Antes se efectuar qualquer destas operações, deverá desmontar-se o êmbolo e proceder à sua **limpeza**.

A limpeza do êmbolo serve para retirar resíduos de carvão existentes. Para tal, poderá ser utilizado um produto dissolvente.

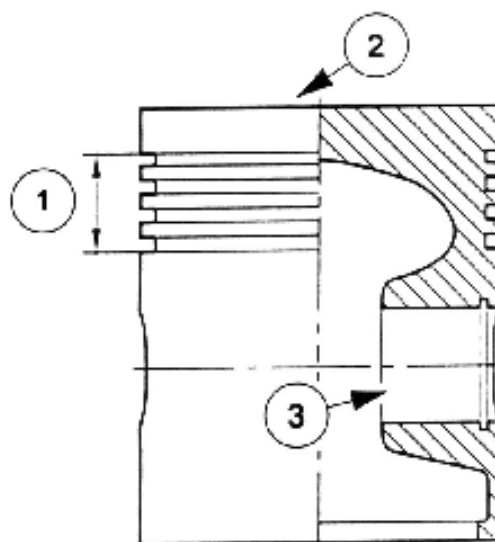
12.3.1. – INSPECÇÃO VISUAL DO ÊMBOLO

A inspeção visual do êmbolo serve para detectar desgastes excessivos, fracturas ou fissuras.

Se o êmbolo apresentar algum destes defeitos, deverá ser substituído.

Deve tomar-se especial atenção à zona de alojamento dos segmentos (Fig.12.6) e ao orifício do cavilhão (Fig.12.6).

A coroa do êmbolo (Fig.12.6) recebe os impulsos provocados pela pressão dos gases, sendo um dos órgãos mais esforçados do motor. A sua inspeção pode fornecer-nos informações sobre o processo de queima no motor. Utilizar varetas para limpar os locais de difícil acesso e, a seguir soprar com ar comprimido.



- 1 - Zona de alojamento dos segmentos
- 2 - Coroa do êmbolo
- 3 - Orifício do cavilhão

Fig.12.6 – Êmbolo

Caso a **coroa do êmbolo** se encontre picada, ou mesmo furada, é razoável pensar que existam graves problemas de **detonação**, devendo ser inspeccionado o sistema de ignição e injeção. Neste caso o **êmbolo deverá ser substituído**.

Se forem encontrados **depósitos de carvão seco em excesso**, isso pode dever-se à má qualidade do combustível.

Se aparecerem **depósitos de carvão de aspecto húmido**, poderá ser devido a passagem de óleo para a cabeça do êmbolo,

Deverá verificar-se os orifícios de passagem do óleo nas **ranhuras do segmento de óleo** (Fig.12.7). Estas ranhuras não deverão estar obstruídas.

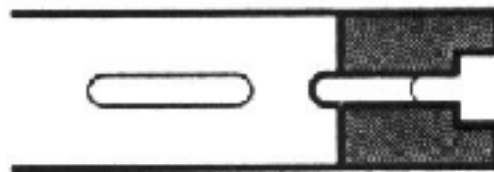


Fig.12.7 – Segmento de óleo com ranhuras

12.3.2. – VERIFICAÇÃO DO DIÂMETRO DO ÊMBOLO

Durante o seu funcionamento, o êmbolo sofre um desgaste devido ao atrito existente entre ele e a parede do cilindro, que altera o seu diâmetro.

O diâmetro do êmbolo deverá ser verificado através de um **micrómetro de exteriores**, como mostra a figura 12.8.

A medição do diâmetro do êmbolo, deverá ser efectuada por baixo do orifício de alojamento do cavilhão e perpendicular a este, ou seja, na vertical em relação ao eixo do êmbolo (Fig.12.8).

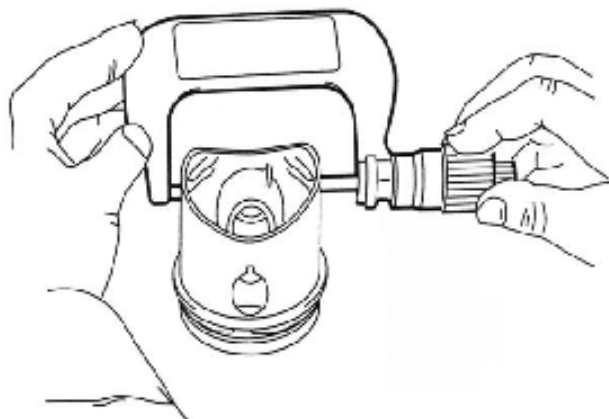


Fig.12.8 – Medição do diâmetro do êmbolo com um micrómetro de exteriores

12.3.3 – VERIFICAÇÃO DA FOLGA DE MONTAGEM

A folga de montagem é a diferença que existe entre o diâmetro interno do cilindro e o diâmetro do êmbolo, medida a uma temperatura de 20°C.

O atrito que existe entre a saia do êmbolo e a parede do cilindro, provoca desgaste em ambos. Na zona do êmbolo e parede do cilindro, que é transversal ao cavilhão, verifica-se o desgaste maior.

Por isso, é nesta zona que deve ser efectuada a verificação da folga.

A folga de montagem pode ser verificada através de uma lâmina calibrada, como mostra a figura 12.9.

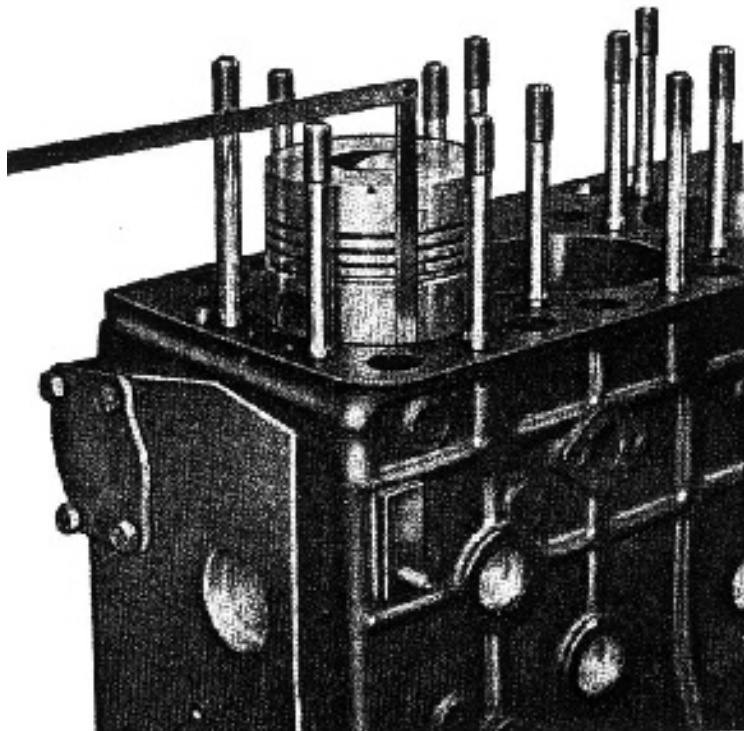


Fig. 12.9 – Verificação da folga de montagem

Como mostra a figura 12.9, a verificação da folga de montagem deverá ser efectuada introduzindo-se o êmbolo no interior do cilindro até à altura do orifício de alojamento do cavilhão.

