



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação

ESCOLA ESTADUAL DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP
ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM MANUTENÇÃO AUTOMOTIVA

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA
CICLO DIESEL



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Educação

Governador

Cid Ferreira Gomes

Vice Governador

Domingos Gomes de Aguiar Filho

Secretária da Educação

Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretário Adjunto

Maurício Holanda Maia

Secretário Executivo

Antônio Idilvan de Lima Alencar

Assessora Institucional do Gabinete da Seduc

Cristiane Carvalho Holanda

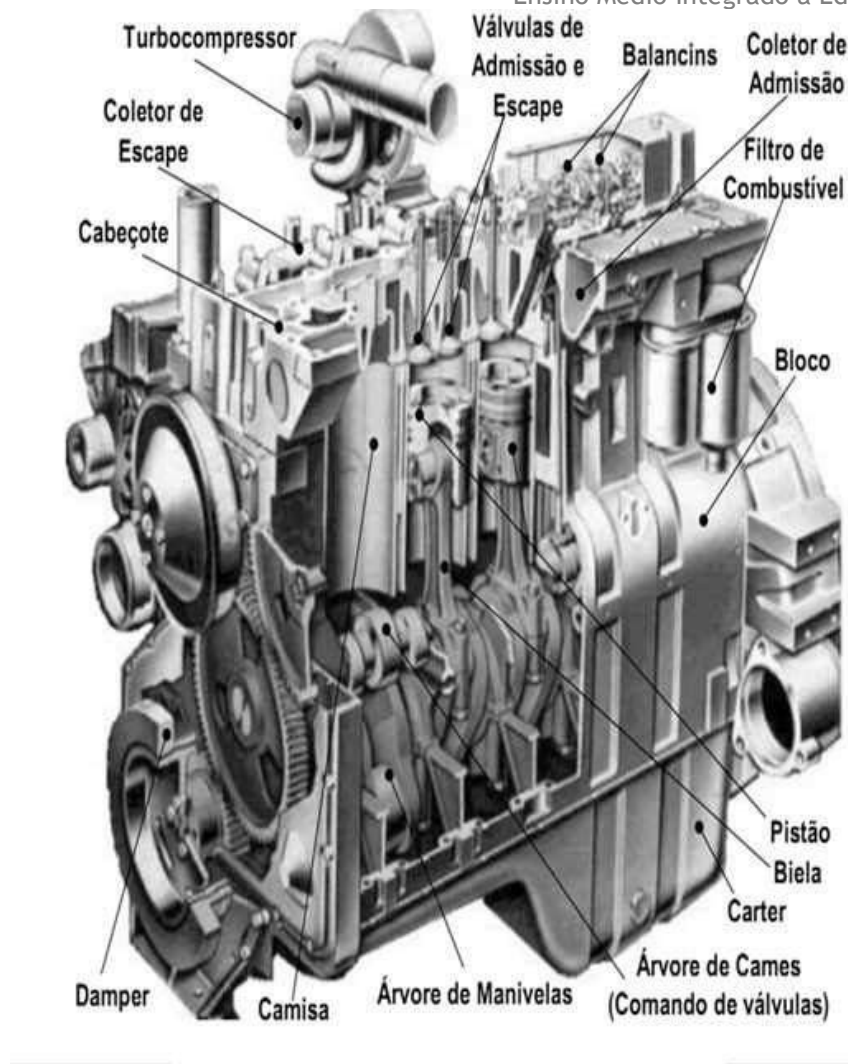
Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC

Andréa Araújo Rocha

INDICE

1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1.VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS MOTORES DE COMBUSTÃO.....	2
1.2.MOTORES DIESEL APLICAÇÃO.....	3
1.3.SISTEMAS.....	3
1.4.PARTES.....	4
2. MOTORES CILCO DIESEL E SUAS FASES	5
2.1.RENDIMENTO E CICLOS.....	6
3. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	8
4. PARTES DO MOTOR.....	10
4.1.CILINDRO.....	12
4.2.CARTER.....	13
4.3.CABEÇOTE.....	13
4.4.VIRABREQUIM.....	14
4.5.VOLANTE.....	14
4.6.BIELAS.....	15
4.7.MANCAIS.....	16
4.8.PISTÕES.....	16
4.9.ANEIS DE SEGMENTO.....	17
5. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO.....	18
5.1.ÓRGÃOS DE DISTRIBUIÇÃO.....	19
5.2.CIRCUITO DE COMBUSTÍVEL.....	21
6. DISPOSITIVOS DE INJEÇÃO.....	22
7. BOMBA DE COMBUSTÍVEL.....	23
8. SISTEMA DE INJEÇÃO POR TUBO COMUM - COMMOM RAIL.....	24
8.1.BOMBA ROTATIVA.....	25
8.2.CICLO DE FUNCIONAMENTO.....	27
8.3.TIPO DE ALIMENTAÇÃO DE AR - TURBO COMPRESSOR.....	29

9. ARREFECIMENTO.....	31
10.ELEMENTOS DE LUBRIFICAÇÃO.....	33
11.TIPOS DE BOMBA.....	40
12.SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO.....	40
13.TIPOS DE FREIOS AUXILIARES.....	41
13.1. TOP-BRAKE.....	45
14.UNIDADE INJETORA.....	46
15.FUNIONAMENTO DO SISTEMA DE INJEÇÃO	48
16.GERENCIAMENTO ELETRÔNICO.....	48
17.POTÊNCIA E RENDIMENTO.....	50
18.POTÊNCIA DOS MOTORES.....	53
18.1. CURVAS DE POTÊNCIA.....	54
19.RENDIMENTO DOS MOTORES.....	56
20.POTENCIA DO MOTOR.....	57
21.RENDIMENTO MECÂNICO.....	58
22.RENDIMENTO TÉRMICO.....	59
23.RENDIMENTO VOLUMÉTRICO.....	60
24.BIBLIOGRAFIA.....	61



1. INTRODUÇÃO

Os motores de combustão podem ser classificados como de:

COMBUSTÃO EXTERNA, no qual o fluido de trabalho está completamente separado da mistura ar/combustível, sendo o calor dos produtos da combustão transferido através das paredes de um reservatório ou caldeira, ou de COMBUSTÃO INTERNA, no qual o fluido de trabalho consiste nos produtos da combustão da mistura de ar/combustível.

Uma vantagem fundamental do motor alternativo de combustão interna, sobre as instalações de potência de outros tipos, consiste na ausência de trocadores de calor no circuito do fluido de trabalho, tal como a caldeira e condensador de uma instalação a vapor. A ausência dessas peças não apenas conduz à simplificação mecânica, mas, também, elimina a perda inerente ao processo de transmissão de calor através de um trocador de área finita.

O motor alternativo de combustão interna possui outra vantagem fundamental importante sobre a instalação a vapor ou turbina a gás, a saber: todas as peças podem trabalhar a temperaturas bem abaixo da máxima temperatura cíclica. Este detalhe possibilita o uso de temperaturas cíclicas bastante altas e torna possível alta eficiência.

1.1 Vantagens e desvantagens dos motores de combustão interna

- Arranque rápido;
- Trabalho em rotações relativamente baixas;
- Pequeno tamanho;
- Fácil manutenção;
- Limitação de potência;
- Não utilização de combustíveis sólidos;
- Peso elevado para potência;
- Elevado número de peças;
- Baixa eficiência.

1.2 Motores diesel aplicação

São máquinas térmicas alternativas, de combustão interna, destinadas ao suprimento de energia mecânica ou força motriz de acionamento. O nome é devido a Rudolf Diesel, engenheiro francês nascido em Paris, que desenvolveu o primeiro motor em Augsburg - Alemanha, no período de 1893 a 1898. Oficialmente, o primeiro teste bem sucedido foi realizado no dia 17 de fevereiro de 1897, na Maschinenfabrik Augsburg.

Segundo sua aplicação, são classificados em 4 tipos básicos:

- ESTACIONÁRIOS: Destinados ao acionamento de máquinas estacionárias, tais como Geradores, máquinas de solda, bombas ou outras máquinas que operam em rotação constante;
- INDUSTRIAIS: Destinados ao acionamento de máquinas de construção civil, tais como tratores, carregadeiras, guindastes, compressores de ar, máquinas de mineração, veículos de operação fora-de-estrada, acionamento de sistemas hidrostáticos e outras aplicações onde se exijam características especiais específicas do acionador;
- VEICULARES: Destinados ao acionamento de veículos de transporte em geral, tais como caminhões e ônibus;
- MARÍTIMOS: Destinados à propulsão de barcos e máquinas de uso naval.

1.3 Sistemas

Conforme o tipo de serviço e o regime de trabalho da embarcação, existe uma vasta gama de modelos com características apropriadas, conforme o uso. (Laser, trabalho comercial leve, pesado, médio-contínuo e contínuo).

Além dos segmentos de aplicações, os motores Diesel podem ser classificados pelo tipo de sistema de arrefecimento que utilizam, normalmente a água ou a ar e pelo número e disposição dos cilindros, que normalmente são dispostos em linha, quando os cilindros se encontram em uma única fileira, ou em V, quando os cilindros são dispostos em fileiras oblíquas.

As diferenças básicas entre os diversos tipos de motores Diesel residem, essencialmente, sobre os sistemas que os compõem. Todos funcionam segundo as mesmas leis da termodinâmica, porém as alterações de projeto que se efetuam sobre os sistemas e seus componentes resultam em características de operação que os tornam adequados para aplicações diferentes. Os sistemas que constituem o motor Diesel são:

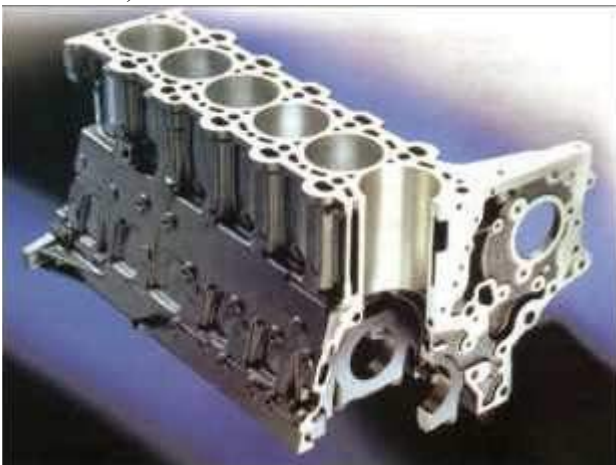
- Sistema de Admissão de ar;

- Sistema de Combustível, aí se incluindo os componentes de injeção de óleo Diesel;
- Sistema de Lubrificação;
- Sistema de Arrefecimento;
- Sistema de Exaustão ou escapamento dos gases;
- Sistema de Partida;

1.4 Partes

O motor, propriamente dito, é composto de um mecanismo capaz de transformar os movimentos alternativos dos pistões em movimento rotativo da árvore de manivelas, através da qual se transmite energia mecânica aos equipamentos acionados, como, por exemplo, um gerador de corrente alternada, que denominamos ALTERNADOR. Este mecanismo se subdivide nos seguintes componentes principais:

a) Bloco de cilindros



Onde se alojam os conjuntos de cilindros, compostos pelos pistões com anéis de segmento, camisas, bielas, árvores de manivelas e de comando de válvulas, com seus mancais e buchas. Na grande maioria dos motores, construído em ferro fundido e usinado para receber a montagem dos componentes. Grandes motores navais tem bloco construído em chapas de aço soldadas e alguns motores de pequeno porte têm bloco de liga de alumínio.

b) Cabeçotes

Funcionam, essencialmente, como "tampões" para os cilindros e acomodam os mecanismos das válvulas de admissão e escape, bicos injetores e canais de circulação do líquido de arrefecimento. Dependendo do tipo de construção do motor, os cabeçotes podem ser individuais, quando existe um para cada cilindro, ou múltiplos, quando um mesmo cabeçote cobre mais de um cilindro.

c) Cárter

É o reservatório do óleo lubrificante utilizado pelo sistema de lubrificação. É construído em ferro fundido, liga de alumínio ou chapa de aço estampada. Em alguns motores o cárter é do tipo estrutural, formando com o bloco uma estrutura rígida que funciona como chassis da máquina, como se vê em alguns tratores agrícolas.

d) Seção dianteira

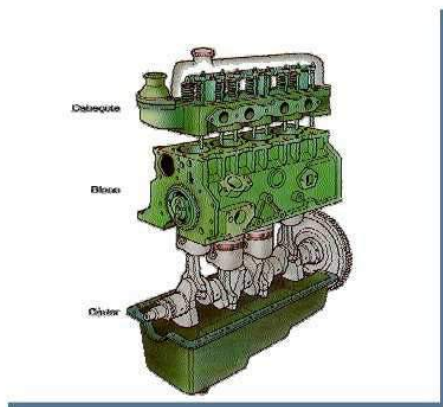
É a parte dianteira do bloco, onde se alojam as engrenagens de distribuição de movimentos para os acessórios externos, tais como bomba d'água, ventilador, alternador de carga das baterias e para sincronismo da bomba de combustível e da árvore de comando de válvulas.

e) Seção traseira.

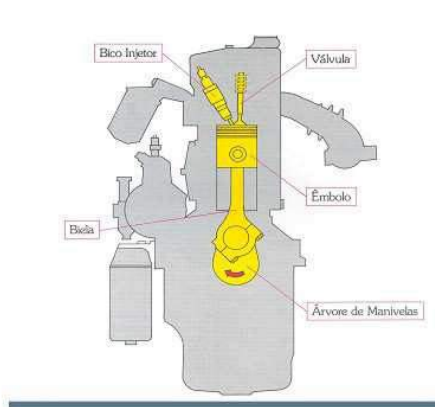
Onde se encontram o volante e respectiva carcaça, para montagem do equipamento acionado.

Todos os cuidados de manutenção preventiva se concentram sobre os sistemas do motor. O mecanismo principal só recebe manutenção direta por ocasião das revisões gerais de recondiçãoamento ou reforma, quando é totalmente desmontado, ou se, eventualmente, necessitar de intervenção para manutenção corretiva, em decorrência de defeito ou acidente. Os componentes internos estão sujeitos a desgastes inevitáveis, porém sua durabilidade e performance dependem unicamente dos cuidados que forem dispensados aos sistemas.

2. MOTORES CICLO DIESEL E SUAS FASES



Motor de Combustão Interna



O motor de combustão interna é uma máquina que transforma energia térmica em energia mecânica. Quer dizer, o movimento de suas partes móveis é provocado pela queima de um combustível, que ocorre no interior de uma câmara de combustão.

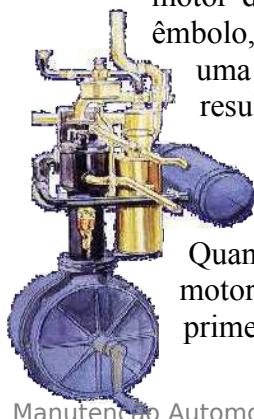
O combustível é enviado para esta câmara por um sistema de alimentação. As partes móveis do motor em funcionamento estão submetidas a atrito e calor, razão pela qual devem ser constantemente lubrificadas e arrefecidas. E para que entrem em funcionamento é necessário dar-lhes um arranque inicial, por meio de um motor de partida, que está conectado ao sistema elétrico do veículo.

Os Primeiros Motores

Os pioneiros não pensavam em adotar mais de um cilindro para seus motores a gasolina.

Em comparação com o motor diesel, o convencional motor a gasolina é um motor de combustão interna no qual uma mistura ar-combustível admitida num cilindro e comprimida por um êmbolo é inflamada por centelha elétrica.

Motor de combustão interna com ignição por compressão (motor diesel) O motor diesel é um motor de combustão interna no qual o ar admitido num cilindro é comprimido por um êmbolo, atingindo, devido à compressão, uma temperatura de 500 a 700 graus centígrados; uma vez injetado o combustível, a mistura inflama-se espontaneamente, graças ao calor resultante da compressão do ar.



Ciclo de Diesel (Volume Constante)

Quando Diesel se interessou pelo motor térmico, procurou realizar industrialmente um motor concebido segundo o ciclo de Sadi Carnot. Sabe-se que a realização deste primeiro motor manifestou-se impossível. Diesel abandonou este ciclo, devido aos

perigos que o mesmo apresentava pela compressão elevada demais (250kg); substituiu-o por um ciclo mais simples, conhecido como o nome de “ciclo Diesel”, cujo detalhe dá-se em seguida.

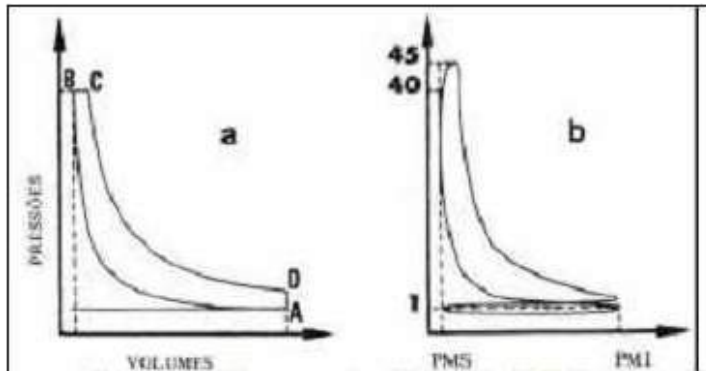


Figura 32 - Diagramas do ciclo de Rudolf Diesel.

A) diagrama teórico

B) diagrama real.

O enchimento e o esvaziamento do cilindro efetuam-se com a pressão atmosférica, pois que:

AB = compressão adiabática do ar

puro aspirado antes;

BC = combustão em pressão constante;

CD = expansão adiabática;

DA = baixa brutal da pressão.

Fases

Primeira fase: compressão adiabática. O ar puro aspirado anteriormente é comprimido e atinge uma temperatura suficiente para provocar a inflamação do combustível injetado.

Segunda fase: combustão isobárica. No começo da distensão, a combustão efetua-se em pressão constante, quando o volume aumenta e a expansão dos gases compensa a queda de pressão devida ao aumento de volume.

Terceira fase: expansão adiabática. A expansão efetua-se sem troca de calor com as paredes do cilindro.

Quarta fase: baixa de pressão. A abertura brutal do escapamento produz uma queda rápida da pressão enquanto o pistão báscula em ponto morto (volume constante).

O ciclo Diesel aplica-se aos motores lentos estudados para a propulsão dos barcos. Dificilmente realizável em um motor de regime elevado, carros leves e veículos industriais, os engenheiros que continuaram o trabalho de Diesel o substituíram por um motor de ciclo misto cujo funcionamento relaciona-se ao mesmo tempo com o ciclo Diesel e com o de Beau de Rochas (Otto).

2.1 Rendimento e ciclos

O rendimento do ciclo Diesel é dado pela relação:

$$\eta_c = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{C_v(T_D - T_A)}{C_p(T_C - T_B)} = 1 - \frac{T_A(T_D/T_A - 1)}{kT_B(T_C/T_B - 1)}$$

É importante notar que, no ciclo Diesel, a razão de compressão isoentrópica é maior do que a razão de expansão isoentrópica.

Ciclo Quatro Tempos, Ciclo Diesel

O engenheiro Rudolf Diesel (1858-1913), em fevereiro de 1892 publicou em Berlim um fascículo intitulado “Teoria e Construção de um Motor Térmico Racional” onde expunha suas idéias

para a realização prática do ciclo de Carnot. Ainda na Alemanha, começa a construção do seu primeiro motor em Ausburgo.

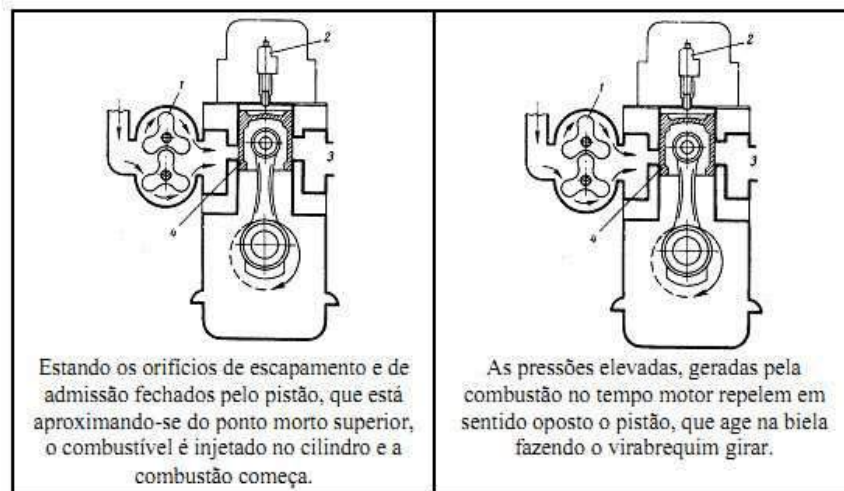
Em 1897, utilizando um já melhorado (monocilíndrico, diâmetro de 250 mm, curso de 400mm e consumo de 247g de combustível por cavalo e por hora), desenvolve 20HP a 172rpm e rendimento térmico de 26,2% (os motores a gasolina rendiam 20% e os a vapor 10%).

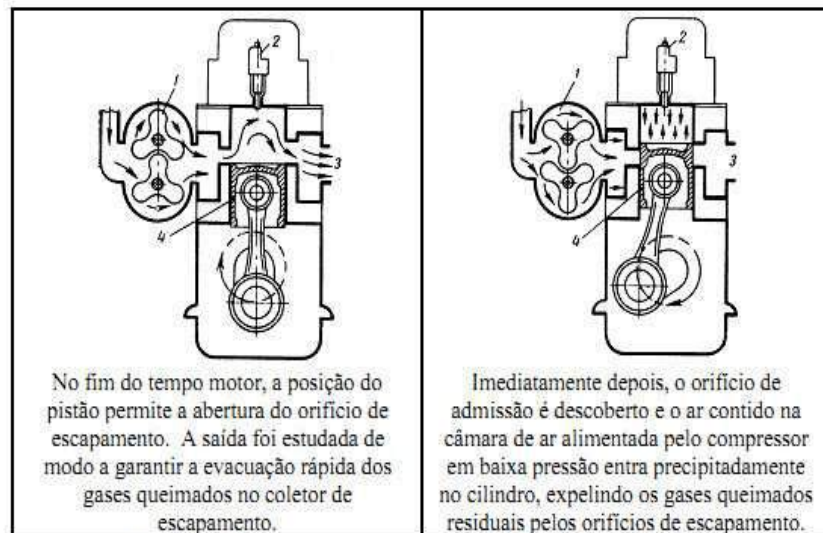
O motor desenvolvido, trabalhando há quatro tempos, possui basicamente duas grandes diferenças de um motor a gasolina:

1. O motor aspira e comprime apenas ar.
2. Um sistema de injeção dosa, distribui e pulveriza o combustível em direção dos cilindros. O combustível inflama-se ao entrar em contato com o ar, fortemente aquecido pela compressão. Utiliza taxa de compressão de, aproximadamente 19:1.