12.3.4 – VERIFICAÇÃO DA FOLGA DOS SEGMENTOS NOS SEUS ALOJAMENTOS

É necessário verificar a folga do segmento no seu alojamento. A esta folga pode-se também chamar **folga vertical do segmento**.

Esta folga não pode ser excessiva. Se isso acontecer, o segmento mover-se-á para cima e para baixo no interior do seu alojamento. Quando o êmbolo sobe o segmento move-se para baixo e, quando o êmbolo desce o segmento move-se para cima.

Este movimento do segmento, faz com que o óleo do motor depositado nas paredes do cilindro, seja bombeado para a parte superior do êmbolo, ou seja, para o interior da câmara de combustão.

Este óleo é queimado durante o tempo de combustão, dando origem a **resíduos de carvão e gases de escape azulados**. Estes gases de escape provocam demasiado esforço ao catalisador (no caso do veículo ter catalisador) e a destruição deste a longo prazo.

A verificação da folga vertical dos segmentos é efectuada com os segmentos montados e, com o auxílio de um **apalpa-folgas de lâminas**, como mostra a figura 12.10.

*A verificação da folga vertical dos segmentos deverá ser efectuada **sobre toda a superfície do êmbolo**.*

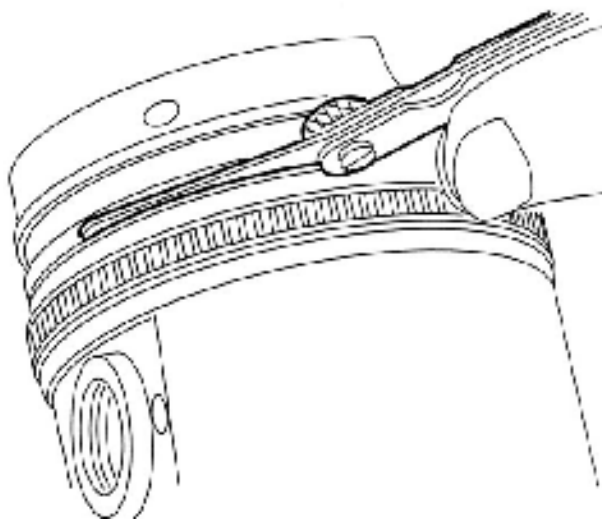


Fig.12.10 – Verificação da folga vertical do segmento

Nota:

Os valores de medição obtidos deverão ser comparados com os valores nominais indicadas nas especificações do fabricante.

Normalmente, uma folga superior a 0,1 mm implica a substituição do segmento ou do êmbolo. A folga não deverá ultrapassar os 0,05 mm.

12.3.5 – VERIFICAÇÃO DA FOLGA DOS SEGMENTOS DO ÊMBOLO

Para se assegurar a melhor vedação possível entre o êmbolo e a parede do cilindro, a folga do segmento do êmbolo (folga entre as extremidades do segmento) não poderá ser excessiva.

Para se proceder à verificação desta folga, deverá proceder-se da seguinte forma:

- 1) Colocar o segmento no interior do cilindro, em ângulo recto (90°) em relação à parede do cilindro.

O segmento deverá ficar bem centrado no cilindro. Poder-se-á empurrar e guiar o segmento, com a ajuda do êmbolo.

- 2) Com um **apalpa-folgas de lâminas**, verificar a folga existente entre as extremidades do segmento, como mostra a figura 12.11.

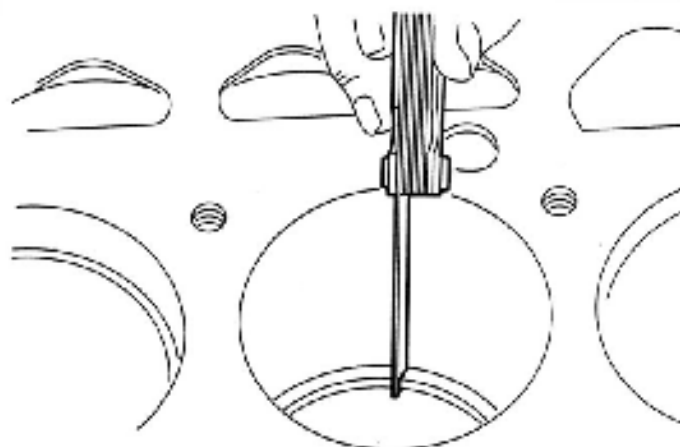


Fig.12.11 – Verificação da folga do segmento

O valor da folga existente entre as extremidades do segmento, deverá estar compreendido entre 0,2 e 0,4 mm, para os segmentos de compressão e, entre 0,4 e 1,2 mm para os segmentos de óleo.

Se a folga existente no segmento for superior a estes intervalos de tolerância, o **segmento deverá ser substituído**.

Se a folga existente no segmento for inferior a estes intervalos de tolerância (no caso do segmento ser novo), as extremidades do segmento terão de ser limadas numa máquina própria para o efeito.

12.3.6 – VERIFICAÇÃO DA FOLGA ENTRE O CAVILHÃO E O SEU ALOJAMENTO NO ÊMBOLO

A folga que existe entre o cavilhão e o seu alojamento no êmbolo deverá ser verificada.

Normalmente, o cavilhão deve ser introduzido no êmbolo mediante uma certa pressão. Rodando o êmbolo, o cavilhão deve manter-se sempre no seu alojamento.

Caso o cavilhão se desloque (Fig.12.12), terá de se medir o desgaste do cavilhão com o auxílio de um micrómetro de exteriores.

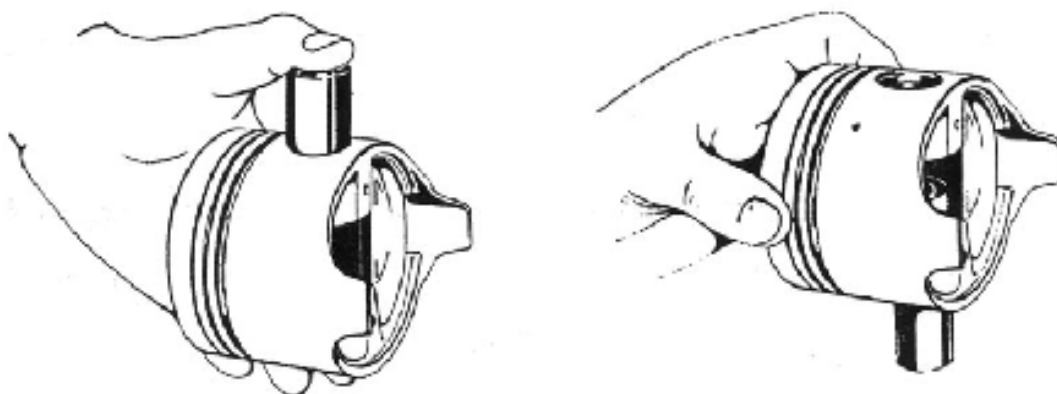


Fig.12.12 – Verificação da folga entre o cavilhão e o seu alojamento no êmbolo

12.4 – VERIFICAÇÃO DA CAMBOTA

12.4.1 – INSPECÇÃO VISUAL DA CAMBOTA

Antes de se efectuar a inspeção visual da cambota, esta deverá sofrer uma cuidadosa limpeza.

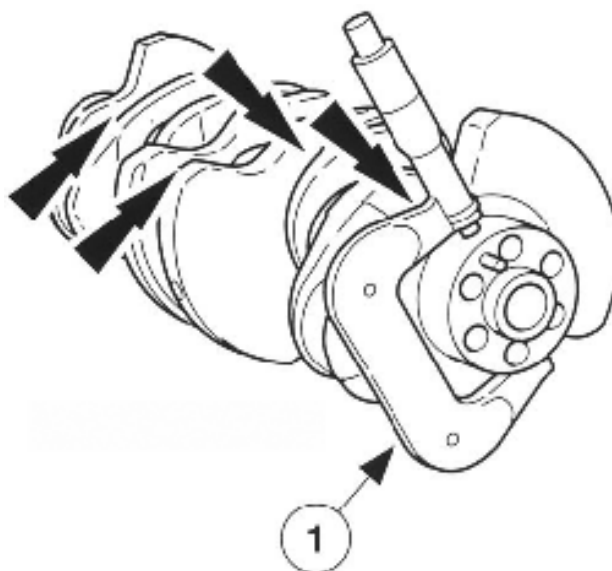
A inspeção visual serve para verificar a existência de fissuras, fracturas, ou de ressaltos de qualquer espécie nos moentes da cambota.

12.4.2 – MEDIÇÃO DOS MOENTES DA CAMBOTA

Após a inspeção visual, é necessário proceder à medição do diâmetro dos moentes da cambota.

A medição deverá ser efectuada nos moentes dos apoios da cambota e, nos moentes das bielas.

A medição deverá ser efectuada com um micrómetro de exteriores, como mostra a figura 12.13.



1 - Micrómetro de exteriores

Fig. 12.13 – Medição dos moentes dos apoios da cambota

Fazendo a medição em pelo menos duas direcções perpendiculares entre si (A e B da Fig. 12.14) determinando o maior e o menor valor, permite-nos determinar a **ovalização** do moente.

Fazendo a medição posicionando o micrómetro em cada um dos extremos do moente (Fig.12.14), permite-nos determinar a **conicidade** do moente.

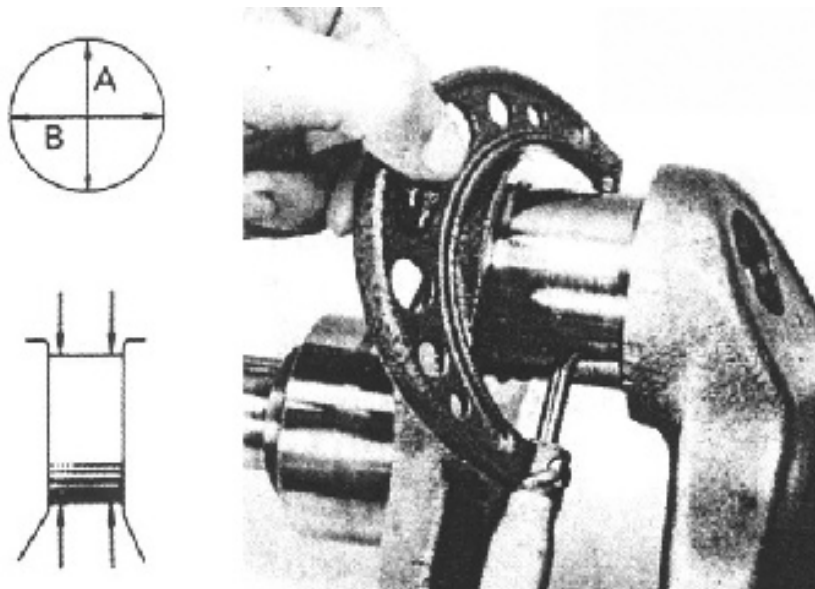


Fig.12.14 – Verificação da conicidade e ovalização dos moentes

Os valores de medição assim determinados, deverão coincidir com as dimensões especificadas no manual do fabricante. Se tal não acontecer, a cambota poderá ter que ser **rectificada**.

A **rectificação da cambota** é realizada em máquinas próprias para o efeito.

12.4.3 – MEDIÇÃO DA FOLGA AXIAL DA CAMBOTA

A folga axial da cambota é medida com um **comparador**.

Para se fazer esta medição deverão seguir-se os seguintes procedimentos:

- 1) **Montar a cambota no bloco de cilindros**, sem bielas e sem êmbolos, como mostra a figura 12.15.

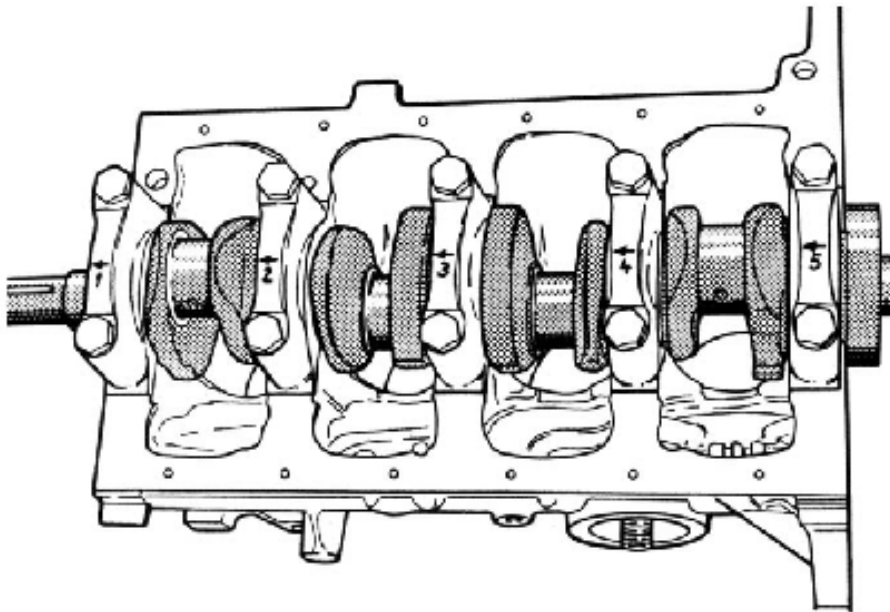
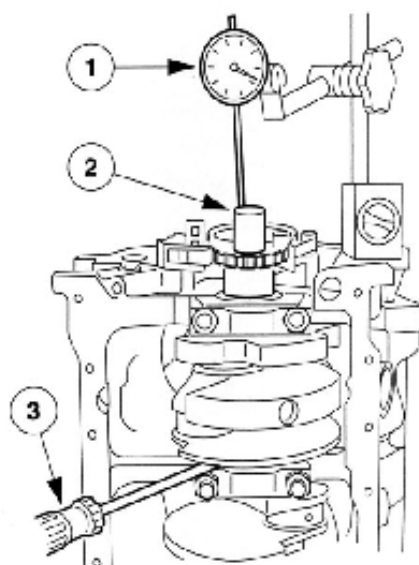


Fig.12.15 – Montar a cambota no bloco de cilindros

2) Utilizar um **comparador com base magnética**. Colocar o comparador, de modo que a base magnética fique fixada ao bloco de cilindros e, a ponta de medição do comparador fique aplicada ao prato de fixação do volante do motor (um dos extremos da cambota), como mostra a figura 12.16.