Ciclo Dois Tempos, Ciclo Diesel

O motor Diesel a dois tempos não trabalha com uma pré-compressão no carter. Ele tem carregamento forçado por meio de um compressor volumétrico (rotativo) ou de uma ventoinha. Possui também um sistema de lubrificação semelhante aos motores de quatro tempos, isto é, leva óleo no carter e possui bomba de óleo, filtro, etc. Vê-se, na Figura , um exemplo de motor Diesel dois tempos.

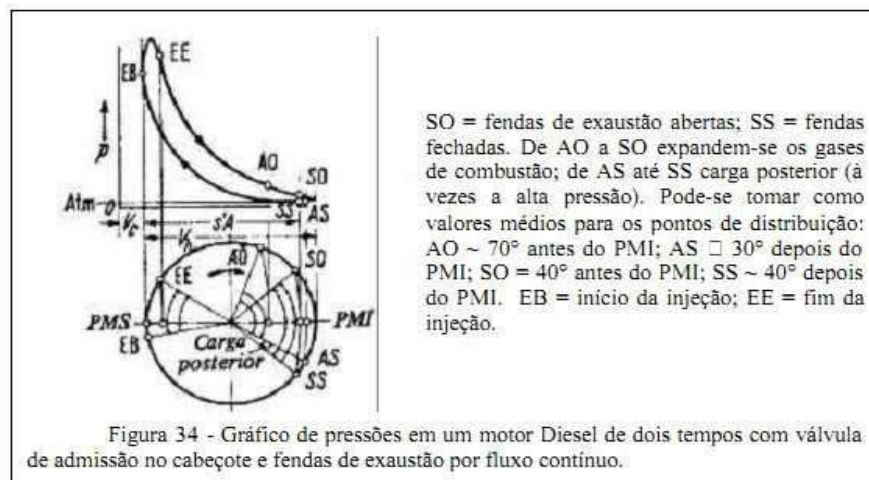




Esquema de funcionamento do Motor Diesel dois tempos.

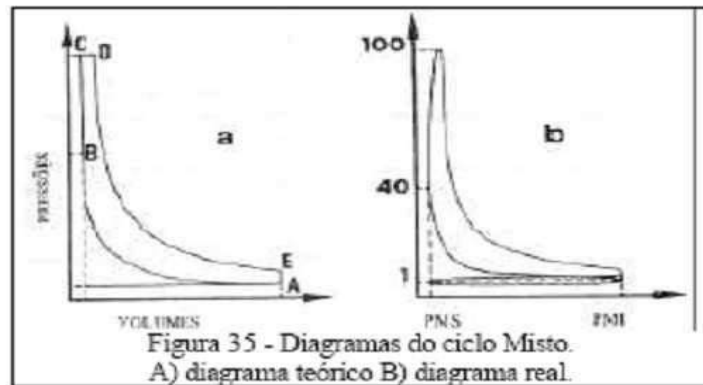
Vantagens: O motor de dois tempos, com o mesmo dimensionamento e RPM, dá uma maior potência que o motor de quatro tempos e o torque é mais uniforme. Faltam os órgãos de distribuição dos cilindros, substituídos pelos pistões, combinados com as fendas de escape e combustão, assim como as de carga.

Desvantagens: Além das bombas especiais de exaustão e de carga, com menor poder calorífico e consumo de combustível relativamente elevado; carga calorífica consideravelmente mais elevada que num motor de quatro tempos, de igual dimensionamento.



Ciclo Misto

O ciclo misto aplica-se aos motores diesel modernos. A Figura 90, que segue, mostra o diagrama teórico e real.



Onde:

AB = compressão adiabática

BC = combustão isovolumétrica (isocórica);

CD = expansão isobárica;

DE = expansão adiabática;

EA = queda rápida na pressão.

A comparação dos diagramas mostra bem que esses dois ciclos se assemelham no plano prático; é que na realidade o motor a gasolina não é completamente de pressão variável e de volume constante, mas se aproxima do ciclo misto porque a “explosão” dos gases é apenas uma combustão rápida, mas não instantânea.

3. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Para que haja uma combustão é necessário dosar três elementos fundamentais: Ar, calor e combustível. Também conhecido como triângulo do fogo.



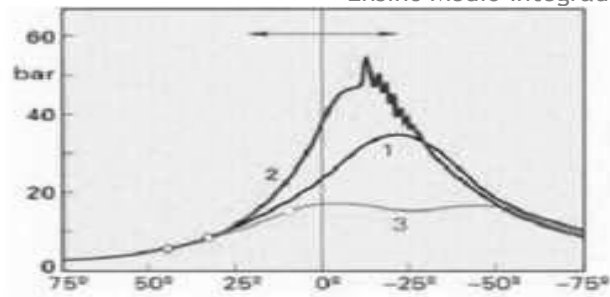
Atraso de Combustão

O tempo que leva para que a mescla combustível ar entre combustão é chamado de atraso de combustão e dura aproximadamente 1 ms.

Há condições que o atraso pode durar até 2ms.

- Baixa temperatura do motor.
- Bicos injetores não atomizando.
- Ponto de início de injeção ajustado muito avançado.
- Má qualidade do combustível.
- Problemas mecânicos.

Como consequência há o ruído de combustão chamado de batida de pino, ruído metálico gerado por frentes de chamas distintas dentro da câmara de combustão. Isto ocorre devido ao tempo elevado para a entrada de combustível na câmara de combustão. Outro fator que influencia o atraso de combustão é a pressão de compressão no interior da câmara de combustão.



Quanto maior a pressão menos o atraso de combustão.

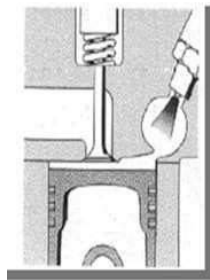
1. Combustão no tempo exato
2. Combustão muito adiantada
3. Combustão muito atrasada

Processo de formação da mistura ar combustível.

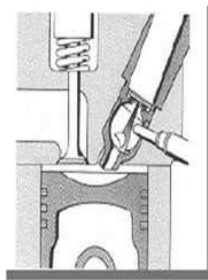
A forma da câmara de combustão o posicionamento do bico injetor e o ângulo de injeção determinam o processo de formação da mescla ar combustível. Quanto ao formato a câmara de combustão pode ser dividida pelo menos em dois tipos.

Injeção indireta

A combustão tem início no interior da pré câmara expandindo para câmara de combustão principal no topo do pistão.

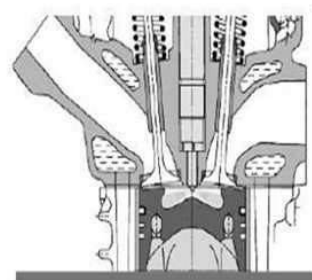
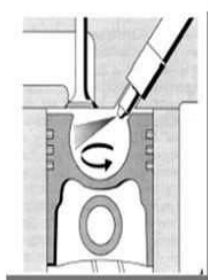
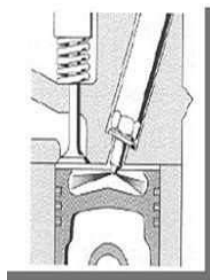


-Pré câmara com turbilhonamento.

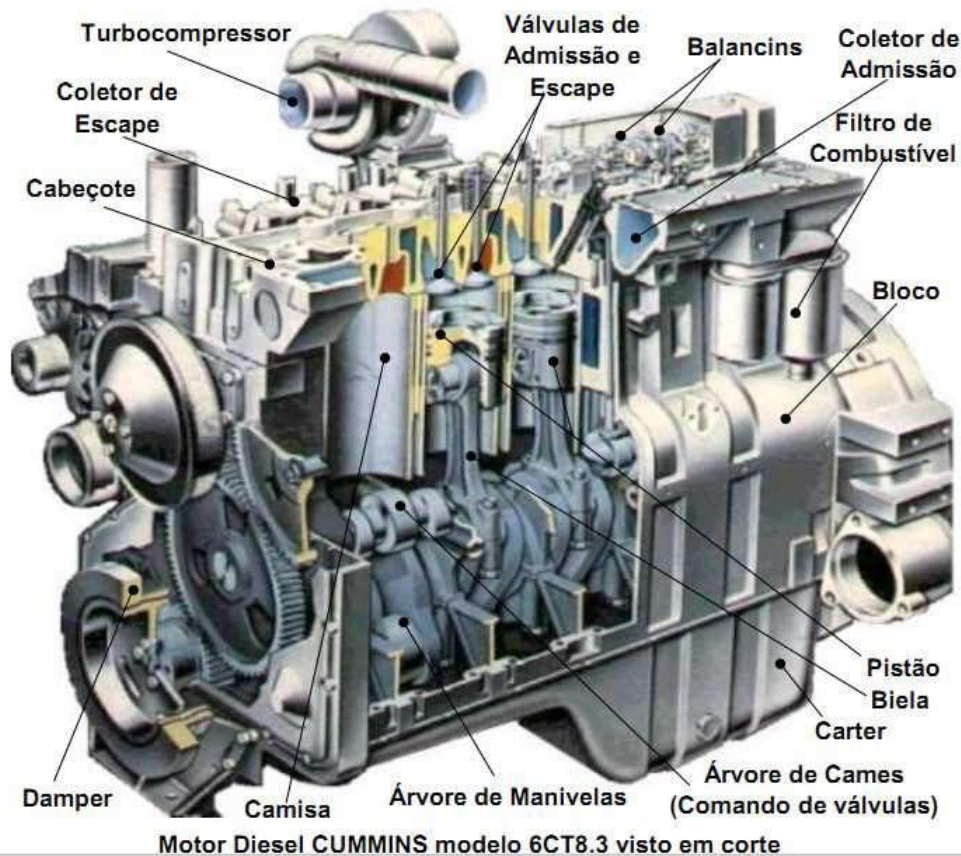


-Pré câmara com pré aquecimento

- Injeção direta: A combustão se dá diretamente sobre a câmara de combustão no pistão.



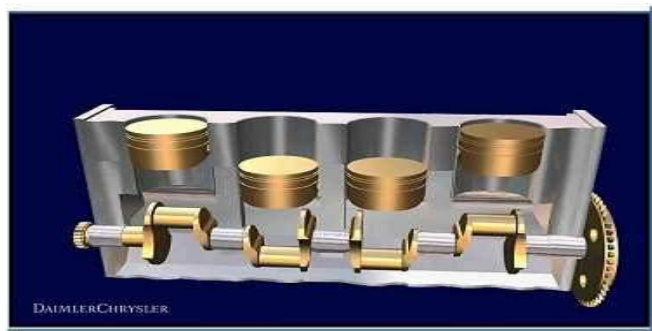
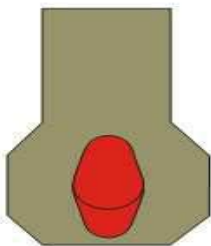
4. PARTES DO MOTOR



Bloco de Cilindros

O bloco de cilindros ou bloco do motor é o núcleo do motor. Nele estão localizados os orifícios cilíndricos por onde deslizam os êmbolos e os canais pelos quais circula o líquido de arrefecimento.

Como material para a fabricação do bloco de cilindros, normalmente, é utilizada ligas ferrosas e de alumínio.



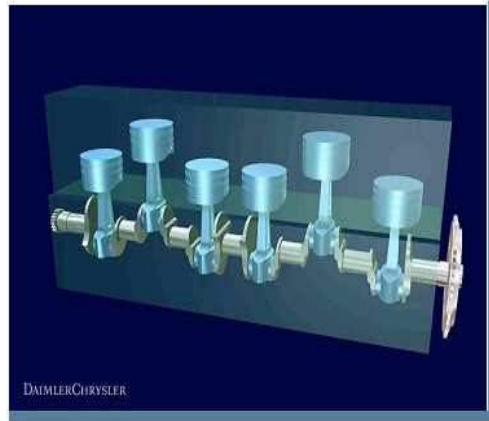
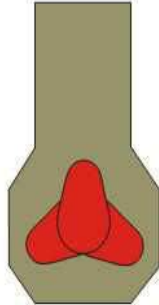
Disposição dos Êmbolos

- a) Motor em linha.
1. Comprido e mais pesado
 2. Torque mais uniforme, devido à sobreposição das sucessivas combustões

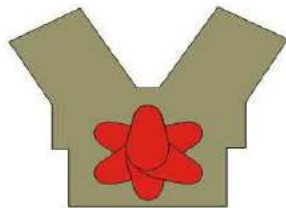
3. Bom equilíbrio mecânico reduz as vibrações

4. Árvore de manivelas assentada em 4 a 7 apoios, com grande resistência e evitando a flexão

Nesse tipo de árvore de manivelas o ângulo de injeção ocorre a cada 120°



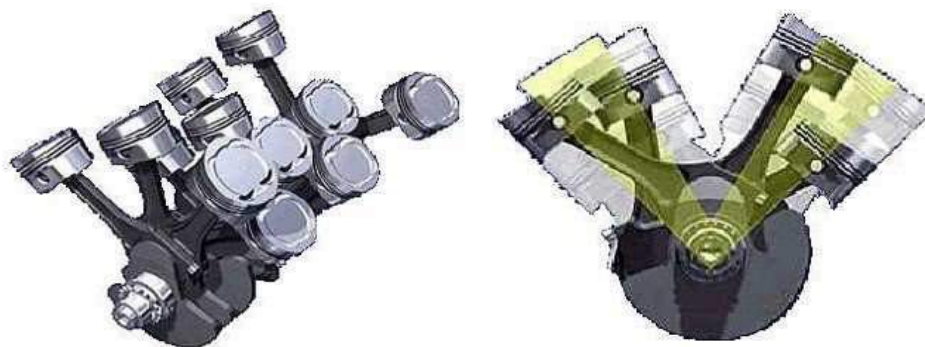
b) Motor em V



Montado em duas linhas, com um ângulo de inclinação de 90° entre elas. Conjunto mais curto, com árvore de manivelas mais curta e rígida, suavidade em elevado regime de rotação. Bloco com alta rigidez e menor altura

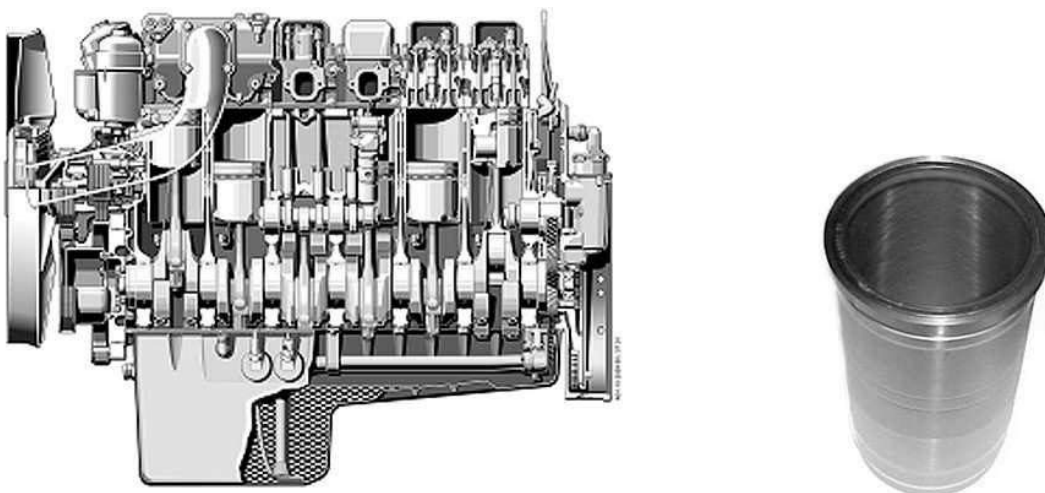
c) Motor em W

Um maior número de cilindros com o mesmo comprimento de um motor em V. Aumenta a suavidade e transforma o conjunto motor em um bloco altamente compacto



4.1 Cilindro

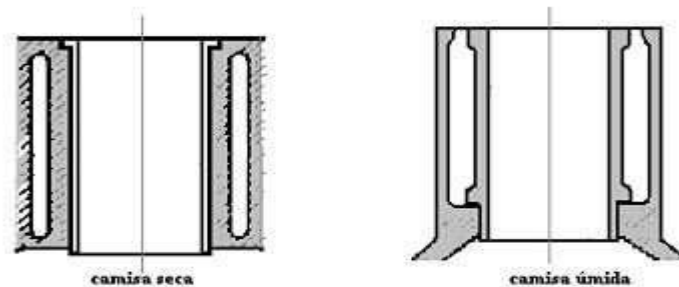
O cilindro do motor diesel pode ser do tipo camisa úmida ou molhada e também com cilindro usinado no bloco, sendo a sua manutenção feita quando da desmontagem do motor.



Cilindro tipo camisa seca

Desgaste dos cilindros.

O funcionamento do motor leva a um desgaste progressivo dos cilindros. Este desgaste é irregular e dá ao cilindro uma ovalização e uma conicidade. O maior desgaste verifica-se no PMS. Neste local, a lubrificação é normalmente insuficiente, enquanto a pressão e a temperatura estão no seu máximo. No PMI, estas condições são exatamente opostas e o desgaste é quase nulo.



A ovalização dos cilindros pode ter como causa a obliquidade da biela que, em torno do meio do curso, apóia o pistão contra o cilindro. Neste caso, a ovalização é perpendicular ao eixo do virabrequim.

O desgaste é, em grande parte, devido aos arranques com o motor frio. A condensação da gasolina e a insuficiência de óleo fazem com que durante os primeiros minutos de funcionamento os pistões funcionem que completamente a seco.

O grande desgaste dos cilindros leva a um consumo exagerado de óleo e de combustível, a um depósito de sujeira nas velas, a uma marcha ruidosa e a diminuição da potência.

Cilindros descentrados.

Num grande número de motores não se faz coincidir o eixo dos cilindros com o eixo do virabrequim. Este último está deslocado alguns milímetros no sentido oposto ao sentido de rotação. Este deslocamento tem por finalidade diminuir a inclinação da biela no tempo motor (descida do pistão). Daí resulta um menor esforço lateral do pistão sobre as paredes do cilindro e uma ovalização menos sensível. Durante a subida do pistão, a inclinação da biela é grande, mas como a pressão do gás é fraca, os esforços laterais ficam normais. O deslocamento regulariza o desgaste de ambos os lados do cilindro.

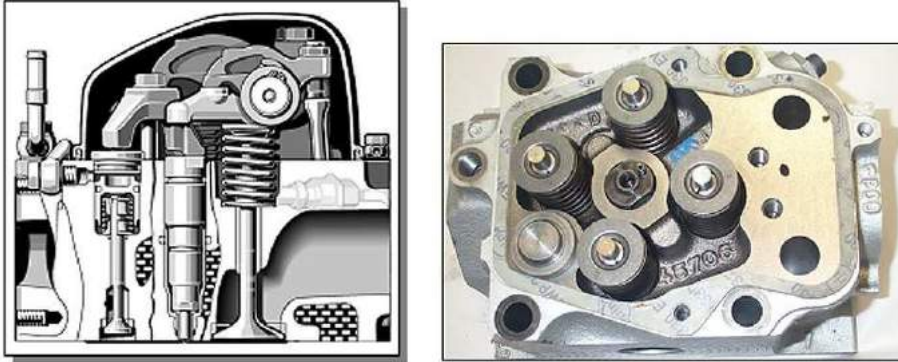
4.2 Cárter

O cárter de um motor é em ferro fundido ou em alumínio fundido. Forma a parte principal do bloco do motor e contém o virabrequim, o eixo de cames (motor de válvulas laterais) e a bomba de óleo. As extremidades do cárter têm freqüentemente garras destinadas a fixação do motor. As paredes extremas e as divisórias internas suportam os mancais do virabrequim.

A parte inferior do cárter forma depósito de óleo. É de chapa embutida ou de liga de alumínio. A sua fixação ao cárter superior faz-se por intermédio de cavilhas de aço doce.

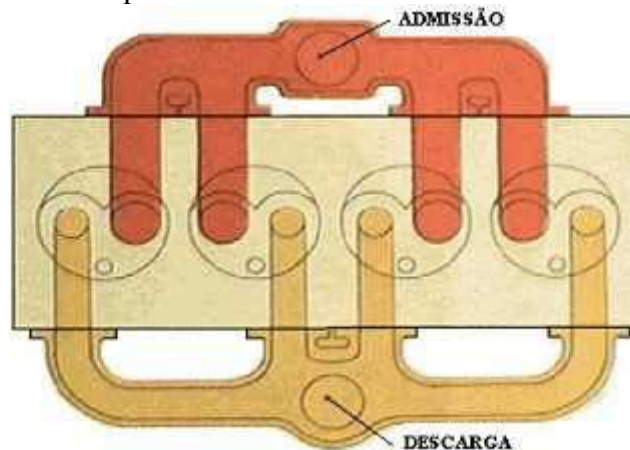
4.3 Cabeçote

O cabeçote tem a função de tampar os cilindros formando a câmara de combustão. Os motores refrigerados a água usam cabeçotes de ferro fundido ou ligas de alumínio. Este último quando a necessidade de peso leve, ou melhor, condução de calor uma vez que impedem a formação de pontos quentes nas paredes internas do cabeçote.



O cabeçote é um dos elementos mais críticos no projeto de um motor porque ele combina problemas estruturais, fluxo de calor e escoamento de fluido em uma forma complexa.

O problema central no projeto do cabeçote com válvulas consiste em se chegar a um arranjo satisfatório, quanto a válvulas e janelas (motor 2 tempos), que suporte as cargas de gás e, ao mesmo tempo, evitar excessiva distorção e tensão devido aos gradientes de temperatura e, também, evitar custos excessivamente elevados ou complexidade indevida.



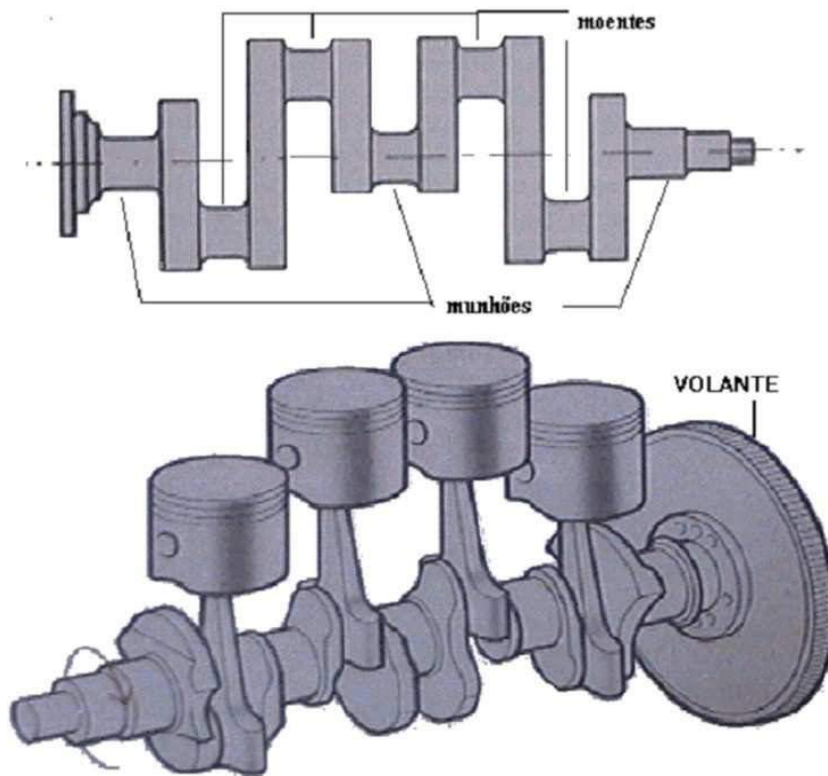
4.4 Virabrequim

Os virabrequins são feitos de aço forjado, ou fundidos de aço, ferro maleável ou ferro cinza. Em termos qualitativos, as cargas em um virabrequim resultam em tensões devido à flexão, torção e cisalhamento em todo seu comprimento. A geometria complexa envolveria tornaria impossível cálculo preciso de tensão ainda que as cargas fossem conhecidas com precisão. Apesar dessas dificuldades, entretanto, muito se tem feito para racionalização do projeto do virabrequim, grande parte por meio da análise experimental de tensões. A linha de eixo é o conjunto de munhões nos quais gira o virabrequim apoiado no bloco do motor.

Os moentes são as partes do virabrequim onde se apóiam as bielas. O interior do virabrequim contém dutos especiais por onde circula o óleo necessário a lubrificação dos munhões e dos moentes.

4.5 Volante

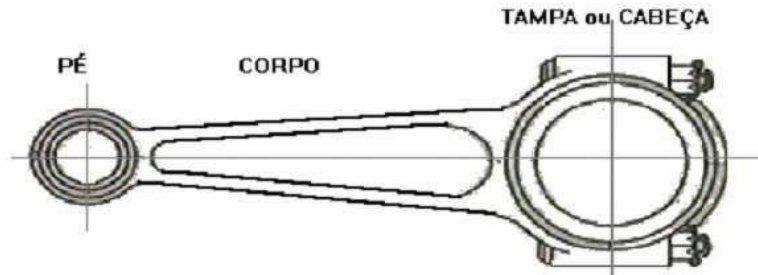
O volante é de fundição ou de aço moldado. Destina-se a regularizar a rotação do virabrequim. No momento da explosão, o volante absorve a energia desenvolvida; restitui-a nos tempos não motores. Os motores de um cilindro exigem um volante grande, enquanto que os de vários cilindros são equipados com volantes tanto mais leve quanto mais elevado for o número de cilindros.



4.6 Bielas

As bielas são de aço-liga estampado e por vezes de liga de alumínio. A tampa da biela é fixa por parafusos de aço ao cromo-níquel tratado, de grande resistência. O pé de biela articula-se no pino de pistão por intermédio de uma bucha de bronze fosforoso chavetada. Um batimento lateral de 3 a 4 mm entre os ressaltos do pistão é aproveitado para que o deslocamento longitudinal do virabrequim não provoque uma flexão da biela.

O corpo da biela é tubular ou de seção em duplo T. As bielas inteiramente usinadas asseguram um melhor equilíbrio do motor. A cabeça de biela gira no pino por intermédio de mancais de duas partes. Os metais utilizados dependem do gênero de motores, das cargas da biela e da velocidade de rotação.



4.7 Mancais

São utilizados para reduzir o atrito e servir de apoio as partes giratórias do motor (moentes, munhões).



Os mancais dividem-se em dois tipos principais: os fixos - alojados nos munhões e no bloco do motor, e os móveis, montados nos moentes e bielas. Podem ser de deslizamento ou de rolamento (com roletes, esferas, agulhas). O mancal, quando constituído por duas partes iguais, para facilitar a montagem, é designado por mancal de duas meias-buchas.

O mancal é composto por duas partes, uma externa chamada capa e outra interna composta por metal anti-fricção.

O metal anti-fricção pode ser uma liga de estanho, de cobre e de antimônio. Esta liga permite um deslizamento muito suave; favorece um funcionamento silencioso do motor.

Os mancais de metal rosa - liga de alumínio, de cobre e de zinco - são montados em motores especialmente potentes.

Os mancais de bronze - liga de estanho e de cobre - são particularmente montados nos motores Diesel. A boa resistência mecânica deste material convém extremamente a este gênero de motores cujo conjunto de biela é submetido a fortes cargas.

4.8 Pistões

Os pistões são de fundição maleável, de liga de alumínio ou de aço. Estes dois últimos metais permitem fazer pistões mais leves. Os efeitos de inércia no final do curso são menores; há, portanto, menos vibrações e uma menor frenagem em altos regimes.



Os pistões de liga de alumínio são igualmente melhores condutores de calor. Esta qualidade é primordial quando se trata de motores cujo regime ultrapassa as 3500 RPM.

O pistão de um motor de combustão interna funciona em condições particularmente desfavoráveis.

Para um regime de 3600 RPM, ele pára 120 vezes por segundo. Entre cada parada ele atinge uma velocidade de 70 km por hora.

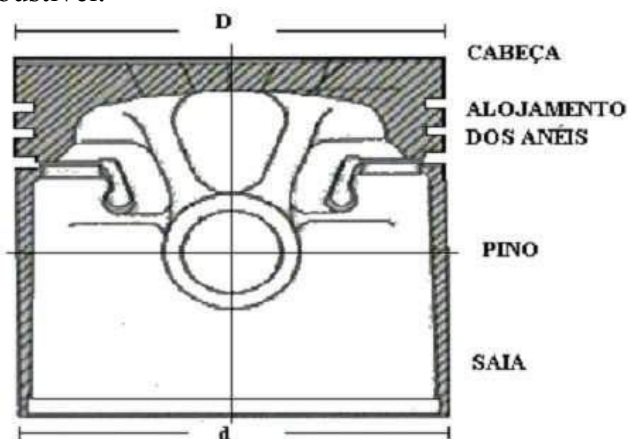
No momento da explosão, ele recebe um impulso de mais ou menos 20000 N (2000 kg), e isto, 30 vezes por segundo. A sua temperatura sobe a 620 °K (350 °C), no centro da cabeça, e cerca de 420 a 450 °K (150 - 200 °C) na extremidade final da saia.

Em marcha, a dilatação dos pistões é grande. As folgas médias têm um diâmetro maior para os pistões de liga de alumínio devido à maior dilatação desta liga em relação à fundição ou ao aço. Contudo, estes últimos, não sendo tão bons condutores de calor, a sua temperatura elevam-se mais no que nos pistões de liga de alumínio.

À temperatura ambiente, o pistão deve ser ajustado no seu cilindro com certa folga, para que, mesmo depois de ter atingido a sua temperatura de marcha, ainda deslize livremente.

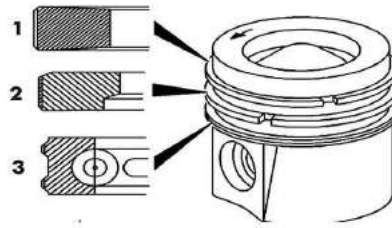
As folgas de dilatação dadas na fabricação do pistão dependem:

- Do diâmetro do cilindro;
- Do ou dos metais que compõem o pistão;
- Da forma do pistão;
- Do regime de rotação do motor;
- Do sistema de refrigeração e de sua eficácia;
- Das condições de emprego do motor;
- Do tipo de combustível.



4.9 Anéis de segmento

Os anéis de segmento constituem um problema difícil de projeto desde o advento do motor de combustão interna e, somente no período posterior à II. Guerra Mundial, os anéis alcançaram vida e confiabilidade comensurável com as das outras partes do motor.



O 1º anel de compressão tem o formato trapezoidal e possui na face de contato com o cilindro um revestimento especial que tem elevada resistência ao desgaste e às altas temperaturas.

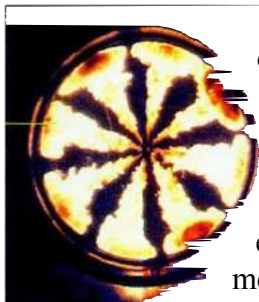
O 2º anel tem dupla função: compressão e raspador de óleo, para garantir uma maior durabilidade, este anel possui uma fina camada de cromo na superfície de contato. A configuração deste anel proporciona também a vedação superior e inferior da canaleta durante todo o ciclo de funcionamento do motor.

O 3º anel é do tipo de mola expansora e tem faces cromadas para distribuir corretamente a quantidade de óleo nas paredes do cilindro assegurando a lubrificação adequada do êmbolo com reduzido consumo de óleo.

Material dos anéis de segmento. A maioria dos anéis de segmento é feita de ferro fundido-cinza dada sua excelente resistência ao desgaste em todos os diâmetros de cilindro. Quando o vazamento pelo anel for um problema, utiliza-se o ferro modular ou mesmo o aço, usualmente com superfícies de mancal revestidas. Para maior resistência ao desgaste do anel e parede do cilindro, os anéis são de face cromada ou “molibdênio metalizado”, uma estrutura porosa de óxido de molibdênio. Os anéis de controle de óleo podem ser de ferro ou de aço.

Projeto de anéis de segmento. O projeto dos anéis de segmento tem sido desenvolvido quase totalmente numa base empírica.

Na foto se pode observar nitidamente a perfeita distribuição do combustível e o processo adiantado da queima do mesmo.

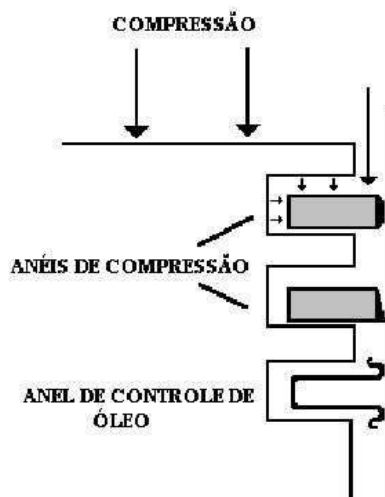


Os anéis de segmento têm duas funções: evitar o vazamento do gás e para manter o fluxo de óleo na câmara de combustão no mínimo necessário para a adequada lubrificação do anel e

No pistão. Nos motores modernos, a vazão de óleo através dos anéis é extremamente pequena e aproxima-se de zero para motores de pequeno e médio porte. Todos os anéis tomam parte no controle do fluxo de óleo, mas existe pelo menos um anel cuja função principal é essa. São os chamados anéis de controle de óleo, enquanto que os outros são anéis de compressão.

Os requisitos a seguir são considerados desejáveis:

1. A largura da face dos anéis deve ser pequena.
2. Utilização do menor número possível de anéis, para diminuir o atrito



5. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Chama-se distribuição o conjunto de elementos que comandam a admissão de mistura A/C (motores Otto) ou ar (motores Diesel) nos cilindros e posteriormente a saída dos gases queimados.

São requisitos fundamentais para um sistema de distribuição eficiente:

1. Que cada válvula se mantenha aberta o tempo necessário para uma boa admissão de mistura ou ar.
2. A lavagem do cilindro, e a completa expulsão dos gases queimados.
3. Que funcione suave e eficientemente nos mais variados regimes de rotação do motor.

Pode-se designar um motor especificando a disposição dos seus elementos de distribuição.

Os motores de válvulas laterais possuem válvulas dispostas ao lado dos cilindros. Esta disposição clássica assegura um funcionamento silencioso, assim como uma marcha suave.

Os motores com válvulas suspensas possuem válvulas colocadas sobre os cilindros. Esta disposição permite uma forma mais racional da câmara de combustão, favorece a potência do motor e um rendimento térmico superior. A posição das válvulas suspensas determina melhor rendimento aos altos regimes e convém aos motores potentes de relação volumétrica elevada.

As válvulas suspensas podem ser acionadas:

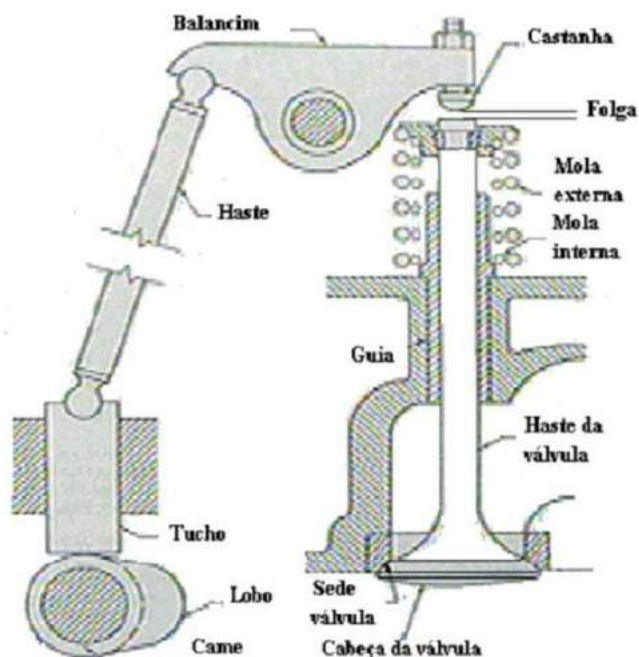
- Por hastes e balancins com eixo de cames no cárter;
- Por balancins com eixo de cames suspenso;
- Por eixo de cames suspenso com impulsos diretos sobre as válvulas.

As duas últimas soluções exigem uma construção mais dispendiosa. A ligação do virabrequim e do eixo de cames é feita por meio de engrenagens, por uma corrente (corrente silenciosa), ou através de uma correia de borracha com arames de aço (alma de aço). A fixação direta das válvulas permite obter uma abertura rápida particularmente em regimes muito altos, sendo reduzida ao mínimo a inércia das peças de movimento alternado.

5.1 Órgãos de distribuição

Pinhões de distribuição. Transmitem o movimento do virabrequim ao eixo de cames. Estes pinhões são de aço semiduro, para acionamentos por corrente. São de aço ou matérias plásticas estratificadas, para acionamento por meio de engrenagens.

Como o eixo de cames gira à metade da velocidade do virabrequim, a relação de transmissão dos pinhões de distribuição é de 1:2 (motores a 4 tempos).



A posição exata de engrenagem dos pinhões de distribuição é marcada pelo fabricante no momento da montagem. Esta marcação corresponde geralmente à posição do primeiro pistão no PMS, no final do tempo de descarga.

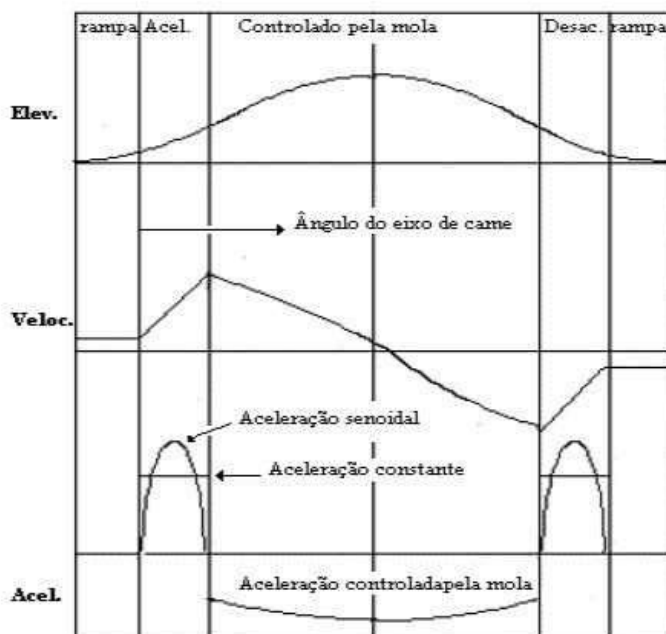
Nas distribuições acionadas por engrenagens, a marcação é feita por traços ou pontos marcados nos dentes. Quando a distribuição é acionada por corrente ou por correia dentada, a marcação dos pinhões, afastados um do outro, é obtida por meio de traços que se fazem coincidir simultaneamente com a linha reta que liga o eixo das duas rodas dentadas, ou por meio de marcas no bloco do motor.

Eixo de cames. Ou comando de válvulas é um eixo que tem solidário a ele ressaltos ou excêntricos, destinados a agir sobre os impulsadores das válvulas em tempos precisos.

São fabricados em aço forjado ou ferro fundido (ao níquel-cromo-molibdênio). Passa por tratamentos como cementação e tempera, de maneira a oferecer a máxima resistência ao desgaste dos excêntricos. Geralmente o eixo de cames gira em mancais regulados, por vezes em mancais de bronze ou de fundição. A forma e a posição dos cames determinam diretamente as características de potência e de regime do motor.

Projeto do came. Devido a limitações de tensão, as válvulas não podem ser abertas e fechadas repentinamente, mas devem seguir uma configuração de caráter geral, mostrado no gráfico a seguir.

O movimento atual da válvula será o projetado, como mostra a figura, modificado pelas características elásticas do mecanismo da válvula.



A fim de que a válvula sempre vede bem, e para permitir ajustagens, desgaste, expansão e contração devido a mudanças de temperatura, é necessária sempre alguma folga. Essa folga deve ser a mínima necessária para assegurar que a válvula vem em todas as condições normais, incluindo uma folga razoável para erros de ajustagem. Incluindo nestas condições a dilatação dos materiais e manutenção da lubrificação.

É fundamental considerar as conseqüências de uma defeituosa folga nas válvulas: as folgas pequenas provocarão na admissão má compressão e explosões nos condutos de admissão. Se na descarga as conseqüências serão danosas para a integridade do sistema uma vez que além de má compressão, poderá provocar a queima da válvula (deformação da válvula).

As folgas excessivas na admissão terão como resultado a deficiente admissão, enquanto na descarga o escape incompleto dos gases queimados. Nas duas situações o resultado será o baixo rendimento do motor.

No instante que o came encontra o tucho no início do ciclo de abertura, a folga é “compensada” por uma rampa de velocidade constante (velocidade aqui significa elevação por unidade de tempo em determinada rotação da manivela).

A curva de elevação de válvula vérsus ângulo de manivela deve ser traduzida no contorno do came desejado, que depende do projeto do mecanismo da válvula, incluindo naturalmente a forma do seguidor (tucho) do came.

Tucho. Tem a função de transmitir o movimento do came à vareta ou haste impulsora. São fabricados em aço nitrado forjado ou de fundição temperada. Deve ser rígida na compressão e também como uma coluna. Tubos de aço parecem ser os mais adequados.

Quando o carregamento do came é alto, como nos motores que operam em longos períodos com elevadas velocidades do pistão, são necessários tuchos de rolete feitos de aço com endurecimento superficial, operando com comes do mesmo material. Os tuchos com roletes também são aconselháveis quando se deseja longa vida para o motor.

Tucho hidráulico. O uso de tuchos hidráulicos é bastante geral para motores de automóveis, onde o baixo nível de ruído é considerado essencial. Como o sistema hidráulico amortece a folga, as

rampas para uso deste tipo de tucho podem ter maiores velocidades do que aquelas de sistemas mecânicos.

Outra vantagem prática dos tuchos hidráulicos é a de ajustagem automática para o desgaste do mecanismo de válvula, eliminando desta forma a necessidade de ajustagem periódica da folga.

Balancins. Os balancins tem a função de inverter o sentido do movimento gerado pelo came. Podem ser de fundição, aço estampado ou alumínio. Mola da válvula. Tem como função fechar a válvula mantendo-a pressionada contra a sua sede.

Cargas da mola. A mínima carga, isto é, com a válvula fechada, deveria ser alta o bastante para manter a válvula firmemente em sua sede durante o período em que permanece fechada. Nos motores carburados, a válvula de descarga deve ficar fechada no maior vácuo do coletor e, nos motores super carregados, a válvula de admissão não deve ser aberta pela mais elevada pressão do coletor.

Flutuação de válvulas. Está sempre presente uma vibração interespira, chamada de onda, de maior ou menor intensidade. Com a vibração interespira, a máxima tensão será maior do que a tensão calculada na razão da deflexão atual para a admitida das espiras. É obviamente desejável reduzir a amplitude da vibração interespira a um mínimo.

Diz-se que há flutuação de válvulas, quando a mola que é um sistema oscilante, recebe uma excitação com frequência igual a uma das suas frequências naturais.

Tais vibrações podem ser reduzidas por meio de amortecedores de atrito, por ângulos de hélice não uniformes, duas molas com diâmetros distintos e sentido das hélices opostos.

Válvulas. A válvula de haste é hoje universalmente usada nos motores de quatro tempos. São elas que regulam a entrada e saída de gases no cilindro.

As válvulas de admissão são de aço, de aço ao níquel ou cromo-níquel. A passagem dos gases novos mantém a sua temperatura a cerca de 523 a 573°K (250 a 300°C).

As válvulas de descarga são de uma liga de aço, de forte teor de níquel, de cromo e de tungstênio. O cromo torna o aço inoxidável; o tungstênio mantém uma forte resistência mecânica à temperatura elevada; o níquel melhora a resistência.

As válvulas de descarga suportam um pouco a passagem de gases a temperaturas elevadas (973 a 1023°K - 700 a 750°C). À plena potência elas funcionam geralmente ao vermelho-escuro.