- 1 - Comparador com base magnética
- 2 - Cambota
- 3 - Chaves de parafusos

Fig.12.16. – Medição da folga axial da cambota

- 3) Com uma chave de parafusos, **deslocar a cambota axialmente** para o extremo oposto ao comparador, até ao fim, como mostra a figura 12.16.

Assim, a cambota é deslocada na sua folga axial.

- 4) **Pôr o comparador a zero (0)**, como mostra a figura 12.17.

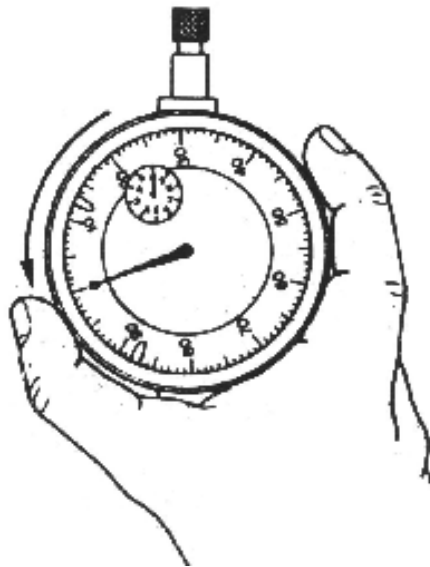


Fig.12.17 – Pôr o comparador a zero (0)

- 5) **Deslocar a cambota axialmente**, em sentido contrário. Até ao fim
- 6) **Fazer a leitura do comparador**. O comparador indicará o valor da folga axial da cambota.

12.4.4 – VERIFICAÇÃO DO EMPENO DA CAMBOTA

A verificação do possível empeno da cambota, pode ser realizado através da verificação do alinhamento dos moentes da cambota.

A verificação é efectuada com um **comparador**.

Para esta verificação, deverá seguir-se os seguintes procedimentos:

- 1) Colocar a cambota sobre uma **base plana**, apoiada nos extremos em **suportes**, como mostra a figura 12.18.

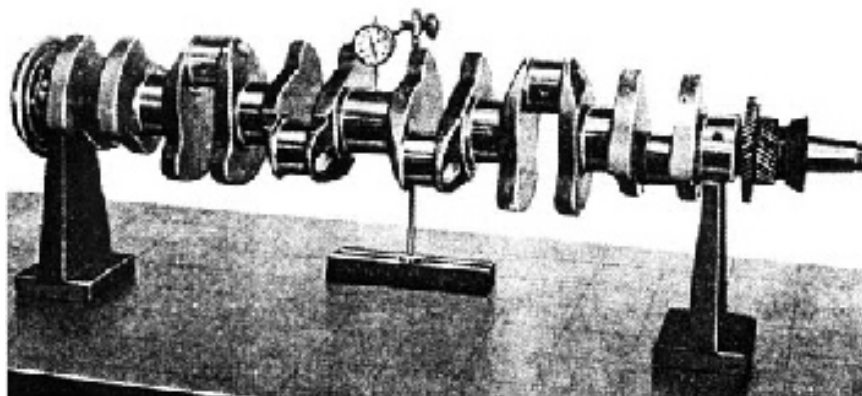


Fig. 12.14 – Verificação da conicidade e ovalização dos moentes

- 2) **Aplicar a ponta de medição de um comparador**, aos vários moentes da cambota (Fig.12.18), de modo a verificar a diferença entre eles em várias posições de rotação da cambota.

Consegue-se assim verificar se existe desalinhamento da cambota.

A diferença de valores encontrados para os vários moentes, não deverá ultrapassar os 0,05 mm.

Valores superiores implicam a substituição da cambota.

12.4.5 – VERIFICAÇÃO DOS CANAIS DE LUBRIFICAÇÃO DA CAMBOTA

Finalizadas as verificações e as correcções necessárias, deve-se verificar que os canais de lubrificação da cambota (Fig.12.19) não estão obstruídos.

Se se verificar que existem canais obstruídos, estes deverão ser limpos com um fio de cobre e a seguir soprados com ar comprimido da rede da oficina.

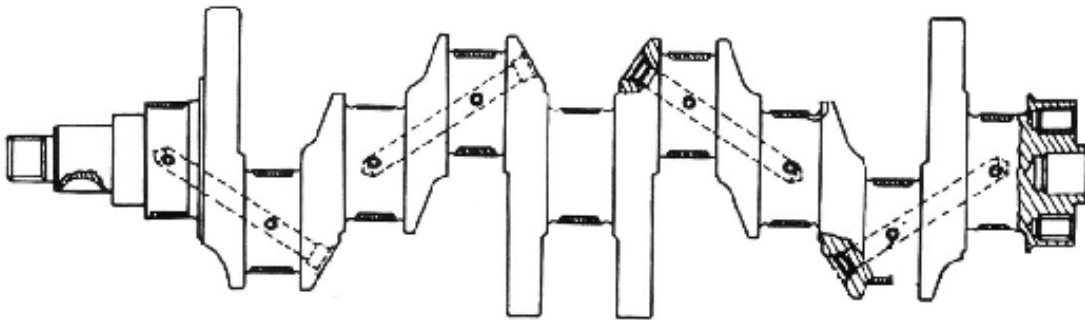


Fig.12.19 – Canais de lubrificação da cambota

12.5 – VERIFICAÇÃO DAS BIELAS

Durante o funcionamento do motor, as bielas estão submetidas a esforços de flexão que tendem a deformá-las e, com o decurso do tempo, algumas adquirem mesmo deformações permanentes.

Por este facto, torna-se necessário efectuar uma inspecção às bielas.

12.5.1 – VERIFICAÇÃO DA DEFORMAÇÃO DA BIELA

Para se verificar se a biela está deformada, deverá fazer-se o seguinte:

- 1) Colocar a biela a verificar numa superfície plana. A biela deverá apoiar-se perfeitamente, tanto a cabeça como o pé da biela, como mostra a figura 12.20.

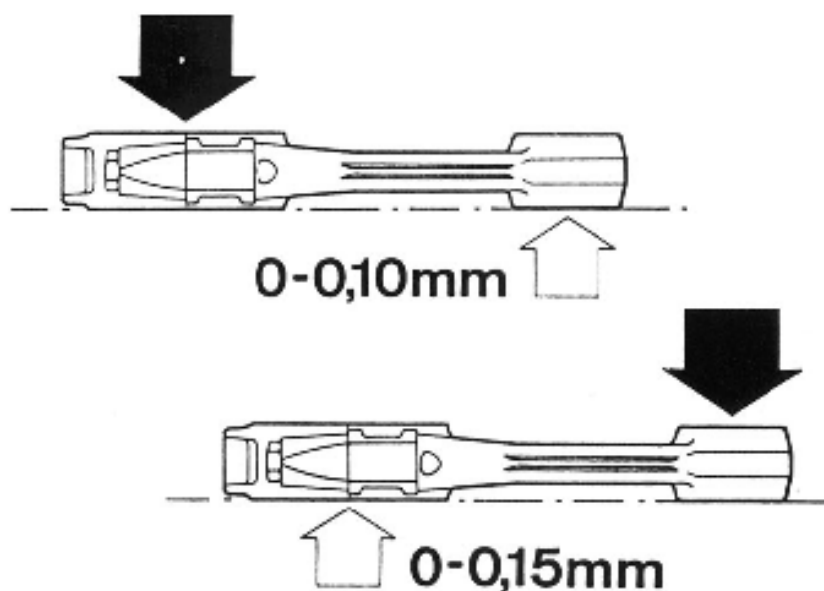


Fig.12.20 – Verificação da deformação de uma biela

- 2) **Pressionar a zona da cabeça da biela** (seta preta) contra a superfície plana e, introduzir uma lâmina calibrada na zona do pé da biela (seta branca), como mostra a figura 12.20.