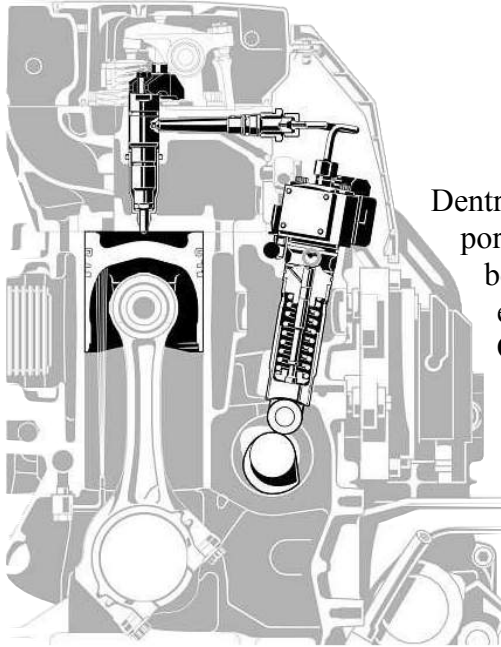
A válvula é resfriada por contato com o assento e com a guia. Nos motores muito potentes, as válvulas de escape são interiormente guarnecidas com sais de sódio ou potássio destinados a melhorar a refrigeração por condutibilidade.

A cabeça da válvula comporta uma superfície de apoio retificada cujo o ângulo pode ser de 45° ou 60°. Um ângulo de 45° permite uma melhor centragem da válvula sobre o seu assento cada vez que se dá o encaixe, mas, para uma dada subida, a seção de passagem dos gases é melhor do que o assento de 60°. Estas particularidades fazem com que se dê preferência ao ângulo de 45° para as válvulas de escape, mais facilmente deformáveis a alta temperatura, e o ângulo de 60° às válvulas de admissão, que devem sobretudo favorecer a entrada dos gases novos no cilindro.

5.2 Circuito de combustível

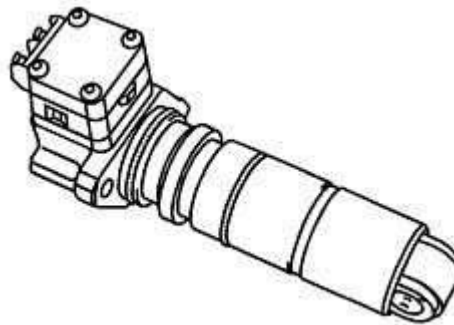
No sistema de alimentação de combustível encontramos uma verdadeira ruptura com os sistemas tradicionais dotados com bomba injetora. A necessidade de se elevar à pressão de injeção para aproximadamente 1800 bar fez com que nestes motores fossem adotadas unidades injetoras individuais para cada cilindro.

As unidades injetoras estão montadas no bloco do motor do lado direito (olhando de frente) e o seu êmbolo de injeção é acionado por um tucho roletado diretamente pela árvore de comando de válvulas.

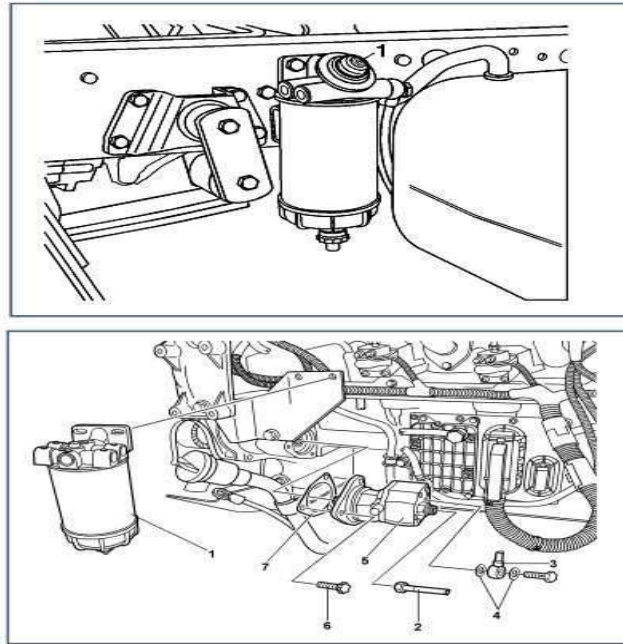


Dentro das unidades injetoras temos as válvulas que são acionadas por um processo eletromagnético através de uma bobina. Esta bobina por sua vez é controlada por sistema de comando eletrônico.

Outra característica importante é a posição dos injetores, perpendicular às câmaras de combustão.



A filtragem do combustível é garantida por um filtro separador de água e por outro de papel montado depois da bomba de alimentação manual. Esta bomba manual pode ser montada à parte, como se pode ver no esquema, ou montada diretamente no filtro separador como observamos na figura abaixo.



Para permitir a vazão e a pressão necessária de combustível durante o funcionamento do motor, o sistema conta com uma bomba de engrenagens acionada pelo comando de válvulas com auxílio de uma engrenagem intermediária.

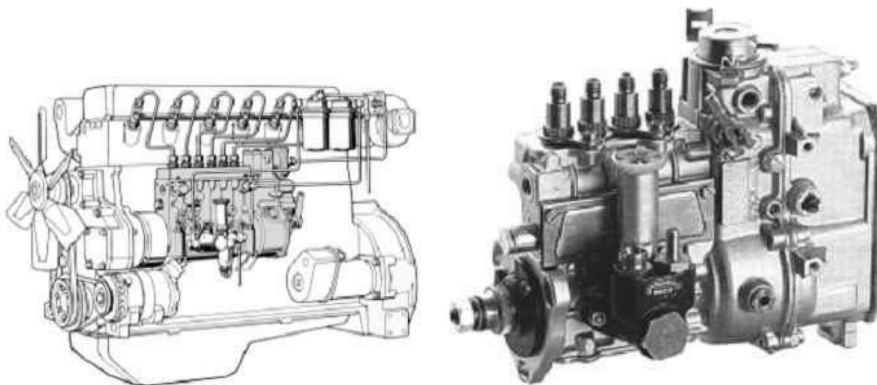
6. DISPOSITIVOS DE INJEÇÃO

Devido a necessidade de efetuar uma distribuição seqüenciada a altas pressões, válvulas de injeções são necessárias. Há disponibilidade de variados dispositivos que podem ser vistos logo a seguir. Os mais comuns são:

- Bomba injetora em linha (PE).
- Bomba injetora de pistão único (PF).
- Bomba injetora distribuidora (VE).

Tecnologias atuais: Common rail; Unidade injetora (UIS); Bomba injetora (UPS).

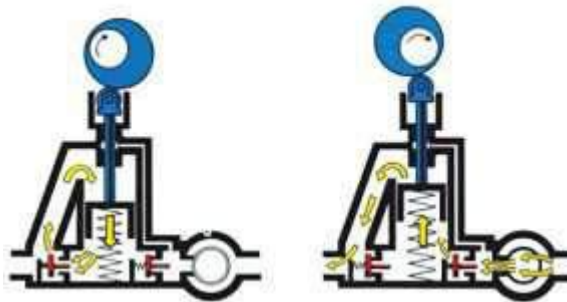
Bomba Injetora em Linha: É um dispositivo que suprime o combustível a alta pressão através de pistões bomba. Cada elemento tem uma manga de regulagem que entrega a cada cilindro correspondente a quantidade requerida. Os elementos são alimentados pela bomba de combustível primária com uma pressão de aproximadamente 2 bar.



Bombas injetoras: O conjunto pistões são movidos através da eixo excêntrico que acionado pelo motor, o retorno dos pistões se dá por meio de molas. Os ressaltos do eixo excêntrico movem se contra a força das molas forçando o movimento ascendente dos pistões bomba, deste modo ocorre a elevação de pressão dentro da tubulação de combustível fazendo com que vença a pressão de combustível vença a força da mola de ajuste da pressão de abertura dos bicos injetores, pulverizando o combustível dentro da câmara de combustão.

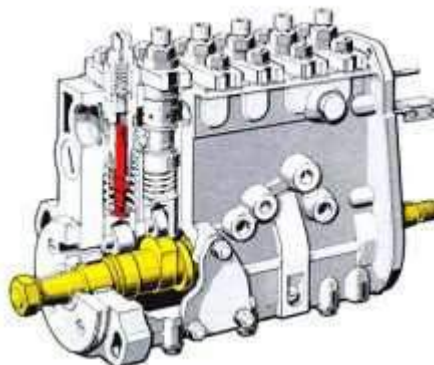
7. BOMBA DE COMBUSTÍVEL

Normalmente são utilizadas bombas de êmbolo na função de bomba de alimentação de combustível. A bomba de alimentação está diretamente acoplada à bomba injetora, a qual é acionada pelo excêntrico do eixo de cames da outra bomba. A sua função consiste em aspirar o combustível do reservatório e transportá-lo através de um filtro até a bomba injetora.



Bomba injetora

A bomba injetora também é uma bomba de êmbolo. A sua função consiste em regular a quantidade exata de combustível e injetá-lo nas câmaras de combustão do motor, na pressão correta e no momento adequado. As bombas injetoras do tipo rotativo cumprem esta função com um único elemento para todos os cilindros do motor. A bomba injetora regula a quantidade de combustível a ser injetada e o momento exato da injeção. Nos motores Diesel de grande tamanho são utilizadas bombas injetoras em linha: a bomba tem um dispositivo de bombeamento próprio para cada cilindro do motor.

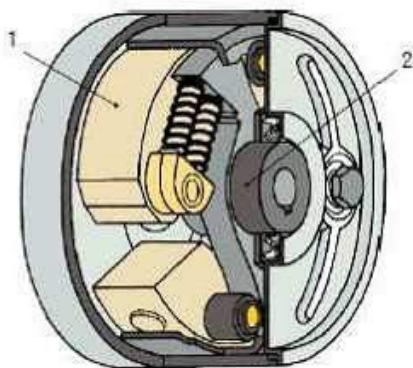


Avanço Automático para Bomba Injetora em Linha

A quantidade requerida de combustível em altas rotações não é compatível com o tempo de injeção. Para que a quantidade exata seja entregue a injeção inicia-se adiantada a fim de dar tempo o suficiente para formar a mistura ar-combustível. Por este motivo é que são adotados avanços automáticos.

Montado na parte frontal da bomba injetora no eixo excêntrico ou na árvore de comando do motor, movida pela engrenagem da árvore de manivelas (virabrequim), o avanço automático é dotado de contrapesos que são atuados pela força centrífuga de modo gradual dependendo da rotação em que se encontra o motor sendo que o maior ângulo de avanço é alcançado geralmente na máxima rotação do motor.

Os contrapesos (1) vencem a força das molas que transmitem o movimento angular para o eixo torcional (2) que por conseguinte o move no sentido contrário de giro da árvore de comando proporcionando o avanço necessário.



8. SISTEMA DE INJEÇÃO POR TUBO COMUM - COMMON RAIL

Injeção Direta Common Rail

A injeção direta Common Rail (CDI) comparada com a Injeção Direta convencional é um método mais moderno. Aqui o combustível é armazenado num acumulador, chamado Rail, sob alta pressão (vide Alta pressão de combustível). Assim a pressão de injeção já está pronta à disposição ao iniciar a injeção. Além disso, a injeção é efetuada de forma seletiva por cilindro e pode ser livremente configurada à perfeição, também visando a pré injeção.

As vantagens mais importantes da injeção direta Common Rail são as seguintes: O Ruído de funcionamento é devido a pré injeção, menos dura do que na injeção tradicional, e o rendimento é nitidamente mais alto que na Injeção em antecâmara. Com isso produz-se também uma maior rentabilidade assim como uma carga menor de matérias poluentes no meio ambiente. Motores Diesel com sistema Common Rail, satisfazem as normas de emissão de gás de escape atualmente em vigor e têm também o potencial de satisfazer normas futuras.

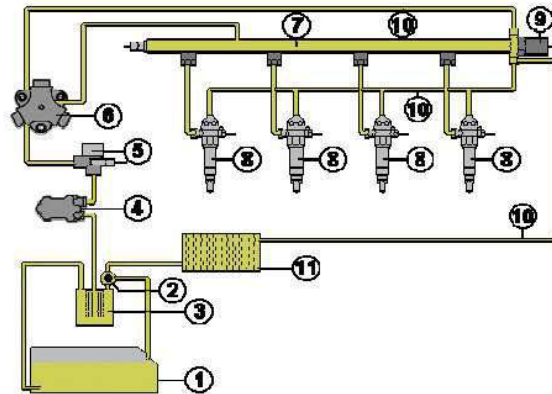
O sistema Common Rail possui comparativamente poucas peças móveis, porque todos os processos de comando e regulação ocorrem de forma eletrônica. Isto prolonga a vida útil do sistema.

Através do extenso uso da eletrônica no processo de funcionamento do sistema Common-Rail, este sistema, tem à disposição todas as informações necessárias para operar o sistema de diagnose. Isto simplifica o diagnóstico nos motores-CDI.

A pressão alta de combustível (até 1350 bar) é produzida pela Bomba de alta pressão, é medida pelo Emissor de pressão do Rail e com ajuda da Válvula reguladora de pressão ela é regulada ao seu valor nominal num círculo regulador; vide sistema de alta pressão. Se a pressão do combustível atingir níveis demasiado altos, abre-se o eletromagneto da válvula reguladora de pressão, e o combustível excedente flui para o retorno. Se a pressão do combustível foi reduzida satisfatoriamente, então a válvula reguladora de pressão fecha-se outra vez.

A alta pressão de combustível é respectivamente diferente na marcha lenta, com carga parcial e com carga total: Carga total exige uma pressão mais alta do que carga parcial ou marcha lenta.

Circuito de Combustível CDI

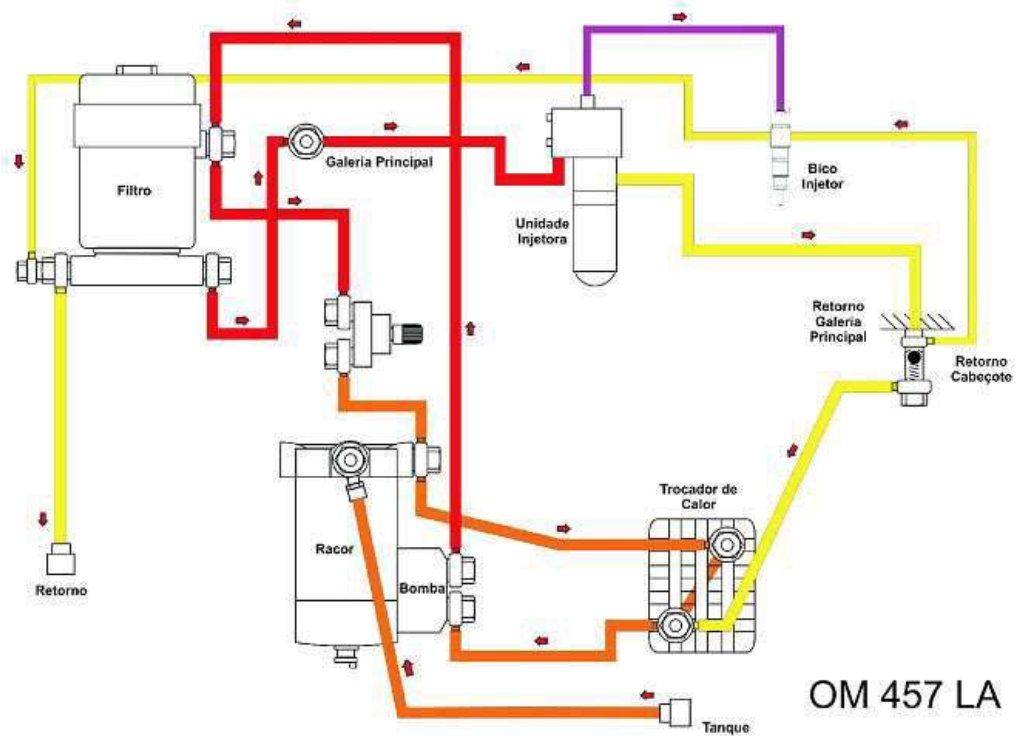


Circuito de Combustível CDI

1. Reservatório de combustível
2. Válvula de pré aquecimento de combustível
3. Filtro de combustível
4. Bomba alimentadora de combustível
5. Válvula elétrica de desligamento
6. Bomba de alta pressão
7. Rail
8. Injetores
9. Válvula reguladora de pressão
10. Tubulação de retorno
11. Radiador de combustível

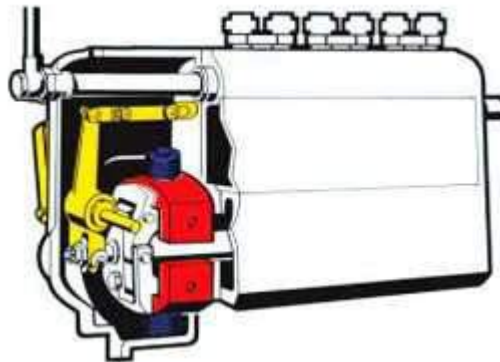
Tipos de Comandos de Válvulas

Circuito de combustível



Regulador do número de rotações

O regulador do número de rotações está encostado diretamente na bomba injetora, este governa o regime do motor em marcha lenta e no número máximo de rotações. De acordo com o tipo de regulador empregado, também pode ser regulado o número de rotações intermediárias.



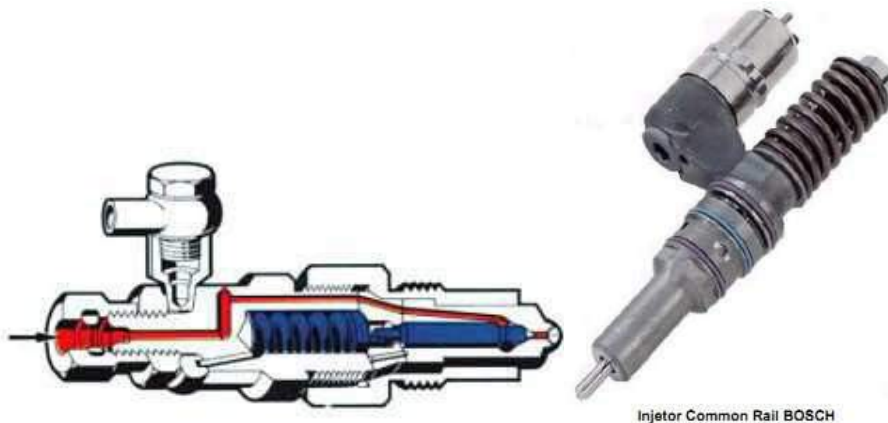
Bico injetor

O bico injetor pulveriza o combustível no interior da câmara de combustão.

Início de funcionamento

A bomba injetora gera pressão na tubulação de combustível. Após ser atingida uma pressão determinada, ergue-se a agulha de assentamento e fica livre o orifício de injeção. Uma potente mola mantém a contrapressão (pressão de fechamento), regulada através de um parafuso de regulagem de pretensão. Depois da pressão de bombeamento ter se reduzido novamente abaixo de um determinado

valor, a mola força a agulha a retornar para a sua posição inicial e assim finaliza a injeção. Conforme o procedimento de injeção escolhido são aplicados injetores de formas especiais para a distribuição do jato de combustível no interior da câmara de combustão.



8.1 Bomba rotativa

Função

Injetar combustível sob alta pressão na câmara de combustão do motor (850 bar), na quantidade exata e no momento exato, conforme a carga e a rotação do motor.

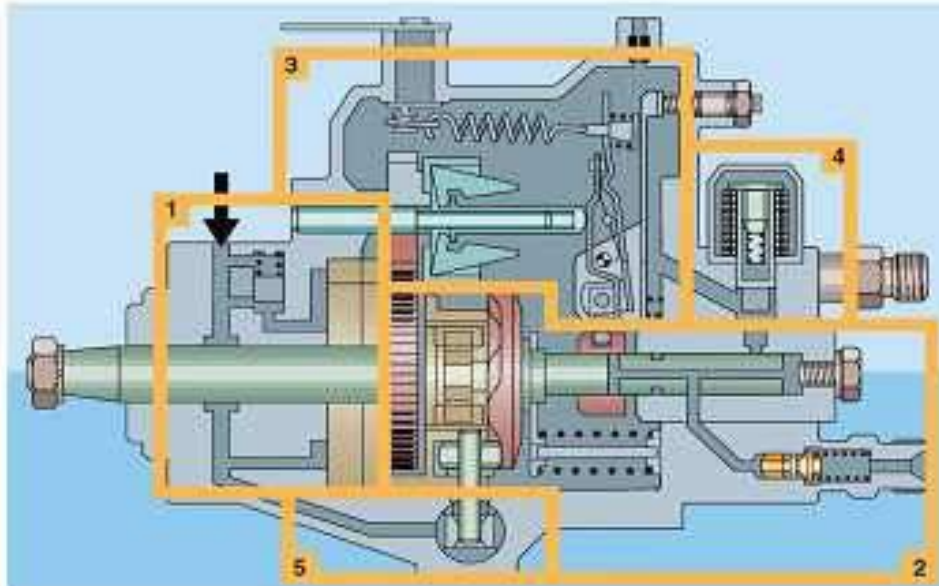


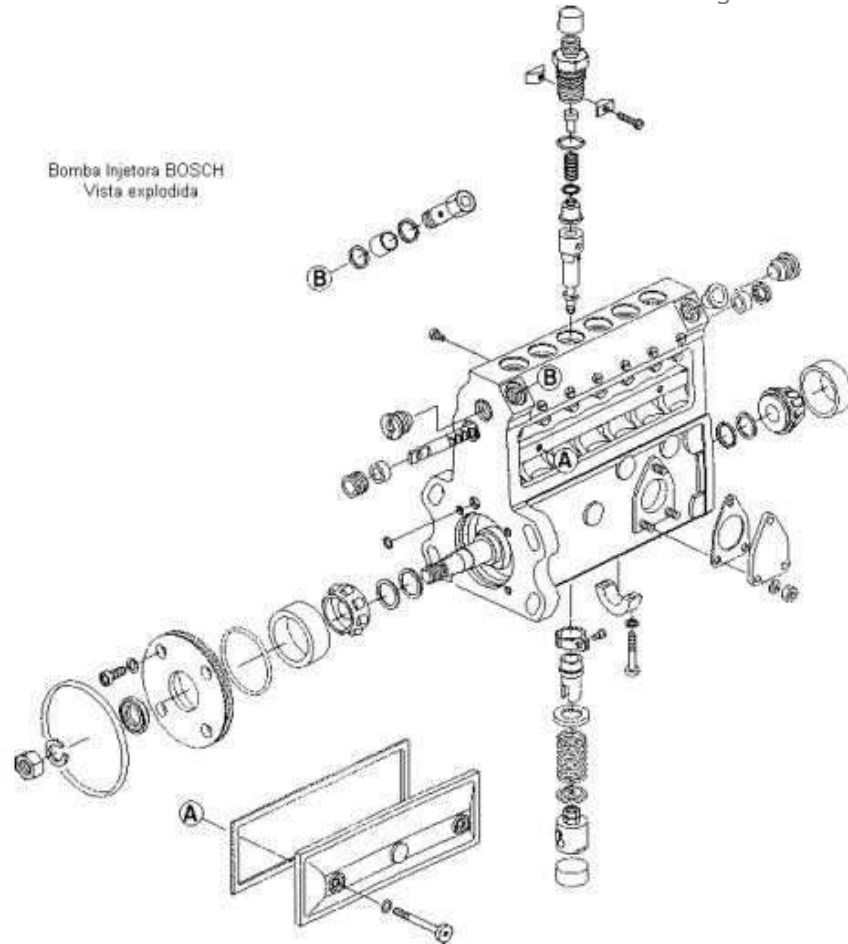
Características

- Lubrificação com o próprio óleo diesel;
- Tamanho e peso reduzidos;
- Somente um cilindro e um único pistão;
- Integrou-se regulador e avanço automático (função da temperatura, rotação e carga)
- Dispositivo de avanço para partida a frio, otimizando o tempo e duração de injeção, permitindo uma ótima combustão e um bom desempenho;

Funções dos grupos componentes

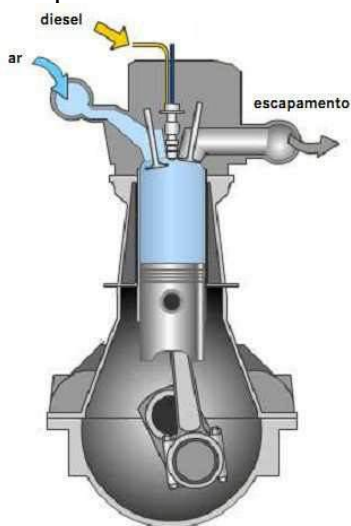
1. Bomba alimentadora de palhetas com válvula reguladora de pressão: aspira combustível e produz pressão na câmara interna da bomba.
2. Bomba de alta pressão com distribuidor, produz pressão de injeção, alimenta e distribui combustível.
3. Regulador mecânico de rotação: faz a regulação do débito de injeção em função da rotação e solicitação do pedal do acelerador.
4. Válvula eletromagnética de parada (ELAB): interrompe o débito de combustível.
5. Avanço de injeção: regula o início da injeção dependendo da rotação e, em parte, da carga.