3) Pressionar a zona do pé da biela (seta preta) contra a superfície plana e, **introduzir** uma lâmina calibrada na zona da cabeça da biela (seta preta), como mostra a figura 12.20.

Se a folga existente na extremidade que não é pressionada (extremidade onde é introduzida a lâmina calibrada) é superior aos valores especificados (valores das lâminas calibradas), significa que a biela está deformada e, **terá que ser substituída**.

As bielas de um motor estão perfeitamente equilibradas. Assim, se o peso de alguma das bielas for diferente em ± 5 g das restantes, deverá ser substituída.

12.6 – VERIFICAÇÃO DAS CAPAS DOS APOIOS DA CAMBOTA E DAS BIELAS

Esta verificação serve para detectar danos e desgaste nas capas e, para verificar a folga dos apoios.

12.6.1 - VERIFICAÇÃO DO DESGASTE DAS CAPAS

Se existirem **capas na superfície interior do pé da biela**, a sua superfície de apoio com o cavilhão deve encontrar-se em perfeitas condições, sem desgastes excessivos.

As **capas da superfície interior da cabeça da biela** também devem ser inspeccionadas e não devem apresentar qualquer sinal de desgaste excessivo.

As **capas dos apoios da cambota** também deverão ser inspeccionados, não devendo também estas apresentar desgaste excessivo.

Existem vários tipos de danos e desgastes, nas superfícies de contacto das capas. A figura 12.21 mostra alguns exemplos e, na tabela 12.1 estão mencionadas as suas respectivas causas.

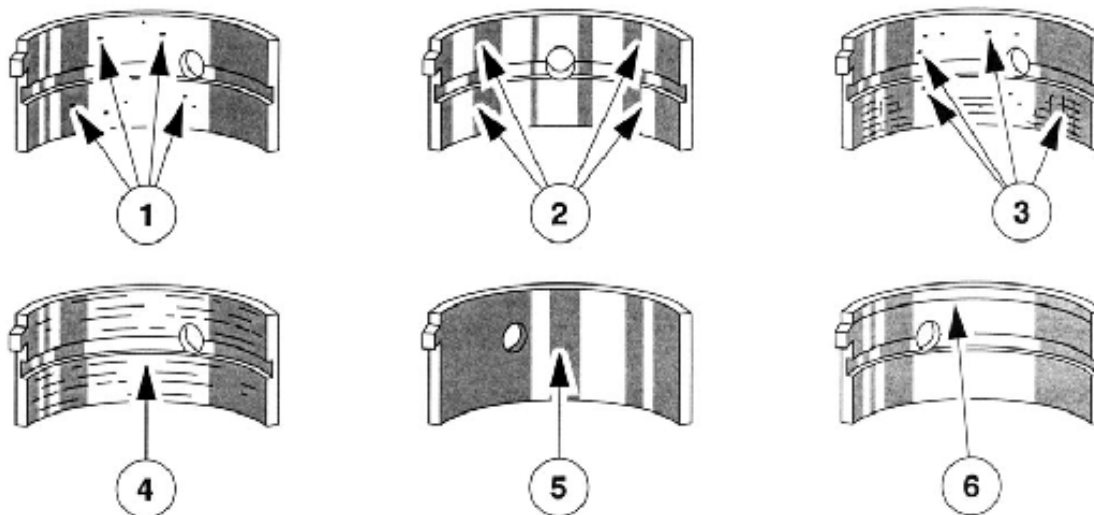


Fig.12.21 – Desgastes e danos nas capas

	DESGASTE	CAUSA
1	Entalhes e depressões	Desgaste prematuro
2	Superfícies brilhantes (abrasão)	Assentamento incorrecto
3	Partículas de sujidade e riscos	Contaminação
4	Material desgastado e estalado	Pouca folga dos apoios ou falta de óleo
5	Superfície de contacto desgastada por abrasão nos cantos	Desgaste
6	Entalhe lateral	Folga excessiva

Fig.12.21 – Desgastes e danos nas capas

12.6.2 - VERIFICAÇÃO DA FOLGA DOS APOIOS

Se as capas estão em boas condições, pode-se proceder à verificação da folga entre a biela e a cambota e, entre a cambota e os seus apoios.

A folga dos apoios da cambota deverá ser medida em caso de reutilização das capas antigas, ou quando são montadas capas novas.

Em caso de reutilização das capas antigas, há que assegurar que estas são montadas no mesmo local de onde foram retiradas.

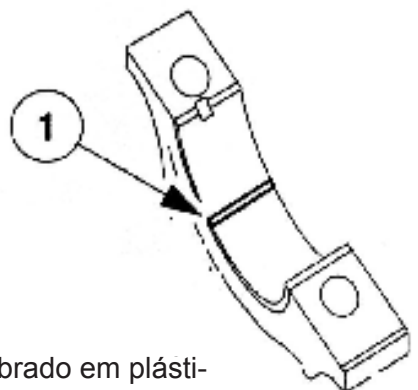
Antes de se proceder à verificação das folgas, deve proceder-se à limpeza das superfícies de contacto. Se houver sujidade, o resultado da medição será falseado.

*A verificação destas folgas é realizada através de um método conhecido por “**PLASTIGAGE**”*

O método “**plastigage**” funciona do seguinte modo:

Consideremos que se pretende medir a folga existente entre a capa de uma biela e o moente da cambota:

1) **Colocar um fio calibrado em plástico (plastigage)**, entre a capa e o moente a medir. O fio deverá ser colocado no sentido longitudinal do motor, como mostra a figura 12.22.



1 – Fio calibrado em plástico (plastigage)

Fig.12.22 – Colocar o plastigage

Nota:

O local de medição (local onde deve ser colocado o fio) deve situar-se mesmo no centro da capa, como mostra a figura 12.22.

2) **Efectuar o aperto normal da biela à cambota**, com o binário indicado.

O fio colocado será comprimido e, conseqüentemente espalmado (sofre uma deformação plástica), ficando com uma determinada largura.

3) **Voltar a desmontar a biela.**

4) **Medir a deformação plástica sofrida pelo fio**, através de uma escala comparadora, como mostra a figura 12.23.

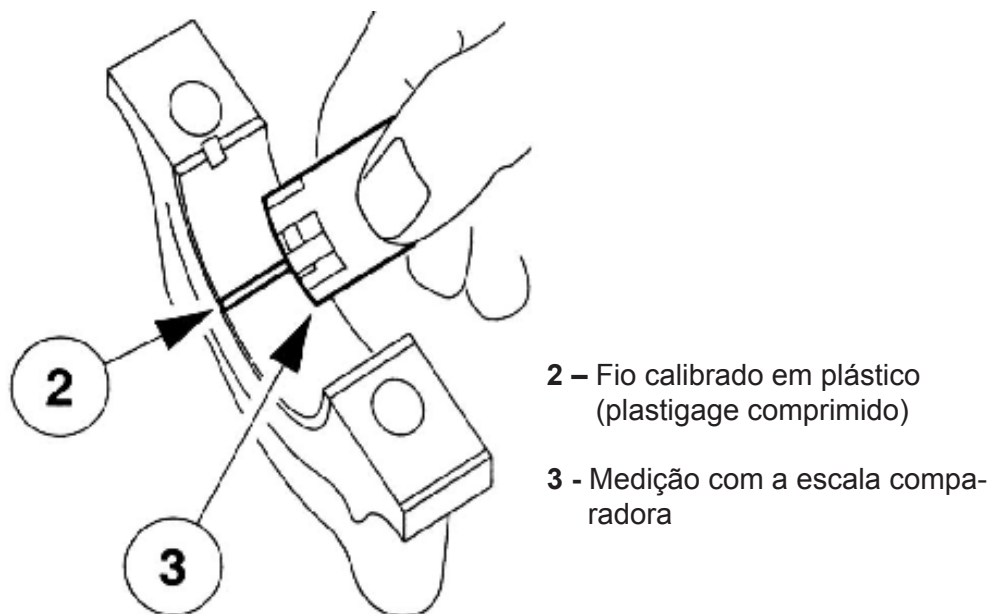


Fig.12.23 – Medir com a escala comparadora

A **escala comparadora** é uma escala onde se compara a largura do fio espalmado com várias larguras da escala. A cada largura da escala corresponde um valor de folga.

Regra geral:

Largura pequena ⇒ Folga grande
Largura grande ⇒ Folga pequena

O valor encontrado não deverá ser superior a 0,1 mm. Caso contrário, terá que se proceder à **substituição das capas**.

Para a substituição das capas deverá consultar-se o manual do fabricante. Normalmente, as capas são identificadas com **marcas de cores**, conforme a sua espessura.

Durante o processo de medição, a cambota nunca deverá ser rodada. O fio de plástico (plastigage) poderia ser danificado, ou arrastado, o que falsearia o resultado.

BIBLIOGRAFIA

FORD - Formação Técnica – *Noções básicas sobre os motores a gasolina – Noções básicas*

FORD - Formação Técnica – *Noções básicas sobre os motores a gasolina – Motores DOHC*

FORD - Formação Técnica – *Noções básicas sobre os motores a gasolina – Motores HCS*

FORD - Formação Técnica – *Noções básicas sobre os motores a gasolina – Motores CVH*

RENAULT PORTUGUESA, SA – *Tecnologia Automóvel – O Motor a Gasolina a 4 tempos – Construção*

CROUSE, W.H. – *El Libro del Automovil, vol 2, Boixareu Editores*

CROUSE, W.H. – *Motores de Automovil, Boixareu Editores*

BRADY, Robert N. – *Modern Diesel Technology, Prentice Hall*

HALDERMAN, James D. ; ELLINGER, Herbert E. – *Automotive Engines – Theory and Servicing, third edition*

ALONSO, J.M. - *Técnicas del Automovil – Motores, Editorial Paraninfo*

ALONSO, J.M. – *Electromecánica de Vehículos – Motores*

BRIOULT, Roger – *Moteurs à essence, Rta*

SELECÇÃO DO READER'S DIGEST – *O Livro do Automóvel*

CEPRA – EI T 384-4501-002 – *Taxa de compressão e pressão de compressão*

CEPRA – EI M 384-4501-003 – *Verificação da pressão de compressão nos motores de explosão*

CEPRA – EI M 384-4501-004 – *Verificação da pressão de compressão nos motores diesel*

CEPRA – EI T 384-4504-001 – *As cabeças dos motores de explosão*

CEPRA – EI T 384-4504-002 – *As cabeças dos motores diesel*

DOCUMENTOS DE SAÍDA

PÓS-TESTE

Em relação a cada um dos exercícios seguintes, são apresentadas 4 (quatro) respostas das quais apenas 1 (uma) está correcta. Para cada exercício indique a resposta que considera correcta, colocando uma cruz (X) no quadradinho respectivo.

1 - O motor Wankel é um motor:

- a) Alternativo
- b) Rotativo
- c) Simultaneamente alternativo e rotativo
- d) Nenhuma das anteriores

2 - Indique qual a ordem correcta dos tempos de um ciclo a 4 (quatro) tempos:

- a) Admissão, Compressão, Combustão /Expansão, Escape
- b) Admissão, Combustão /Expansão, Compressão, Escape
- c) Compressão, Admissão, Combustão /Expansão, Escape
- d) Compressão, Combustão /Expansão, Admissão, Escape

3 – Os cilindros de um motor estão situados no interior:

- a) Do cárter inferior do motor
- b) Da cabeça do motor
- c) Do bloco do motor
- d) Nenhuma das anteriores

4 - Indique qual é o elemento que faz a ligação do êmbolo à biela:

- a) - Segmento
- b) - Cavilhão
- c) - Cambota
- d) - Árvore de cames

5 - Indique a principal função dos segmentos de óleo:

- a) Garantir que o óleo de lubrificação que banha as paredes do cilindro ou camisa, não passe para o interior da câmara de combustão
- b) Efectuar a lubrificação da cambota
- c) Efectuar a lubrificação das paredes do cilindro
- d) Garantir a passagem do óleo que banha as paredes do cilindro ou camisa para a câmara de combustão

6 - Durante o funcionamento de um motor de ciclo a 4 tempos, o êmbolo desloca-se do PMS para o PMI nos tempos de:

- a) Admissão e Escape
- b) Compressão e Escape
- c) Admissão e Combustão / Expansão
- d) Admissão e Compressão

7 - Indique qual é a principal função da cambota:

- a) Transformar o movimento linear e alternativo do êmbolo e da biela em movimento de rotação
- b) Transmitir movimento de rotação ao veio de manivelas.
- c) Efectuar o comando das válvulas de admissão e de escape
- d) Efectuar a ligação entre o êmbolo e a biela.....

8 - A pressão de compressão:

- a) Diminui mas pouco, com o aumento da relação de compressão
- b) Aumenta com o aumento da relação de compressão
- c) Diminui bastante com o aumento da pressão de compressão
- d) Não varia com a variação da relação de compressão

9 – Num motor de 4 (quatro) cilindros em linha, o diâmetro de cada cilindro é de 85 mm e o curso de cada êmbolo é de 86 mm. Indique o valor da cilindrada total deste motor.