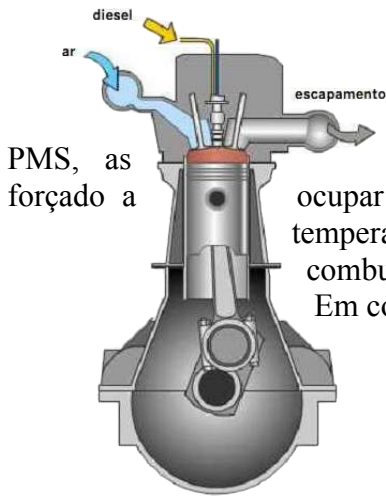
8.2 Ciclo de funcionamento

1º Tempo - Admissão



Com a movimentação da árvore de manivelas, o embolo se desloca do ponto morto superior (PMS). Até o ponto morto inferior (PMI). Neste período a válvula de admissão e mantida aberta, permitindo assim a entrada do ar para dentro do cilindro.

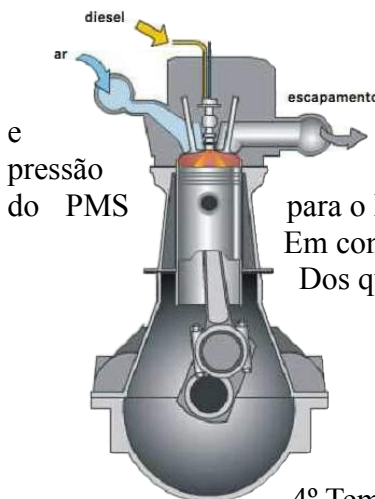
2º Tempo - Compressão



A árvore de manivelas gira. Durante o curso do êmbolo do PMI ao PMS, as válvulas permanecem fechadas e o ar existente no interior dos cilindros é ocupado por um espaço bem menor, ficando comprimido. Essa compressão eleva a temperatura e antes que o êmbolo atinja o seu PMS, inicia-se a injeção de combustível.

Em consequência, o calor do ar inflama o combustível pulverizado.

3º Tempo - Trabalho



e pressão do PMS

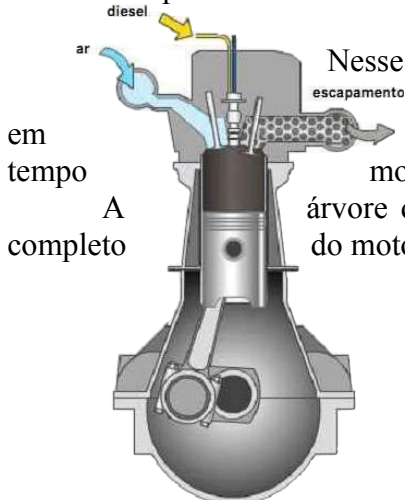
Com a queima do combustível, gera-se uma grande quantidade de calor este aumenta a pressão dos gases. As válvulas permanecem fechadas e a resultante aplicada sobre o êmbolo, faz com que o mesmo seja empurrado para o PMI.

Em consequência, a árvore de manivelas também é forçada a girar.

Dos quatro tempos do motor este é o tempo que gera força motriz.

4º Tempo - Escapamento

Escapamento ou Exaustão



em tempo A completo

Nesse período, a válvula de escapamento é mantida aberta e o êmbolo se desloca do PMI para o PMS, expulsando os gases queimados. Logo seguida, inicia-se um novo ciclo motor, que começa novamente pelo 1º motor (Admissão).

A árvore de manivelas gira, completando assim 2 voltas para realizar um ciclo do motor

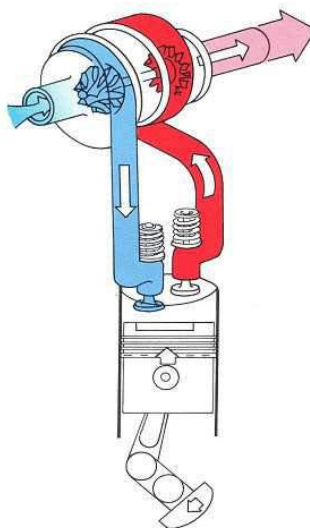
8.3 Tipo de alimentação de ar - Turbo compressor

Nos motores superalimentados, o ar é introduzido nos cilindros por intermédio de um compressor centrífugo movido por uma turbina. A superalimentação consiste em substituir a admissão automática por efeito da pressão atmosférica, por uma admissão forçada, de modo a assegurar o enchimento dos cilindros sob pressão mais elevada. Dessa forma, a superalimentação apresenta as seguintes vantagens:

- Devido ao aumento da quantidade de ar introduzido nos cilindros, é possível injetar mais combustível, o qual pode levar a um incremento da potência e do torque de até 30%.
- Favorece a homogeneidade da mistura, devido a forte agitação provocada pela maior pressão e velocidade do ar admitido na câmara de combustão, melhorando assim o rendimento da combustão.

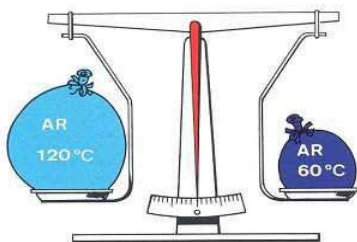
A velocidade de rotação máxima de um turbo alimentador se verifica na velocidade de rotação do motor a plena carga.

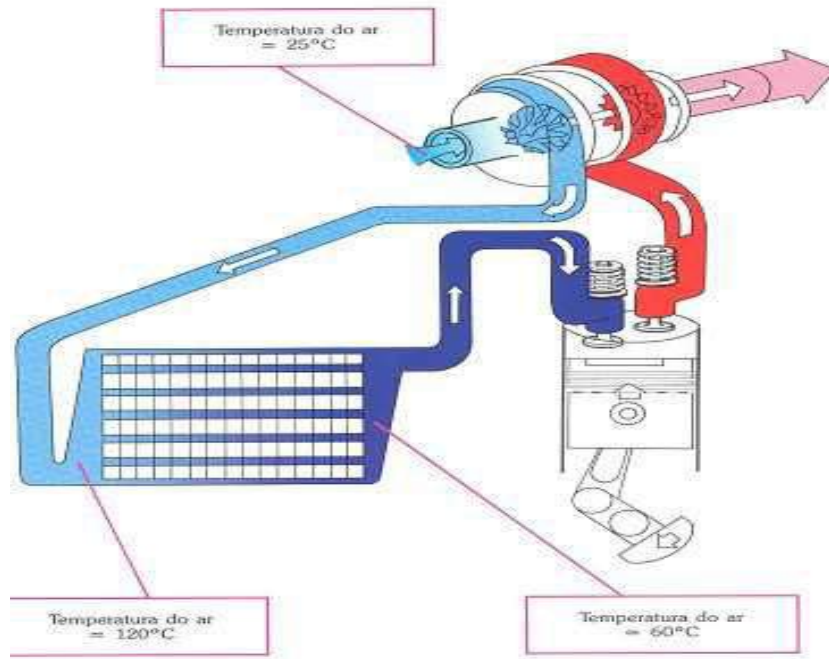
Uma turbina, acionada pelo fluxo de gases do escapamento, comprime o ar de admissão.



Turbo Cooler

O Turbo Cooler arrefece o ar na saída do turbo compressor, antes do mesmo entrar nos cilindros. O motivo é o seguinte: o turbo compressor comprime o ar de admissão e ao mesmo tempo o aquece. O ar quente se expande com relação ao ar frio. O rendimento de abastecimento dos cilindros será tão maior quanto mais frio estiver o ar de admissão. O resfriamento do ar na saída do turbo compressor, influi também sobre as emissões nocivas do motor ao meio ambiente.



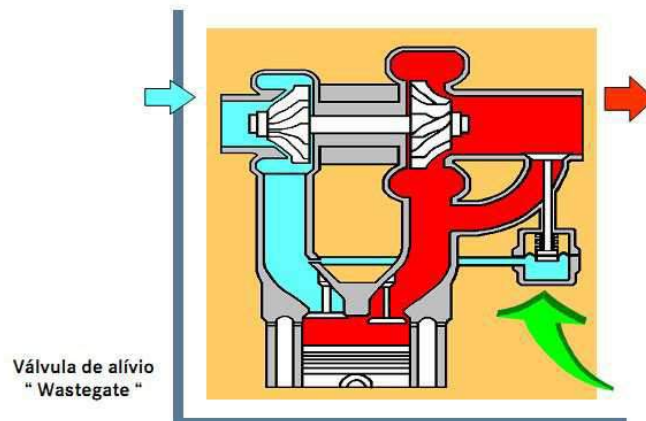


Turbo compressor equipado com wastegate

Com o desenvolvimento de turbinas para gerar maior pressão em baixas rotações, surgiu a necessidade de uma válvula de alívio em rotações elevadas.

A válvula Wastegate alivia a pressão da turbina.

- Maior torque a baixas rotações
- Menor temperatura de trabalho
- Menor índice de emissão de poluentes



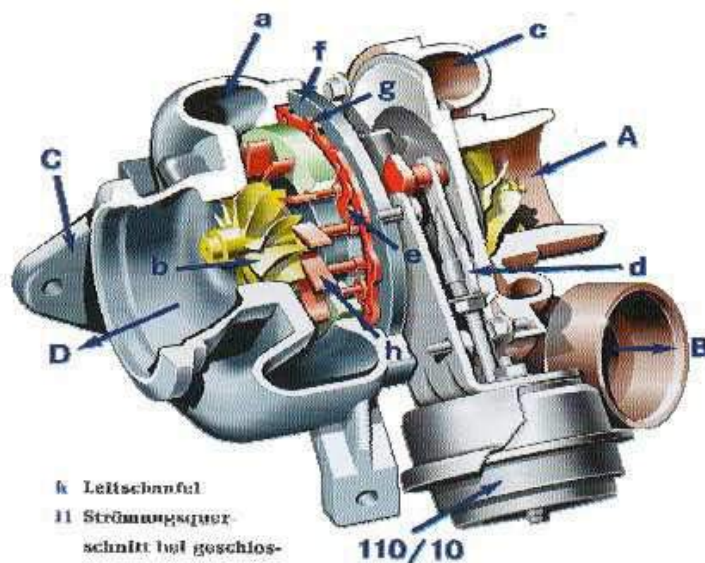
Turbo Compressor Geometria Variável

Função: Alguns motores podem ter instalado um turbo compressor com geometria variável na área de escape da turbina. A variação da geometria é comandada pelo módulo CR e realizada por um conjunto de palhetas na carcaça quente do turbo compressor. Ao variar suas posições elas modificam o ângulo de incidência dos gases nas pás da turbina aumentando ou diminuindo a rotação da turbina e variando conseqüentemente a pressão fornecida pelo compressor ao motor.

Isto tem por finalidade proporcionar:

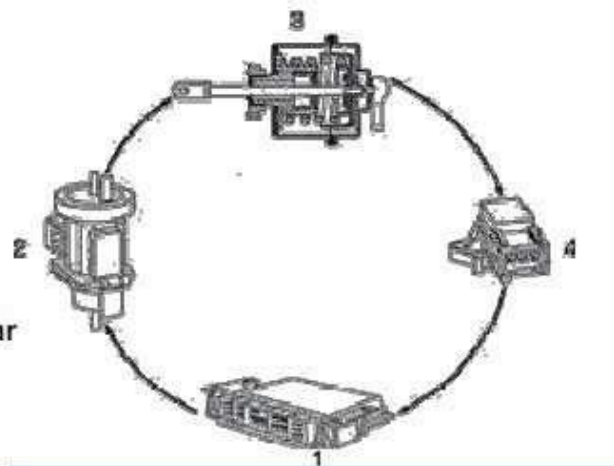
- Maior pressão de carga em baixos regimes de rotação.

- Torque mais alto devido ao melhor enchimento de ar nos cilindros.
- Redução na emissão de poluentes, devido a melhor alimentação de ar do motor.

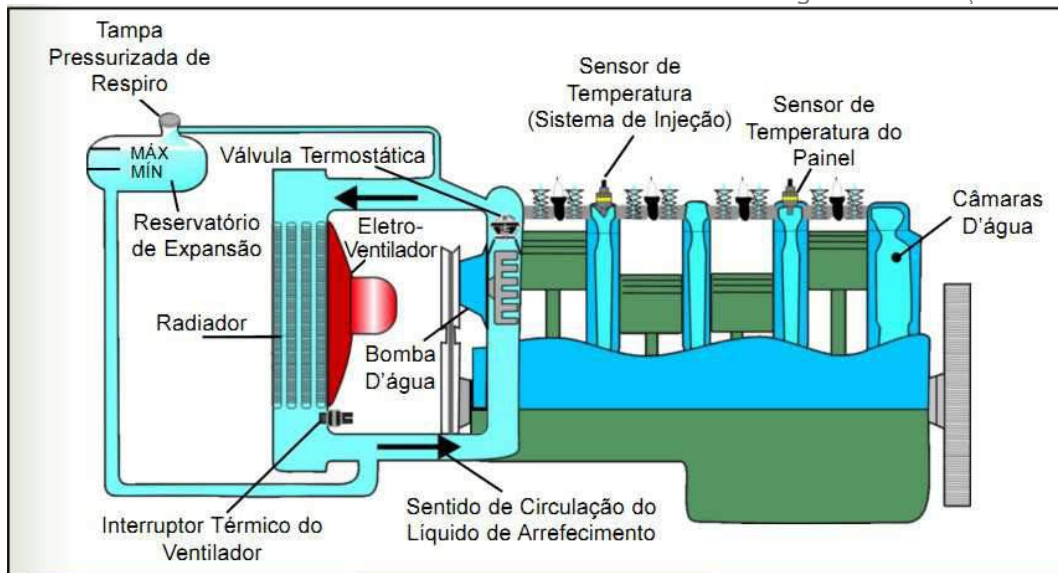


Ajuste da geometria: De acordo com a necessidade de carga do motor, o módulo CR envia um sinal para a válvula controladora (4), que tem por função regular o vácuo no atuador (5), que por sua vez aciona a haste (d) que através da borboleta (g) aciona o anel de ajuste (f) que por fim movimentam as de mais borboletas abrindo ou fechando as palhetas (h),

- 1 - Módulo CR
- 2 - Válvula reguladora
- 3- Atuador
- 4 - Sensor de pressão do ar de admissão

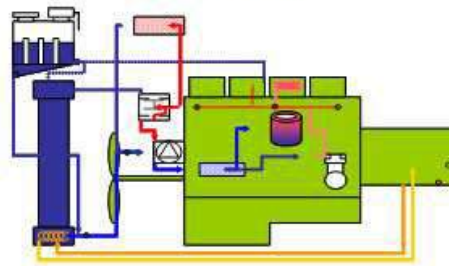


9. ARREFECIMENTO

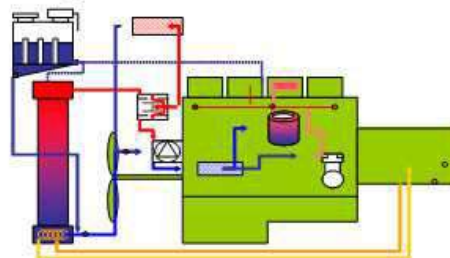


Sistema de arrefecimento

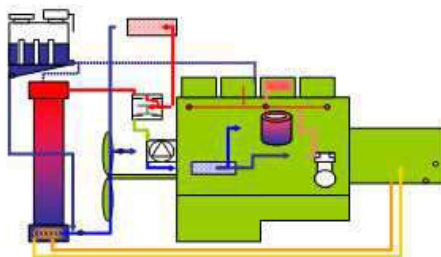
**Sistema de arrefecimento
Início de funcionamento
do motor**



**Sistema de arrefecimento
funcionamento com abertura
parcial da valvula termostatica**



**Sistema de arrefecimento
Funcionamento com valvula
termostática totalmente aberta**



**Sistema de arrefecimento
Circuito com o retardador
hidrodinamico acoplado
ao sistema.**



O motor de combustão transforma em trabalho útil, somente uma pequena parte (34%) da energia liberada pela queima do combustível. Os gases quentes da combustão aquecem principalmente o bloco do motor, e saem em parte sem ser aproveitados, pelo coletor de

Sistema de arrefecimento

O excesso de calor gerado pela queima do combustível no interior do motor, é levado para o radiador através o líquido do sistema de arrefecimento. O sistema de arrefecimento tem como função garantir que a temperatura de serviço no interior do motor nunca ultrapasse um valor pré-determinado, a fim de evitar o superaquecimento das peças e dos lubrificantes. Existem dois tipos muito comuns de sistema de arrefecimento: o “arrefecimento a ar” e o “arrefecimento a água”. Atualmente dá-se preferência ao arrefecimento a água.

Arrefecimento a água

A água é utilizada como condutor de calor entre o motor e o ar atmosférico. O forte calor específico da água permite obter uma excelente refrigeração pelo simples contato com o exterior dos cilindros e do cabeçote. Deste fato, resulta uma maior estabilização da temperatura do motor e, conseqüentemente, condições de funcionamento mais regulares.

O arrefecimento a água compreende:

- Uma câmara de água em volta dos cilindros, dos assentos das válvulas e dos cabeçotes; essa câmara possui na sua parte inferior uma entrada de água fria e, na parte superior, uma saída de água quente; freqüentemente, coloca-se um bujão de esvaziamento no local mais baixo da câmara de água;
- Um radiador cujo elemento de refrigeração tem a forma de um favo, tubular ou com tiras; a parte superior do radiador possui sempre uma saída de segurança chamada

"registro"; esta saída limita a pressão na circulação quando, por aquecimento, o volume do líquido aumenta (aumento médio 0,3 a 0,81).

Alguns projetos substituem a válvula por um recipiente de expansão hermeticamente fechado. Quando a temperatura da água no radiador for elevada, a água do radiador é realçada para o recipiente, o nível do líquido eleva-se, o que provoca um aumento da pressão. A frio, a contração do líquido abaixa o nível no recipiente e a pressão diminui quando em repouso. Os bujões do radiador e do recipiente de expansão são, de um modo geral, chumbados e o líquido deve possuir permanentemente a dosagem normal de anti congelante.

Atualmente, coloca-se no bujão do radiador uma válvula com mola calibrada de modo a obter uma pressão de 0,3 a 0,5 bar (300 a 500 g/cm²) superior à pressão atmosférica. Esta pressão eleva a temperatura de ebulição de água para mais de 383 °K (110 ° C). Evita-se, assim, que a água ferva quando com o motor em funcionamento, e onde a pressão atmosférica é mais baixa.

- Um ventilador, destinado a provocar uma intensa circulação de ar através do elemento de refrigeração do radiador;
- Uma bomba centrífuga de baixa pressão e alta vazão que recalca a água do radiador para o bloco do motor.

Frequentemente colocam-se o ventilador e a bomba sobre o mesmo eixo, a meia altura do sistema de refrigeração. Portanto, a bomba atua apenas como acelerador de circulação.