- a) 1974 cm³
- b) 1951 cm³
- c) 1040 cm³
- d) 975 cm³

10 - Num motor que funciona num ciclo a 4 (quatro) tempos, em cada tempo do ciclo:

A cambota roda 180°

A cambota roda 360°

A cambota roda 90°

A cambota roda 720°

11 – Num motor Diesel a 4 (quatro) tempos de 4 (quatro) cilindros em linha, em cada duas voltas completas da cambota:

a) Dá-se uma combustão

b) Dão-se duas combustões

c) Dão-se três combustões

d) Dão-se quatro combustões

12 – Quanto mais elevado é o índice de Octano de um carburante:

a) Menor é a sua capacidade de resistir à detonação

b) Maior é a sua capacidade de resistir à detonação

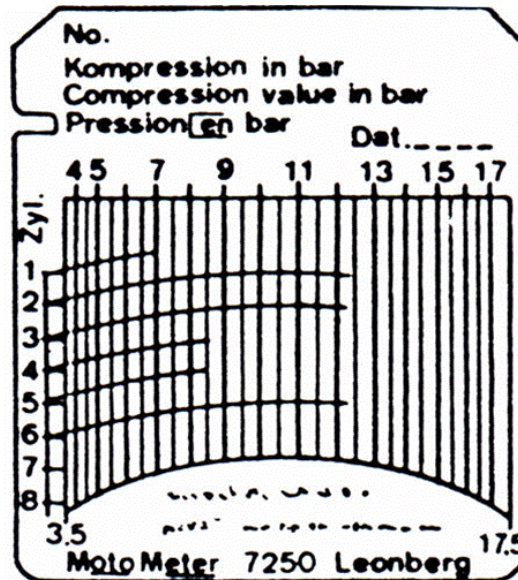
c) Com maior facilidade se dá a detonação

d) O índice de Octano não tem nada a ver com a capacidade de resistência de carburante à detonação

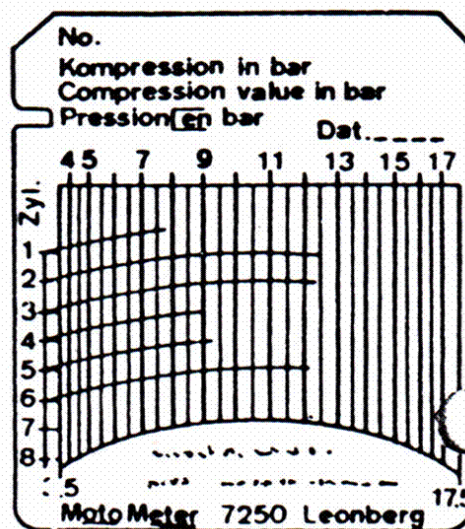
13 – O teste de pressão de compressão dos cilindros de um motor deve ser efectuado com:

- a) O motor frio
- b) O motor à temperatura normal de funcionamento
- c) As válvulas de borboleta completamente fechadas
- d) As velas de ignição montadas.....

14 – Realizou-se um teste de pressão de compressão dos cilindros com compressógrafo, num motor a gasolina 6 (seis) cilindros. A figura 1 mostra o diagrama obtido no compressógrafo. Pelo diagrama, verifica-se que a pressão de compressão dos cilindros 1, 4 e 5 encontra-se muito mais baixa que a dos restantes cilindros (cilindros 2, 3 e 6).



Após esta análise, introduziu-se algum óleo de motor nos cilindros 1, 4 e 5 e realizou-se um novo teste de compressão. A figura 2 mostra o diagrama obtido no compressógrafo neste segundo teste. Considerando os resultados obtidos no diagrama da figura 2, quais são os problemas mais prováveis?



- a) Fuga nas válvulas do cilindro 1 e segmentos gastos nos cilindros 4 e 5.....
- b) Segmentos gastos no cilindro 1 e junta da cabeça queimada entre os cilindros 4 e 5.....
- c) Segmentos gastos nos cilindros 1, 4 e 5.....
- d) Fuga nas válvulas do cilindro 1 e junta da cabeça queimada entre os cilindros 4 e 5.....

15 – A pressão de compressão:

- a) Aumenta com a altitude.....
- b) Diminui com a altitude.....
- c) Não varia com a altitude.....
- d) Varia, mas apenas a altitudes superiores a 1500m

16 – Após a realização do teste de fugas com um aparelho comprovador de fugas, verificou-se que existia uma fuga e observaram-se borbulhas na água do radiador. Isto indica que:

- a) A fuga dá-se através das válvulas de escape
- b) A fuga dá-se através dos segmentos
- c) A fuga dá-se através da junta da cabeça do motor
- d) Nenhuma das anteriores.....

17 – Foi efectuado um teste de verificação do equilíbrio dos cilindros de um motor de 4 (quatro) cilindros. Verificaram-se as seguintes quedas de rotação nos cilindros: Cilindro 1 (110 rpm), cilindro 2 (90 rpm), cilindro 3 (120 rpm) e cilindro 4 (125 rpm). As percentagens de queda dos 4 (quatro) cilindros são:

- a) Cilindro 1 (100%), cilindro 2 (62,5%), cilindro 3 (91%), cilindro 4 (75%)
- b) Cilindro 1 (88%), cilindro 2 (45%), cilindro 3 (80%), cilindro 4 (100%)
- c) Cilindro 1 (88%), cilindro 2 (72%), cilindro 3 (91%), cilindro 4 (100%).....
- d) Cilindro 1 (130%), cilindro 2 (100%), cilindro 3 (75%), cilindro 4 (90%)

18 – Perante os resultados do exercício anterior (exercício 17), indique qual dos cilindros apresenta problemas e que devem ser analisados:

- a) Cilindro 1
- b) Cilindro 2
- c) Cilindro 3
- d) Cilindro 4

19 – Considere um motor de 4 (quatro) cilindros em linha, com uma cilindrada unitária de 420 cm³ e cujas câmaras de combustão têm 60 cm³ de volume. Indique qual a relação de compressão do motor:

- a) 7:1
- b) 8:1
- c) 9:1
- d) 1:8

20 – Considere um motor com 4 (quatro) cilindros em linha, com uma relação de compressão de 9,8:1 e uma cilindrada total de 1124 cm³. Indique qual o volume de cada câmara de combustão.

- a) 31,9 cm³
- b) 114,7 cm³.....
- c) 45 cm³
- d) 38 cm³

21 – A parte inferior do bloco do motor é fechada por um componente que normalmente também serve de depósito de óleo do motor. Indique qual o seu nome.

- a) Cabeça do motor.....
- b) Alternador.....
- c) Bomba de óleo
- d) Cáster inferior

22 – Quanto mais elevado for o índice de Cetano do gasóleo:

- a) Menor é sua facilidade de auto-inflamação
- b) Pior é a qualidade do gasóleo.....
- c) Mais elevada é a temperatura de auto-inflamação do gasóleo.....
- d) Maior é sua facilidade de auto-inflamação.....

23 – A endoscopia a um motor tem como objectivo:

- a) Visualizar com o motor montado, partes interiores do motor que apenas seriam visíveis com o motor desmontado.....
- b) Visualizar e verificar toda a parte exterior do motor.....
- c) A audição com facilidade dos ruídos internos do motor.....
- d) Detectar cheiros anormais libertados pelas combustões durante o funcionamento do motor.....

24 – O ciclo teórico OTTO:

- a) É um ciclo a temperatura constante.....
- b) É um ciclo a pressão constante.....
- c) É um ciclo a volume constante.....
- d) Nenhuma das anteriores.....

25 – Comparando um bloco de motor em alumínio com um bloco de motor em ferro fundido da mesma cilindrada, indique qual a frase que está correcta:

- a) O bloco de motor em alumínio é mais pesado que o bloco de motor em ferro fundido.....
- b) O bloco de motor em alumínio dissipa melhor o calor que o bloco de motor em ferro fundido.....
- c) O bloco de motor em alumínio dissipa pior o calor que o bloco de motor em ferro fundido.....
- d) O bloco de motor em alumínio tem a mesma facilidade de dissipação de calor que o bloco de motor em ferro fundido.....

26 – Um factor λ com valor superior a 1 ($\lambda > 1$) significa que:

- a) A mistura ar / combustível é rica
- b) A mistura ar / combustível é pobre
- c) A mistura ar / combustível é estequiométrica.....
- d) A mistura ar / combustível tem defeito de ar

CORRIGENDA DO PÓS-TESTE

Nº DO EXERCÍCIO	RESPOSTA CERTA
1	b)
2	a)
3	c)
4	b)
5	a)
6	c)
7	a)
8	b)
9	b)
10	a)
11	d)
12	b)
13	b)
14	d)

Nº DO EXERCÍCIO	RESPOSTA CERTA
15	b)
16	c)
17	c)
18	b)
19	b)
20	a)
21	d)
22	d)
23	a)
24	c)
25	b)
26	b)

ANEXOS

EXERCÍCIOS PRÁTICOS

EXERCÍCIO N.º 1 - VERIFICAÇÃO DA PRESSÃO DE COMPRESSÃO NOS CILINDROS DE UM MOTOR.

- VERIFICAR A PRESSÃO DE COMPRESSÃO NOS CILINDROS DE UM MOTOR A GASOLINA, REALIZANDO AS TAREFAS INDICADAS EM SEGUIDA, TENDO EM CONTA OS CUIDADOS DE HIGIENE E SEGURANÇA.

EQUIPAMENTO NECESSÁRIO

- 1 VEÍCULO COM MOTOR DE 4 CILINDROS A GASOLINA
- MANUAL DO FABRICANTE DO VEÍCULO
- FERRAMENTAS DE (DES)APERTO
- 1 CHAVE DINAMÓMETRO
- 1 COMPRESSÓGRAFO COM ADAPTADORES E COMANDO À DISTÂNCIA PARA O MOTOR DE ARRANQUE
- CARTOLINAS GRADUADAS PARA TESTE DE 4 CILINDROS
- 1 ALMOTOLIA COM ÓLEO
- 1 FERRAMENTA ESPECIAL PARA O PEDAL DO ACELERADOR
- 1 DENSÍMETRO

TAREFAS A EXECUTAR

- 1 – VERIFIQUE A CARGA DA BATERIA DO MOTOR, COM O DENSÍMETRO.
- 2 – PONHA O MOTOR A TRABALHAR ATÉ ATINGIR A TEMPERATURA NORMAL DE FUNCIONAMENTO E DESLIGUE-O DE SEGUIDA.
- 3 – DESMONTE AS VELAS DE IGNIÇÃO.
- 4 – DESLIGUE O CABO DE ALTA TENSÃO DA BOBINA DE IGNIÇÃO, DA TAMPA DO DISTRIBUIDOR. LIGUE A PONTA DO CABO A QUALQUER PARTE METÁLICA QUE FAÇA UMA BOA MASSA.
- 5 – COLOQUE O PEDAL DO ACELERADOR A FUNDO COM A FERRAMENTA ESPECIAL.
- 6 – COLOQUE A CARTOLINA GRADUADA NO COMPRESSÓGRAFO E APLIQUE O COMPRESSÓGRAFO AOS CILINDROS DO MOTOR.
- 7 – DÊ AO MOTOR DE ARRANQUE E VERIFIQUE AS PRESSÕES DE COMPRESSÃO DOS VÁRIOS CILINDROS. COMPARE OS VALORES OBTIDOS COM O MANUAL DO FABRICANTE PREENCHENDO A TABELA SEGUINTE.

CILINDROS	PRESSÃO DE COMPRESSÃO	
	VALOR DO FABRICANTE	VALOR MEDIDO
CILINDRO 1		
CILINDRO 2		
CILINDRO 3		
CILINDRO 4		

- 8 – ANALISE OS RESULTADOS OBTIDOS. SE VERIFICAR A EXISTÊNCIA DE VALORES ANORMAIS EFECTUE OS PROCEDIMENTOS NECESSÁRIOS Á DETERMINAÇÃO DA (S) SUA(S) CAUSA(S). SE TIVER QUE REPETIR O TESTE PREENCHA A TABELA SEGUINTE COM OS NOVOS VALORES.

CILINDROS	PRESSÃO DE COMPRESSÃO	
	VALOR DO FABRICANTE	VALOR MEDIDO
CILINDRO 1		
CILINDRO 2		
CILINDRO 3		
CILINDRO 4		

- 9 – ANALISE OS RESULTADOS OBTIDOS. INDIQUE COM UM (X) NA TABELA SEGUINTE QUAIS AS CAUSAS PROVÁVEIS DOS VALORES ANORMAIS.

CAUSAS PROVÁVEIS	CILINDROS			
	CILINDRO 1	CILINDRO 2	CILINDRO 3	CILINDRO 4
SEGMENTOS DANIFICADOS				
JUNTA DA CABEÇA				
VÁLVULAS				
OUTRAS				

- 10 – PROCEDA À MONTAGEM DAS VELAS DE IGNIÇÃO E DO CABO DE ALTA TENSÃO DA BOBINA.

GUIA DE AVALIAÇÃO DOS EXERCÍCIOS PRÁTICOS

EXERCÍCIO PRÁTICO Nº 1: VERIFICAÇÃO DA PRESSÃO DE COMPRESSÃO NOS CILINDROS DE UM MOTOR.

TAREFAS A EXECUTAR	NÍVEL DE EXECUÇÃO	GUIA DE AVALIAÇÃO (PESOS)
1 - Verificar a carga da bateria do motor, com o densímetro.		1
2 - Pôr o motor a trabalhar até atingir a temperatura normal de funcionamento e desligá-lo de seguida.		1
3 - Desmontar as velas de ignição.		1
4 - Desligar o cabo de alta tensão da bobina de ignição, da tampa do distribuidor. Ligar a ponta do cabo a qualquer parte metálica que faça uma boa massa.		1
5 - Colocar o pedal do acelerador a fundo com a ferramenta especial.		1
6 - Colocar a cartolina graduada no compressógrafo e aplicar o compressógrafo aos cilindros do motor.		2
7 - Dar ao motor de arranque e verificar as pressões de compressão dos vários cilindros. Comparar os valores obtidos com o manual do fabricante preenchendo a tabela.		4
8 - Analisar os resultados obtidos. Se verificar a existência de valores anormais efectuar os procedimentos necessários à determinação da(s) sua(s) causa(s). Se tiver que repetir o teste preencher a tabela com os novos valores.		4
9 - Analisar os resultados obtidos. Indicar as causas prováveis na tabela.		3
10 - Proceder à montagem das velas de ignição e do cabo de alta tensão da bobina.		2
CLASSIFICAÇÃO		20



SEDE (LISBOA)
Rua Francisco Salgado Zenha, 3
2685-332 PRIOR VELHO
Tel. 21 942 78 70 Fax 21 941 19 62
geral@cepra.pt

DELEGAÇÃO (PORTO)
Rua Alves Redol, 370
4425-613 PEDROUÇOS
Tel. 22 906 92 90 Fax 22 906 92 99
geral.porto@cepra.pt

www.cepra.pt