Sistema de arrefecimento natural - Termossifão

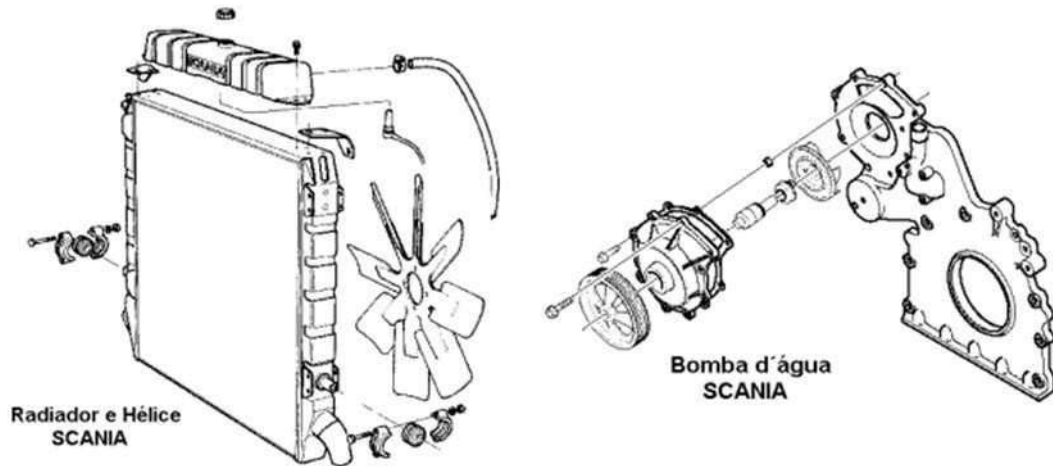
Este tipo de motor não possui bomba (obsoleto). A circulação de água efetua-se naturalmente pela diferença de densidade entre a água fria (menos densa) do motor e a água quente (mais densa) do radiador. É a circulação por termossifão. Nesse caso, os tubos e passagens de água tem grande seção.

A circulação por termossifão tem as seguintes particularidades:

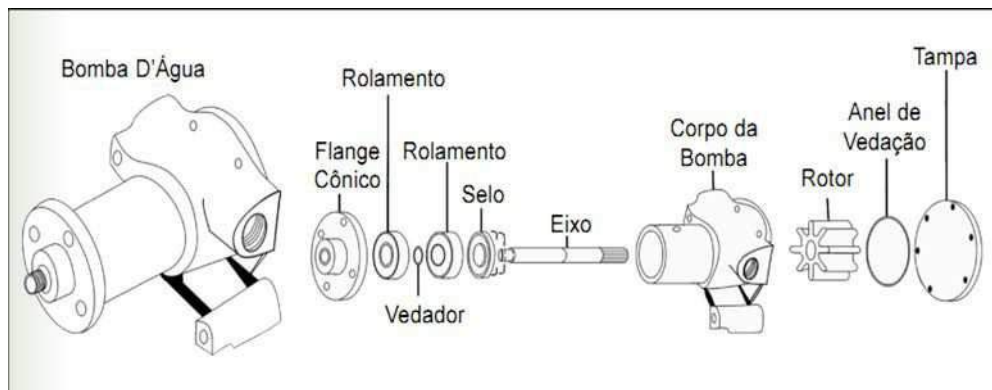
- Aquecimento rápido do motor quando do acionamento a frio, porque a água só circula depois de ter sido aquecida;
- Circulação proporcional ao calor desprendido pelo motor;
- Grande diferença de temperatura entre as partes superior e inferior do radiador, daí o perigo de congelamento no inverno;
- Necessidade de manter sempre o volume completo da circulação para permitir o a circulação natural.

Existem ainda alguns motores com arrefecimento direto ou arrefecimento forçado a ar. Nestes motores, o calor é expelido diretamente do motor através do ar que o circunda. Se por algum motivo acontecer uma falha no sistema de arrefecimento do motor, se processará um superaquecimento, e com isso as peças do motor se dilatarão excessivamente causando vários tipos de anomalias e se desgastarão com maior rapidez.

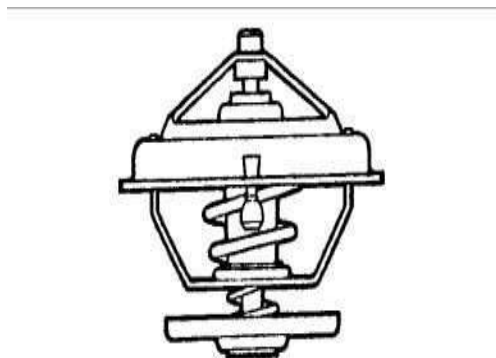
Sistema de circulação forçada - por bomba

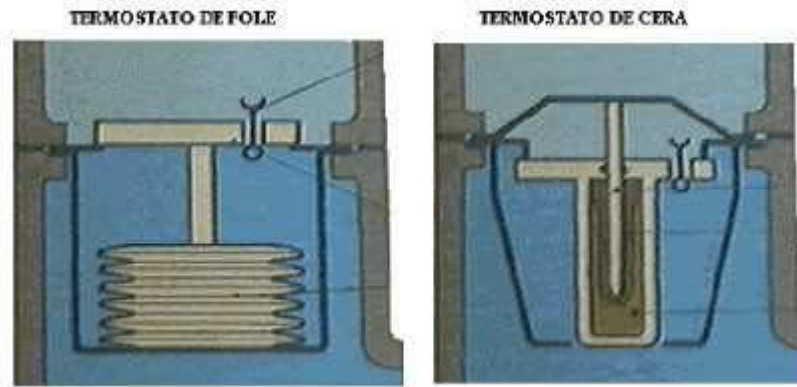


A circulação por bomba é mais rápida, o que resulta uma menor diferença de temperatura nas extremidades do radiador e menos riscos de congelamento no inverno. Contudo, quando se aciona o motor, a água fria entra imediatamente em circulação, e o aquecimento do motor é mais lento.

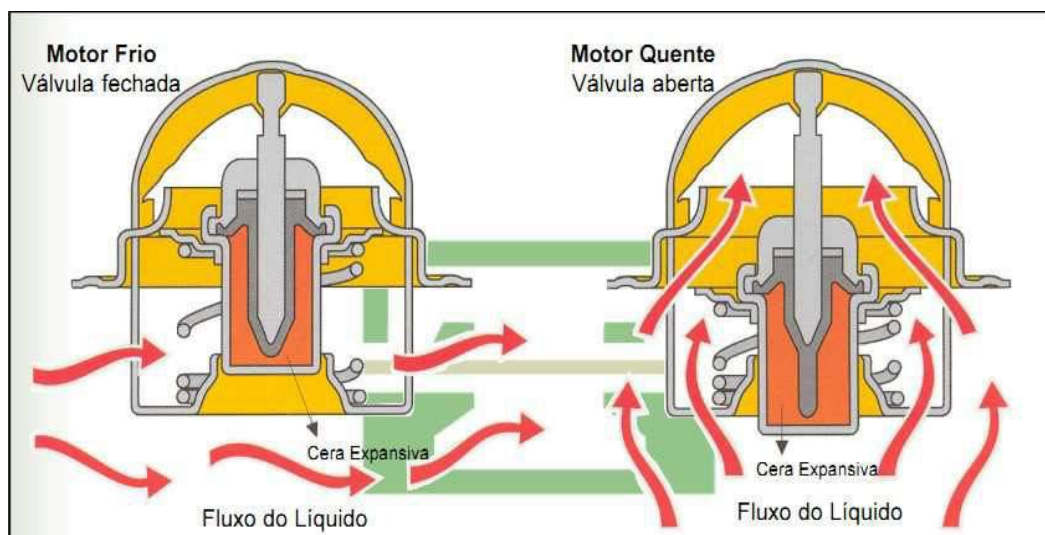


A válvula termostática é um dispositivo automático, que tem a função de normalizar rapidamente a temperatura do motor e permitir a sua estabilização ideal durante todo o tempo de funcionamento do mesmo, independente da carga do motor ou de fatores externos. E quando a água do arrefecimento está fria, a válvula termostática impede a circulação da mesma pela colméia do radiador, permitindo somente sua circulação pelo interior do bloco e cabeçote do motor através da passagem de derivação para a bomba d'água.

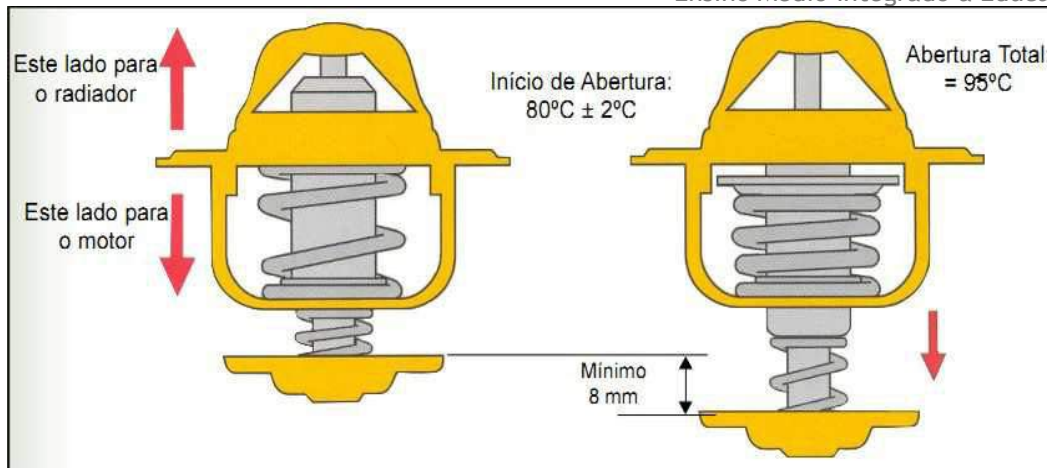




Antes, porém, da água de arrefecimento atingir a temperatura ideal, a válvula termostática permanece semiaberta, permitindo a passagem da água para o radiador e ao mesmo tempo diretamente para o bloco através da passagem de derivação para a bomba d'água, evitando-se dessa forma que aconteça um choque térmico no bloco do motor.



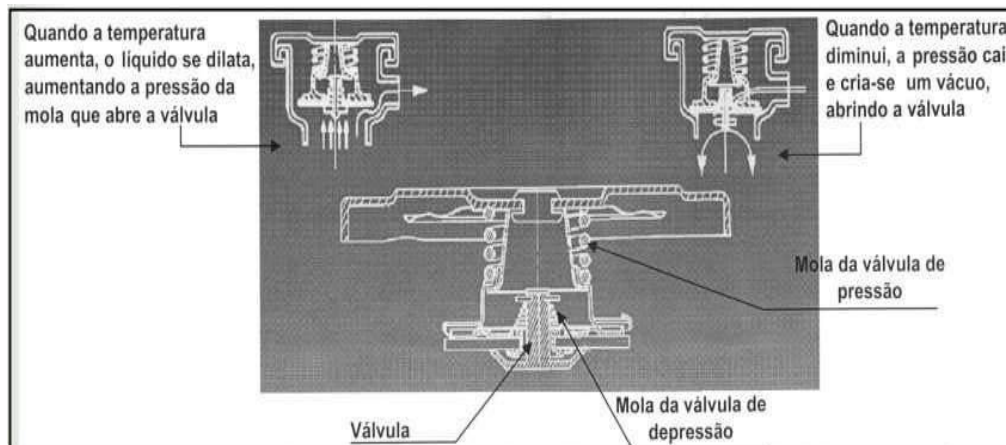
Após ser atingida a temperatura normal de funcionamento para o motor, a válvula termostática abre a passagem para o radiador e fecha a passagem de derivação para a bomba d'água (fig. 7). Esta abertura se processa gradativamente, bem como o fechamento da derivação, evitando com isso variações bruscas de temperatura.



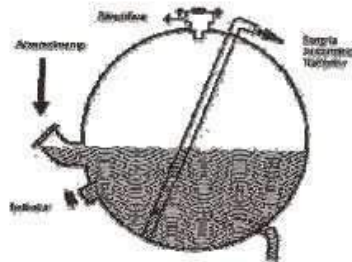
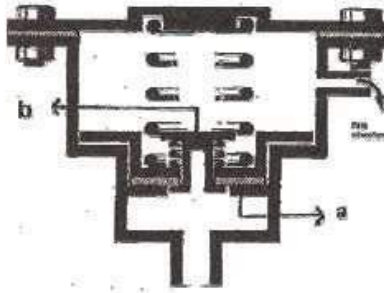
Outro equipamento importante, é a tampa do radiador a qual tem a função de pressurizar a água do sistema de arrefecimento para:

- Retardar o ponto de ebulição (ponto de fervura).
- Reduzir as perdas pela evaporação.
- Evitar o fenômeno da cavitação

A tampa do radiador possui duas válvulas. Uma maior e outra menor. A maior limita a pressão formada pelo aquecimento da água, e a menor localizada no centro da tampa, limita a depressão que se forma com o esfriamento da água (exemplo: uma parada prolongada do motor após um período de funcionamento).



Ainda no sistema de arrefecimento do motor, utiliza-se, um reservatório de compensação de água, o qual também possui duas válvulas (fig. 12) - uma de sobre pressão (a) - uma de depressão (b). Esta localiza-se em um reservatório situado um pouco mais acima do radiador, (conhecido como reservatório de compensação), sendo que no próprio radiador é colocado apenas uma tampa simples para vedar o sistema todo. Abaixo exemplificamos a construção interna do reservatório onde é colocada a válvula economizadora.



Anticongelantes

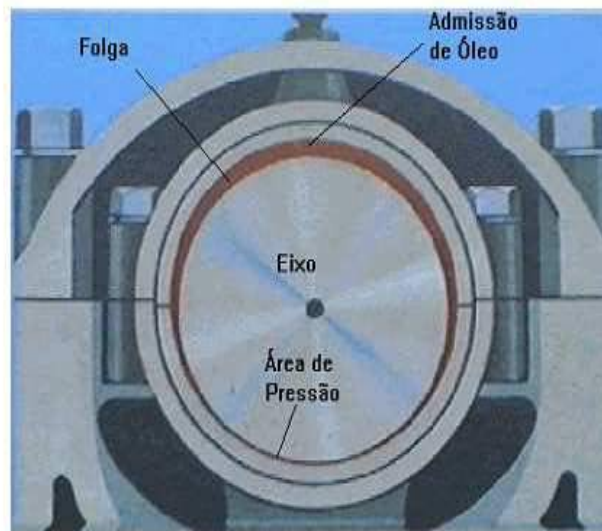
Para evitar que, no inverno a água congele se junta lhe álcool ou glicerina pura. O álcool dilui-se facilmente; a mistura permanece homogênea, mas, como o álcool se evapora mais facilmente que a água, deve-se verificar a sua proporção periodicamente. A resistência ao frio depende da quantidade de álcool ou de glicerina que se adicionou à água.

O emprego de anticongelantes é uma medida de segurança. Contudo permitir-se-ão melhores arranques se o ambiente estiver em local aquecido ou se houver um sistema de aquecimento na circulação. O acionamento de um motor cuja temperatura é inferior a 273 °K (0 °C) apresenta certas dificuldades e alguns perigos. Se não houver lubrificação, o metal mais frágil poderá sofrer, sob o efeito de choques, um começo de ruptura (molas de válvulas, etc.)

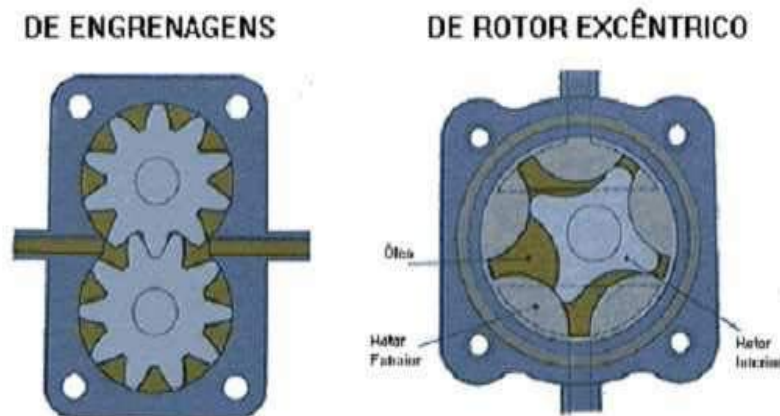
10.ELEMENTOS DE LUBRIFICAÇÃO

São os seguintes os elementos lubrificantes:

- O reservatório de óleo, cárter inferior do motor que contém a reserva de óleo.
- A bomba de óleo, formada por duas engrenagens, um canal de aspiração e um canal de recalque ao coletor principal.



11. TIPOS DE BOMBA



O coletor principal, de onde saem os canais de lubrificação para cada peça a lubrificar: virabrequim, bielas, eixo de cames, etc. Do coletor saem também às ligações para o manômetro de pressão e para o filtro de óleo.

A válvula de escape é colocada sobre o coletor ou sobre a bomba. A sua função é a de limitar a pressão máxima nos tubos de lubrificação.

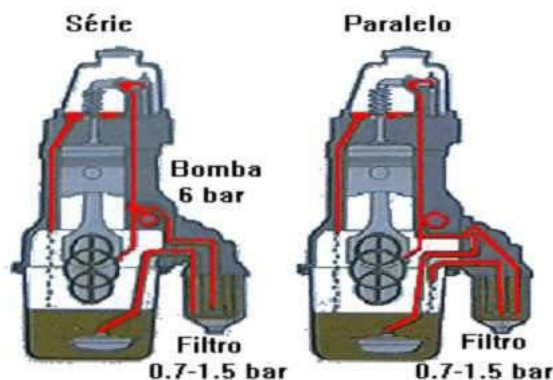
Quando a pressão fornecida pela bomba for muito elevada (altos regimes ou óleo frio), a válvula permite a passagem de óleo por um orifício de escape; uma parte do óleo escapa e entra diretamente no cárter.

O filtro de óleo retém as impurezas metálicas e as partículas de carbono em suspensão no óleo depois de certo tempo de funcionamento.

Com o filtro de óleo colocado em derivação sobre o coletor principal, o principal entra diretamente no cárter. A filtragem tem por finalidade reduzir a densidade de impurezas.

Com o filtro de óleo colocado em série sobre os tubos de lubrificação, o óleo filtrado passa inteiramente para as peças a lubrificar. Para que a obstrução do filtro não ocasione uma redução de

lubrificação, todos os filtros em série são providos de uma válvula by-pass. Em caso de obstrução, a pressão da bomba aumenta um orifício e aberto e flui diretamente ao coletor principal sem ser filtrado.



O radiador do óleo colocado no conduto de água inferior ou encaixado na parte de baixo do radiador tem uma dupla finalidade:

- 1) Acelerar o aquecimento do óleo quando se põe em funcionamento o motor a frio;
- 2) Impedir, em seguida, que esta temperatura se eleve exageradamente durante um andamento normal.

A melhor lubrificação é obtida quando o óleo tem uma temperatura de 232°K (50°C). O radiador de óleo tem, como finalidade, portanto, normalizar rapidamente a temperatura do óleo e depois mantê-la. Pode ser colocado em derivação ou em série sobre os tubos de lubrificação. Nos grandes motores é sempre colocado em derivação, e possui uma bomba de circulação independente da de lubrificação.

Nos motores de refrigeração a ar, e muito especialmente quando os cilindros são opostos, a refrigeração do óleo deve ser completada por meio de um radiador. Este é geralmente colocado na corrente do ventilador, antes da entrada dos cilindros do motor. Sem facilitar o aquecimento do óleo nos arranques, ele limita a elevação da temperatura.

12. SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Os sistemas de lubrificação tradicionais são os seguintes:

- Por salpico; a bomba de óleo alimenta as cubas colocadas perto da passagem de cada biela, estas são munidas de uma colher (pescador) que apanha o óleo que passa pela cuba.
- Por inércia: o óleo penetra em seguida na biela e lubrifica o moente.

Os mancais são diretamente alimentados por tubos que saem do coletor principal. Com a lubrificação por salpico, a pressão fornecida pela bomba é pouco elevada: 0,1 a 0,4 bar (0,1-0,4 kg/cm²). O manômetro é graduado em metros de água (1 a 4m). Para facilitar a lubrificação, bielas e mancais devem possuir grandes ranhuras de circulação.

- Por pressão: o virabrequim possui condutos especiais, o óleo chega aos mancais sob pressão, e daí é canalizado até aos moentes para lubrificar as bielas. Os mancais e as bielas não possuem ranhuras de lubrificação, exceto algumas câmaras de óleo curtas que não desembocam no exterior.

A pressão de lubrificação é de 1 a 3 bar (1-3 kg/cm²). Esta pressão impulsiona o óleo como uma cunha entre as superfícies a lubrificar, realizando assim o atrito fluido.

Freqüentemente, a cabeça da biela é munida de um pequeno orifício dirigido ao cilindro e destinado a lubrificar o pistão. Em alguns casos, uma canalização ao longo da biela permite, igualmente, assegurar uma melhor lubrificação do eixo do pistão.

- Por projeção: esta disposição compreende a lubrificação sob pressão de todos os mancais e a lubrificação das bielas por um jato de óleo. Cada biela tem uma colher; a rotação contra o jato intensifica a penetração de óleo no interior da biela.

Por outro lado, o jato de óleo sobre toda a cabeça da biela favorece a sua refrigeração. A pressão de lubrificação é de 1-3 bar (1-3 kg/cm²).

No motores de pouca cilindrada, a lubrificação por projeção é simplificada. O virabrequim aciona uma roda munida de palhetas. Esta roda está semi-submersa no óleo do cárter e sua orientação faz com que ela projete o óleo diretamente sobre a biela e no cilindro.

- Por mistura: o óleo é misturado com o combustível e penetra no motor proporcionalmente ao consumo do mesmo. Este sistema de lubrificação não é apropriado aos motores há 2 tempos que funcionam com pré-compressão no cárter. A proporção do lubrificante em relação ao combustível é, geralmente, de 5%. Uma quantidade mais elevada leva a um entupimento das câmaras de explosão e de escape, assim como a um empobrecimento da combustão.
- Por cárter seco: neste sistema de lubrificação, o óleo é contido num reservatório independente. Uma bomba leva o óleo do reservatório ao motor, introduzindo-o pressão nos elementos a lubrificar. Uma segunda bomba, chamada bomba de retorno, aspira o óleo que tende a acumular-se no fundo do cárter e remete-o ao reservatório.

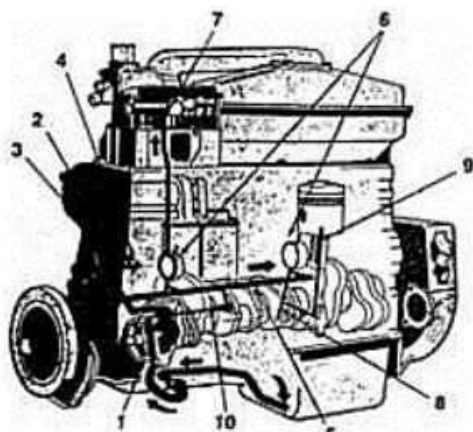
Observações gerais.

Seja qual for o sistema, a lubrificação dos cilindros é assegurada unicamente pelo óleo projetado pelas bielas em rotação. Quando se põe o motor frio em funcionamento, o óleo circula dificilmente e a lubrificação dos cilindros é insuficiente. Nos motores de lubrificação sob pressão, não circula nenhum óleo nos primeiros minutos de funcionamento. O salpico e a projeção efetuam com maior rapidez esta lubrificação dos cilindros.

Afora a lubrificação, a circulação de óleo deve garantir a refrigeração das bielas e do virabrequim. Partindo do tanque a 232 °K (50 °C), o óleo atinge de 353 a 393 °K (80 a 120 °C) quando sai das bielas. Num motor novo, as folgas estão no seu mínimo; o óleo circula com mais dificuldade e, portanto, refrigera mal as peças, havendo um maior risco de gripagem ou de fusão do metal antifricção.

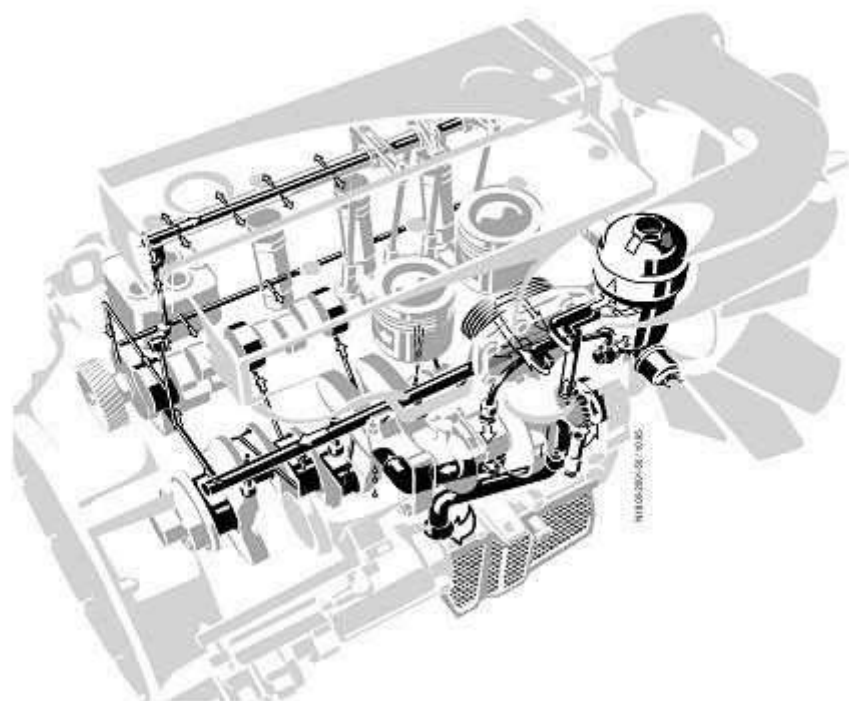
Sistema de Lubrificação

Em função das exigências dos óleos lubrificantes bem como seus incrementos determina-se o período de troca, cada vez mais é utilizado óleos sintéticos ou semi-sintéticos e de aditivação.



Sistema de Lubrificação do motor Cummins Série N/NT/NTA-855.

1. Bomba de óleo
2. Para o arrefecedor de óleo
3. Saindo do arrefecedor de óleo
4. Bico pulverizador de arrefecimento do pistão
5. Galeria principal de óleo
6. Buchas da árvore de comando
7. Lubrificação para a parte superior do motor
8. Mancais principais
9. Passagem para lubrificação das bielas
10. Linha sinalizadora da pressão do óleo na galeria principal.



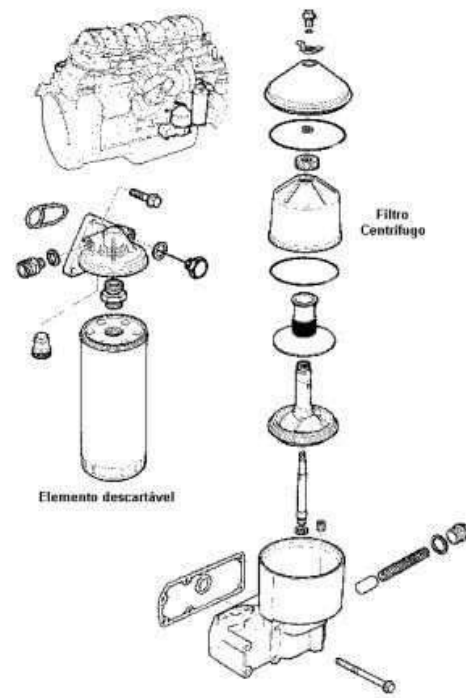
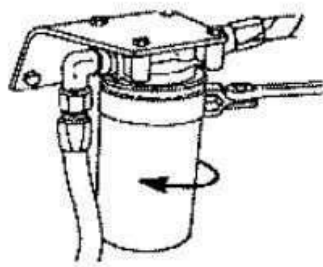
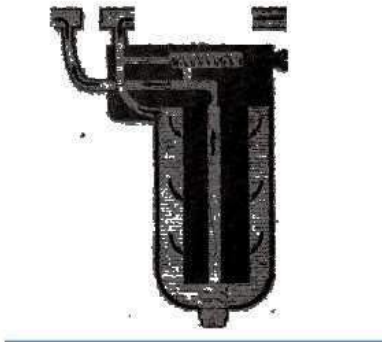
Os aditivos são classificados de acordo com as funções que desempenham:

- Melhorar a viscosidade
- Mudar ponto de solidificação
- Inibidores de oxidação e corrosão
- Anti-espumantes
- Modificadores de fricção
- Aditivos para alta pressão (aditivos EP)
- Aditivos detergentes e dispersantes.

Sistema de Lubrificação.

A bomba de óleo do motor, faz circular sob pressão o óleo lubrificante, levando-o para todos os pontos que requerem lubrificação através de galerias existentes no bloco e cabeçote do motor. Os

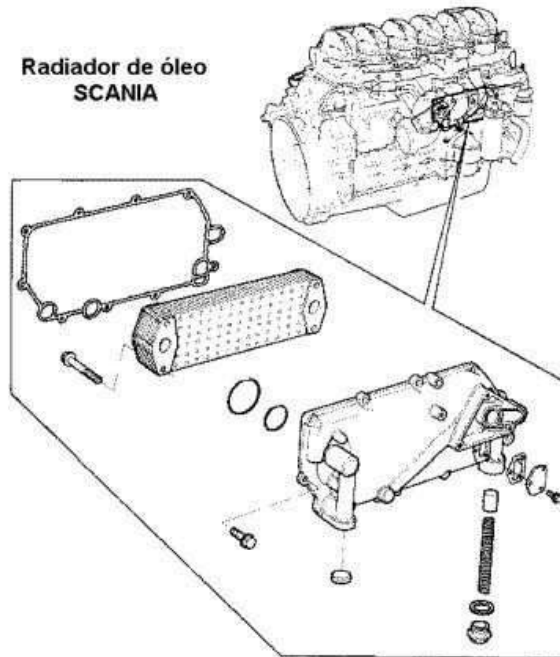
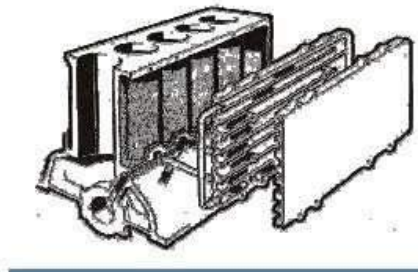
cilindros são lubrificados pelo óleo que extravasa dos colos das bielas e mancais. As hastes das válvulas, as articulações esféricas das varetas de acionamento dos balancins, os tuchos, as engrenagens da distribuição também são lubrificados pelo óleo vazado dos mancais, os quais são lubrificados sob pressão. Todo óleo destinado à lubrificação do motor, é forçado a passar por um sistema de filtragem no qual são retidos as partículas existentes no mesmo. Em casos de obstrução do elemento filtrante do tipo cartucho de papel especial, uma válvula de segurança intercalada no circuito, abre-se e permite a passagem do óleo para lubrificar o motor, porém com óleo não filtrado.



Filtros de lubrificante SCANIA

Intercambiador de Calor:

Líquido de Arrefecimento, Óleo Motores. O intercambiador de calor é um dispositivo que permite manter o óleo lubrificante em temperatura ideal de trabalho, independentemente da carga do motor ou de fatores externos. Fluindo por um sistema de canais em contato com o circuito de água do sistema de arrefecimento, o óleo lubrificante é aquecido rapidamente nas partidas e arrefecido durante o serviço contínuo.



13. TIPOS DE FREIOS AUXILIARES

Freios contínuos primários

O sistema de freios contínuos se divide em freios contínuos primários e secundários de acordo com a montagem dentro do trem de força. Os freios contínuos primários atuam sobre a trem de força antes da caixa de marchas.

Portanto a potência de frenagem depende da rotação em que se encontra o motor e se pode incrementar a potencia de frenagem através de mudanças de marchas.

Podemos dizer que freios contínuos primários são os freios que atuam no motor, no entanto há também retardadores que são montados à frente do cambio de marchas.

Freios contínuos secundários

Os sistemas de freios contínuos secundários são montados entre a caixa de marchas e o eixo motriz atuando assim na cadeia cinemática.

Seu efeito de frenagem dependa do numero de rotação da árvore de transmissão (cardã) e a potência aumenta conforme aumenta a velocidade do veiculo. Estes sistemas de freio são exclusivamente retardadores.

Freio Motor (Borboleta na Saída do Escape)

Os melhoramentos introduzidos nos motores resultam apenas em um ligeiro aumento da potência de frenagem. O sistema de freio motor é do tipo borboleta de pressão dinâmica, montado no sistema de escapamento. Quando a borboleta do freio motor se fecha, gera uma contrapressão no sistema de escapamento contra a qual os êmbolos têm que efetuar o trabalho de exaustão no 4o. tempo do motor (escapamento), resultando na frenagem do motor.

Durante os ciclos funcionamento do motor de 4 tempos, o ar expulso do cilindro é comprimido no coletor de escape, estando a borboleta na posição fechada o ar devera vencer a resistência, o provoca desaceleração do veículo.

O Freio Motor é um sistema de freio auxiliar que deve ser empregado tanto em frenagens prolongadas em longos declives, como para desacelerações em tráfego normal.

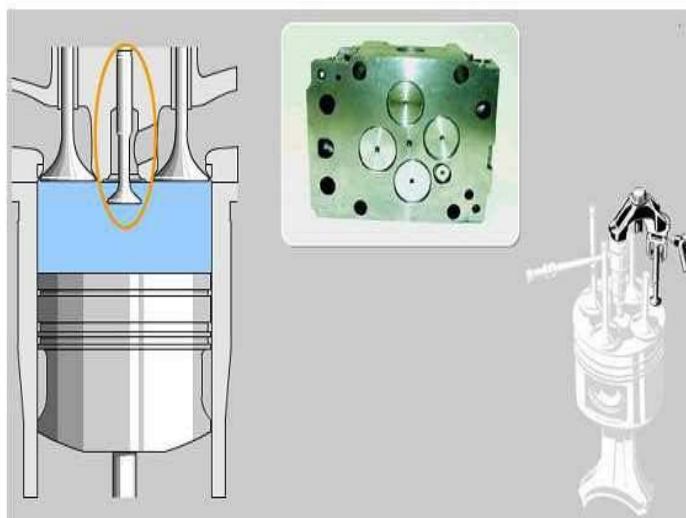
Quanto mais reduzida for à marcha engrenada na caixa de mudanças, maior será a eficiência do Freio Motor. A correta utilização do Freio Motor não causa danos ao motor e permite prolongar a vida útil das guarnições e tambores de freio. Em longos declives, a utilização do Freio Motor poupa o freio de serviço, assegurando sua total eficiência em caso de eventuais emergências.

Quando aplicado o Freio Motor, o motor poderá até atingir a rotação máxima permitida sem que isto implique em algum dano.

13.1 Top-Brake

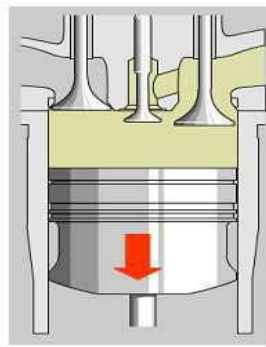
Estrangulador constante Mercedes-Benz

Componente do freio motor criado e desenvolvido pela Mercedes-Benz, no motor que trabalha pelo princípio de quatro tempos, durante o tempo de compressão se alivia a pressão de compressão por meio de uma válvula adicional montada no cabeçote. Como consequência se reduz o trabalho de descompressão no tempo de expansão (trabalho), deste modo o embolo não se acelera em seu movimento descendente. Basicamente a diferença entre a borboleta de escape e o estrangulador constante é que este atua durante o tempo de compressão.



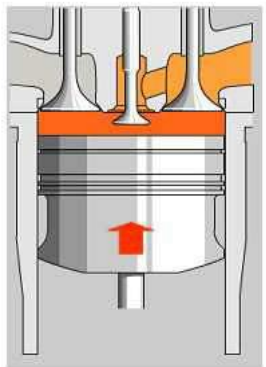
Com o freio motor aplicado, os estranguladores constantes no cabeçote estão abertos e a borboleta no sistema de escapamento fechada.

No 2º tempo do motor (compressão), durante o rápido movimento ascendente dos êmbolos, a quantidade de ar expelida através dos estranguladores existentes no coletor de escapamento é pequena, de forma que a compressão desejada não é comprometida significativamente. A fração de ar comprimido expelida através dos estranguladores constantes.

**Efeito de frenagem:**

1. Admissão ⊕
2. Compressão ⊕

No início do 3º tempo (expansão) é, contudo, responsável pela considerável redução na pressão atuante sobre os êmbolo, com conseqüente redução de trabalho de expansão.

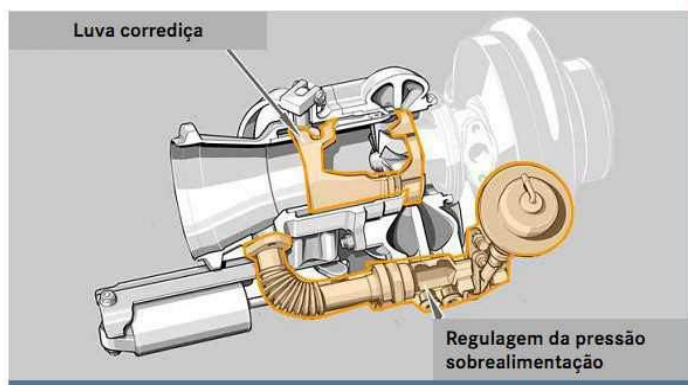
**Efeito de frenagem:**

1. Admissão ⊕
2. Compressão ⊕
3. Expansão ⊖

Nos motores com freio motor convencional (sem Top Brake), o aproveitamento da potência de frenagem obtida no tempo de compressão é desprezível porque a força de expansão do ar atuando sobre os êmbolos no 3º tempo do motor, recupera praticamente todo o trabalho de compressão do tempo anterior. Em contrapartida, nos motores equipados com freio motor e Top Brake, com a expansão do ar consideravelmente reduzida, a diferença entre os trabalhos de compressão e de expansão é muito maior, resultando em um ganho significativo de potência de frenagem do motor.

Assim, a elevada potência de frenagem do freio motor com Top Brake é consequência da resistência pneumática encontrada pelos êmbolos durante os tempos de compressão e escapamento do motor.

O Turbo-Brake consiste em um eficiente equipamento de freio adicional que, em conjunto com o consagrado sistema Top-Brake, proporciona uma elevada potência de frenagem auxiliar, que pode chegar a mais de 300Kw a 2200 rpm. O princípio de funcionamento baseia-se em aumentar a velocidade da turbina quando o sistema é acionado. Assim, o rotor compressor irá introduzir mais ar no interior dos cilindros e conseqüentemente, haverá maior resistência ao deslocamento dos êmbolos nas fases de compressão e escapamento, aumentando a capacidade de frenagem. Quando o sistema não está acionado, a luva encontra-se em repouso. Com o acionamento do Turbo-Brake a luva se desloca na direção da turbina, com isso há uma aceleração da turbina.

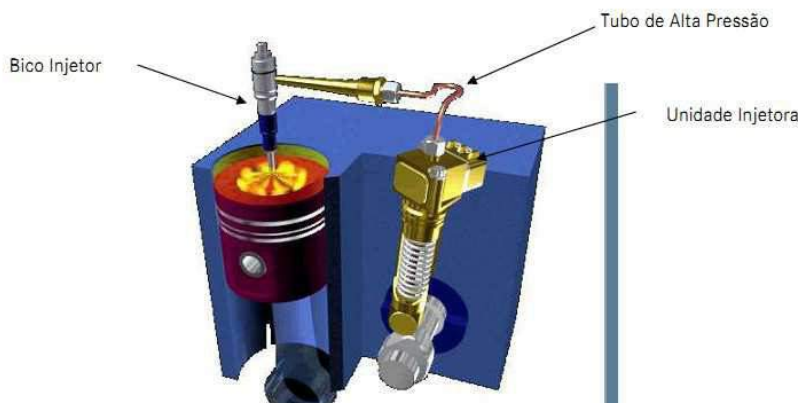


O Turbo-Brake se baseia em um turbo compressor convencional cuja a sua característica mais importante é uma luva deslizante montada ao lado da turbina dos gases de escape.

14. UNIDADE INJETORA

Os motores com gerenciamento eletrônico visam, sobretudo, alcançar níveis menores de emissão de poluentes, atendendo às leis de nacionais e internacionais de preservação ambiental, mecânica mais simples, aliando os benefícios da nova tecnologia de controle de injeção, com redução de custos. Os motores com gerenciamento eletrônico funcionam com um sistema de alimentação de combustível controlado eletronicamente. O mecanismo básico é conhecido como sistema BOMBA - TUBO - BICO e consiste numa unidade injetora por cilindro, interligada ao bico injetor através de uma pequena tubulação de alta pressão.

Os elementos alojados na unidade injetora - injetor, câmaras de pressão e descarga de combustível, válvula de controle de vazão e eletroímã de acionamento - são responsáveis pelo aumento da pressão e controle do volume de injeção de combustível, que é conduzido ao bico e distribuído, de forma atomizada, na câmara de combustão.



15. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE INJEÇÃO

Para dar início ao processo de injeção, estão envolvidos os movimentos do elemento injetor e da válvula de controle de vazão. Ao receber um pulso de tensão, o eletroímã gera um campo magnético, que retrai a válvula de controle de vazão, fazendo com que ocorra o início da injeção.

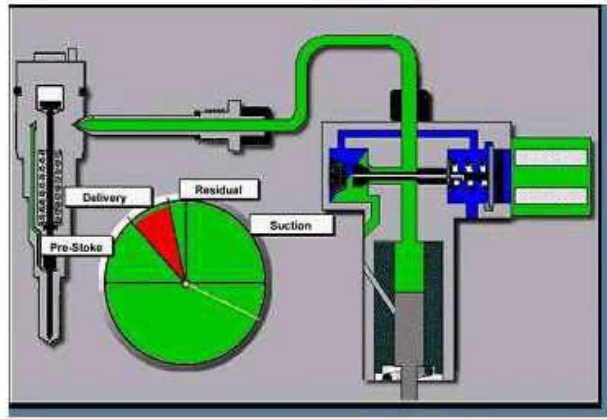
Enquanto o eletro ímã estiver energizado haverá fluxo de combustível ao injetor.

O sistema de gerenciamento eletrônico é responsável por enviar os pulsos de tensão a todos os eletroímãs das unidades injetoras.

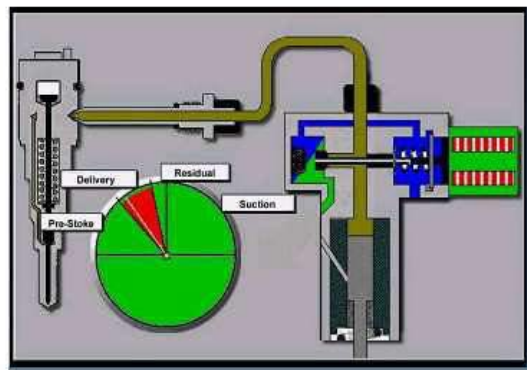
Processo de injeção

A estrutura do processo de injeção é composta por 4 fases:

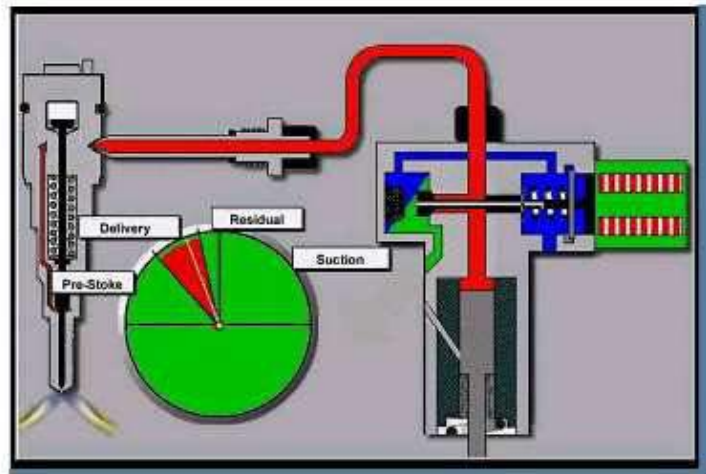
- Curso de admissão (o elemento injetor desloca-se para baixo e permite a entrada do combustível na câmara de pressão);



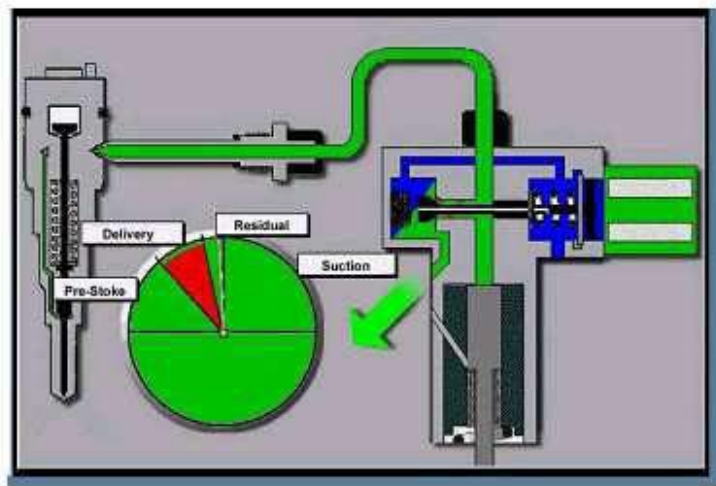
- Curso prévio (o elemento injetor desloca-se para cima e parte do combustível é descarregada no canal de retorno);



- Curso de alimentação (o eletroímã recebe o pulso de tensão enviado pelo sistema de gerenciamento eletrônico, retraindo a válvula de controle de vazão, o que provoca o início da injeção).



- Curso residual (o combustível excedente não injetado é despejado na câmara de descarga e retorna ao tanque). Enquanto o eletroímã estiver energizado, haverá fluxo de combustível ao injetor.



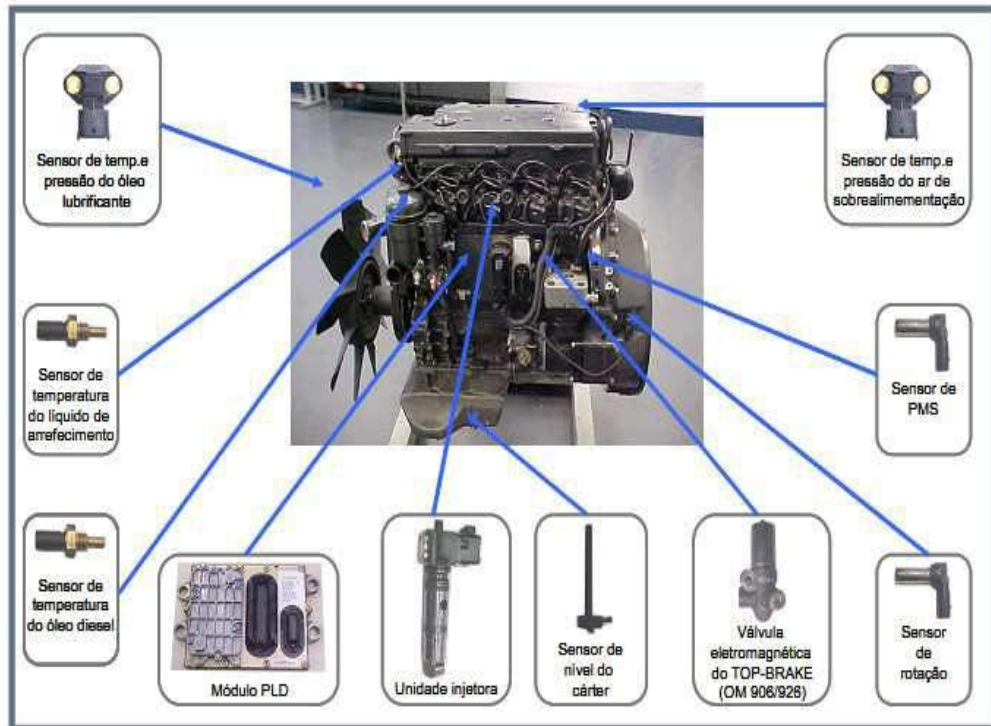
O fim da injeção ocorre quando o sistema de gerenciamento eletrônico desenergiza o eletroímã de acionamento. A válvula de controle retorna então à condição de repouso, despressurizando a câmara de alta pressão. Se for detectada qualquer falha no sistema de injeção, as unidades de controle do sistema de gerenciamento eletrônico utilizam valores de recuperação, permitindo o deslocamento do veículo até um concessionário.

Os motores com gerenciamento eletrônico proporcionam, assim, conforto e segurança, com baixos níveis de emissão de poluentes.

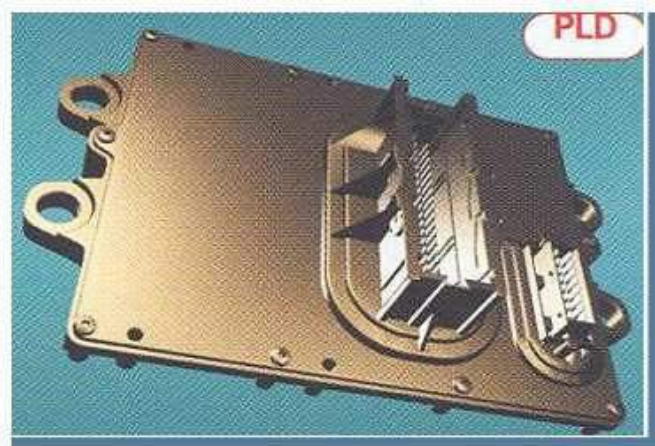
16. GERENCIAMENTO ELETRÔNICO

O módulo de gerenciamento do motor é chamado de PLD/MR e está geralmente fixo ao bloco do motor. Tem como função principal a energização da solenóide da unidade injetora, no momento adequado, em função das condições internas e externas do motor, tendo em conta as solicitações de carga, consumo bem como emissões, a precisão da injeção se dá em função do sensor de PMS e de rotação que informa a posição instantânea e exata em que deva ocorrer a injeção, o módulo PLD/MR

processa a injeção tendo em conta as informações enviadas pelos demais sensores abaixo, como também informações que chegam via comunicação CAN BUS.



- Motores com Gerenciamento Eletrônico
- Possibilita torque e potência mais elevados
- Menor ou igual consumo de combustível
- Aumento dos intervalos de manutenção
- Elevada durabilidade
- Manutenção facilitada com diagnose de falhas
- Dispensa regulagens mecânicas
- Não necessita de componentes extras para parada do motor
- Suprimidos componentes mecânicos de controle do motor
- Menor número de peças de reposição
- Regulagem de potência e torque do motor (parametrização)
- Regulagem automática do débito de partida



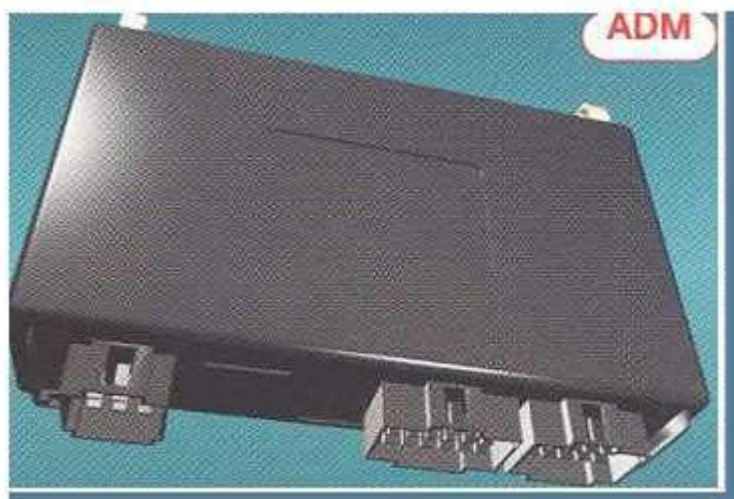
O módulo de comando do motor, denominado pela Daimler Chrysler: PLD (abreviado do Alemão, significa BOMBA – TUBO - BICO (Pumpe Leitung Duese)). Mas também é chamado de MR/CR.

ADM (Adapter Module)

O módulo de gerenciamento do veículo é chamado de ADM, UCV ou FR, isso dependerá do modelo do veículo.

Este módulo geralmente estará dentro da cabine do veículo e próximo à central elétrica.





- Sensor do número de rotações do motor
- Limitador de velocidade
- Regulagem automática da marcha lenta
- Regulagem automática da rotação da tomada de força
- Acelerador manual elétrico
- Tomada de auto diagnóstico / sistemas de diagnose

Como principal função, o módulo do veículo controla o sinal do pedal do acelerador, este sinal é digital e é chamado de sinal PWM. A solicitação do pedal é transformada em solicitação de torque pelo FR/ADM e enviada ao MR/PLD através da linha CAN.

O módulo do veículo também é responsável por ativar o freio motor e top-brake, bem como ativar luzes e ponteiros indicativos do painel de instrumentos.

A linha de comunicação entre os módulos do veículo é chamada de linha CAN, por esta linha passam informações importantes a serem compartilhadas entre os módulos. É importante lembrar que a linha é um sistema organizado, onde cada informação tem um nível de prioridade e sempre que um módulo envia uma informação, o outro módulo ao receber, envia uma resposta confirmando o recebimento da mensagem.

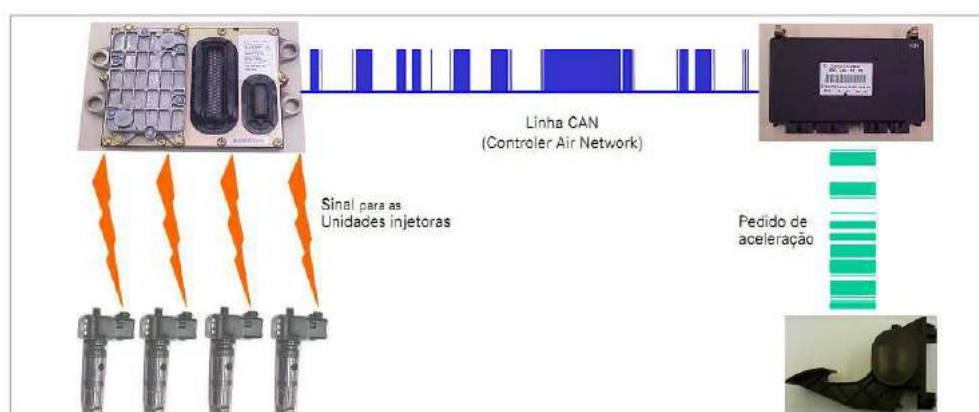
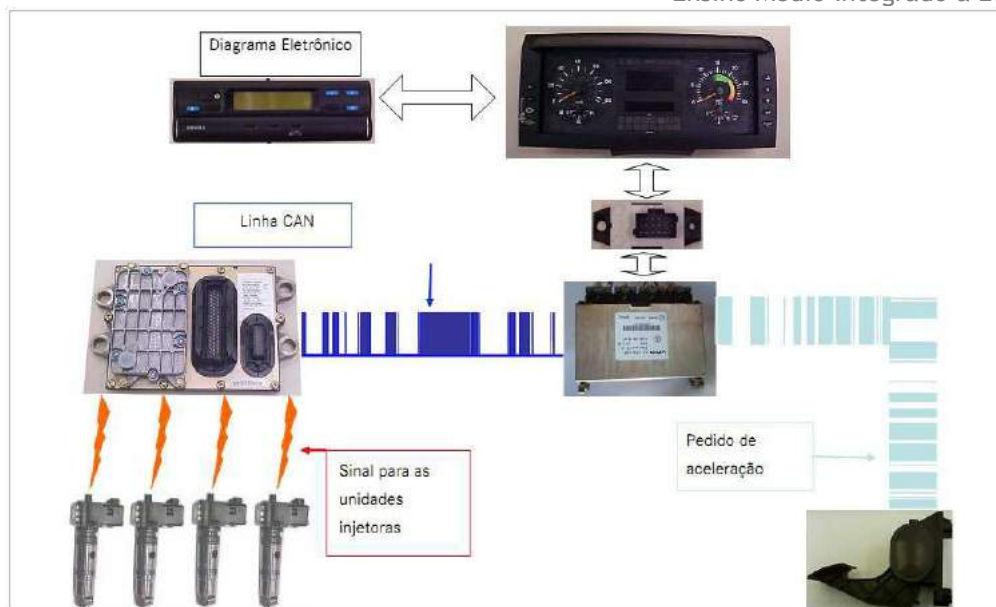


Diagrama Eletrônico



17. POTÊNCIA E RENDIMENTO

A energia mecânica desenvolvida por um motor é medida com precisão num banco de testes. É igualmente possível calcular esta energia com certa aproximação tendo em conta as particularidades do motor considerado. Em ambos os casos, determina-se a quantidade de trabalho mecânico efetuada em um dado tempo. Do resultado obtido, deduz-se a potência.

De início, recordemos que o trabalho mecânico é sempre composto dos dois fatores seguintes:

- 1) Uma força que se mede em newtons (N) e que atua por impulso ou por tração;
- 2) Um deslocamento do ponto de ação desta força. Este deslocamento é medido em metros na direção em que a força provoca o movimento. O produto dos valores destas duas grandezas fornece a quantidade de trabalho efetuado em joules. O joule (J) é a unidade do trabalho mecânico: $N \times m = J$ (antigamente $kg \times m = kgm$).

10 J representa o trabalho efetuado por uma força de 10 N, produzindo um deslocamento de 1 m na direção em que a força atua. Isso pode ser o trabalho efetuado por uma força de 20 N, produzindo um deslocamento de 2 m.

Calculemos, a título de exemplo, o trabalho fornecido pelo pistão de um motor que recebe durante o seu curso motriz um impulso médio de 1800 N. Admitindo um curso do pistão de 80 mm (0,08m), o trabalho efetuado a cada explosão será de:

$$1800 \text{ N} \times 0,08 \text{ m} = 144 \text{ J}$$

Este impulso de 1800 N, atuando sobre uma distância de 0,08 m, produz um trabalho equivalente a um impulso de 144 N, atuando sobre uma distância de 1 m.

Num motor, o impulso que atua sobre o pistão é determinado pela pressão dos gases durante a explosão e, depois da explosão, durante a expansão. Durante a explosão, a pressão eleva-se até 40 bar, depois baixa rapidamente no início e mais lentamente em seguida, até o fim do curso do pistão. No momento da abertura de escape, a pressão no cilindro não passa de alguns bar. O impulso recebido pelo pistão é, portanto, variável, e o trabalho fornecido varia a cada posição do pistão. O cálculo de trabalho que um pistão dá a cada milímetro do seu curso é demasiado longo para efetuar-se na prática. Medem-se todas as variações de pressão por meio do indicador de Watt, e o diagrama fornecido por este aparelho permite estabelecer uma pressão média. É a pressão média indicada que permite calcular o trabalho real fornecido pelo pistão durante o seu curso motriz.

Mas uma parte do trabalho fornecido pelo pistão é absorvida pelos atritos internos do motor, pelos tempos mortos, pelos efeitos de inércia etc. O trabalho efetivo disponível à saída do virabrequim é, portanto, mais fraco que o trabalho real fornecido pelo pistão.

Para calcular o trabalho efetivo disponível no virabrequim, adota-se uma pressão média mais fraca que a pressão média indicada. É a pressão média efetiva, que varia conforme os motores, o número de rotações e a relação volumétrica.

A pressão média efetiva P_m permite, então, calcular o trabalho efetivo fornecido pelo motor. Este trabalho é tanto maior quanto maior é a superfície S do pistão, quanto mais longo é o curso s e quanto mais elevado é o número de cilindros.

Exemplo: Que trabalho fornece, a cada curso motriz, um pistão de 56,5 mm (5,65 cm) de diâmetro, efetuando um curso de 70 mm (0,07 m) sob uma pressão média de 8 bar (kg/cm^2)?

$$\text{Superfície do pistão} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\text{Impulso} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot p_m}{4}$$

$$\text{Trabalho} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot p_m \cdot s}{4} = \frac{3,14 \cdot 5,65 \cdot 5,65 \cdot 8 \cdot 0,07}{4} = 140 \text{ J em antigas unidades de trabalho: } 14 \text{ kgm.}$$

18. POTÊNCIA DOS MOTORES

Potência efetiva

A potência de um motor é determinada pela quantidade de trabalho que aquele pode fornecer em um segundo, isto é, pelo número de joules (J). A unidade de potência atual é o quilowatt (kW) ou o watt para os motores pequenos.

Para calcular a potência de um motor, basta calcular a quantidade de trabalho que este é capaz de fornecer em 1 segundo. Esta quantidade de trabalho obtida em joules por segundo será transformada em W ou em KW, conforme a equivalência destas unidades.

$$1 \text{ J/s} = 1 \text{ W};$$

$$1000 \text{ J/s} = 1 \text{ kW};$$

$$1000 \text{ J/s} = 1,36 \text{ C.V. nas antigas unidades ou } 1 \text{ C.V.} = 736 \text{ J/s.}$$

Exemplo de cálculo da potência efetiva de um motor monocilíndrico 80 x 90 girando a 4200 RPM com uma pressão média de 9,5 bar (impulso 95 N por cm^2):

$$\square \text{ Trabalho de uma explosão} = \frac{3,14 \cdot 8^2 \cdot 9,5 \cdot 0,09}{4} = 430 \text{ J};$$

$$\square \text{ Trabalho por segundo} = 430 \cdot \frac{4200}{60} \cdot 2 = 15050 \text{ J/s.}$$

(2) denominadores para motor a 4 tempos, 1 explosão a cada 2 rotações

$$\square \text{ Potência} = \frac{15050}{1000} = 15,03 \text{ kW.}$$

Praticamente, a potência efetiva de um motor em novas unidades (KW) tem como valor os três quartos da potência em C.V.. Um motor de 80 C.V. tem uma potência de 60 kW.

Podemos resumir todas as operações do cálculo da potência efetiva do motor em uma só fórmula:

$$\square P_e = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot p_m \cdot s \cdot n \cdot I \cdot 10}{4 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 1000}$$

Onde d designa o diâmetro do cilindro em cm, P_m a pressão média em bar, s o curso do pistão em m, n o regime do motor em rotações por minuto, I o número de cilindros e $\pi = 3,14$. O numerador 10 transforma a pressão média dada em bar, de modo a efetuar um impulso médio em newtons por cm^2 ; o denominador 1000 permite obter o resultado em kW.

Testes do freio

A potência efetiva desenvolvida por um motor mede-se por meio de um freio. O freio compreende sempre duas partes essenciais:

Uma parte móvel ligada ao motor e acionada por este último, uma parte fixa provida de um dispositivo de frenagem que atua diretamente sobre a parte móvel. Um sistema de regulação permite modificar a eficácia da frenagem.

A parte fixa é montada sobre um eixo de oscilação (braço de alavanca de um metro). É estabilizada por uma carga variável por meio de contrapeso e de uma mola tarada.

Durante a frenagem, a parte fixa tende a ser acionada pela parte móvel. Aquela levanta o contrapeso e atua sobre a mola até à obtenção de uma posição de equilíbrio. Conhecendo, então, o valor dos contrapesos em kg, conhece-se igualmente o esforço desenvolvido pelo motor à periferia do dispositivo de frenagem. Este esforço tangencial denomina-se torque motor.

Tipos de freios para teste de motores

O freio de Prony é formado por um simples tambor metálico frenado por sapatas de madeira. A sua regulação é delicada; varia constantemente, e o aquecimento das sapatas necessita de uma irrigação contínua e desagradável para os operadores. Este freio é utilizado apenas para testes de fraca potência.

O freio Froude é um freio hidráulico. É composto por uma turbina que gira num cárter vedado, munido de chicanas internas, e ligado aos contrapesos. Sob o efeito da turbina, a água atua sobre o cárter e tende a acioná-lo.

Varia-se a eficácia da frenagem modificando as possibilidades de reação da água sobre as chicanas do cárter.

O freio Froude não atua nos regimes de marcha reduzida. Permite, portanto, parar o motor, e pô-lo novamente em marcha, conservando sempre uma determinada posição da frenagem.

O freio elétrico é constituído por um simples dínamo fixado a uma estrutura rígida.

Mede-se a tensão e o débito da corrente produzida; deduz-se o número de watts, e, em seguida, tem-se a potência em kW. Mas o rendimento do dínamo não é constante. Varia conforme o número de rotações por minuto e o número de watts produzidos. Cada medida deve ser corrigida por um fator de rendimento diferente que se marca sobre um gráfico dado pelo fabricante do dínamo.

As variações de frenagem são obtidas modificando a corrente de excitação por meio de um reostato.

O freio eletrodinamométrico é igualmente constituído por um dínamo.

Mas o estator deste dínamo é montado sobre um eixo oscilante, e é ligado igualmente a uma carga de contrapeso completada por um dinamômetro.

A reação magnética do induzido tende a acionar o estator; o esforço de acionamento (torque) é medido em quilos pelos contrapesos e pelo dinamômetro.

O rendimento do dínamo não entra em conta.

Modifica-se a eficácia da frenagem por uma mudança da corrente de excitação como no caso precedente.

Este tipo de freio é recente, e é de manobra simples e precisa. Pode, por outro lado, funcionar como motor de lançamento e de acionamento para a rodagem do motor a frio. Permite medir as resistências internas do motor funcionando ociosamente, e dando, assim, indicações exatas sobre as condições de funcionamento da superfície de atrito.

O freio a corrente de Foucault é constituído por dois discos de função girando na frente das extremidades de potentes eletroímãs. Estes últimos são solidários a uma estrutura móvel cujo deslocamento é controlado por um dispositivo de mola tarada. O motor aciona os dois discos, excitando os eletroímãs, obtém-se um fluxo magnético fixo, que cria nos discos rotação importantes correntes elétricas (correntes de Foucault). A reação destas correntes tem por efeito frear a rotação dos discos, provocando uma tração nos eletroímãs. Variando a importância da excitação, varia-se a eficácia da frenagem. O regime do motor e o esforço (torque) registrado pela mola tarada permitirão calcular a

potência fornecida pelo motor. Nos freios utilizados atualmente, o torque desenvolvido pelo motor é indicado em antigas unidades isto é, em mkg. Basta multiplicar o valor por 10 para obter-se o torque motor em novas unidades, metro Newton, mN.

18.1 Curvas de potência

Qualquer que seja o tipo de freio empregado, o motor é sempre testado com o acelerador aberto, a potência máxima. Regulando a eficácia da frenagem, pode-se diminuir a velocidade de rotação do motor até o travar completamente ou deixá-lo embalar-se ociosamente.

Para conhecer as características exatas de um motor, mede-se a sua potência em diversos regimes de rotação. Começa-se pelos baixos regimes (1000 RPM) e sobe-se de 250 em 250 rotações, por exemplo, até ao regime máximo, a partir do qual a potência começa a diminuir.

Os resultados obtidos permitem traçar a curva de potência do motor. Traça-se geralmente também a curva do torque. O torque é indicado em mN. É o esforço desenvolvido pelo motor na circunferência de um círculo de 1 m de raio cujo centro de rotação se situa sobre o eixo do virabrequim.

O torque tem por valor:

$$\text{Torque} = \text{mN.n}/10 \times 1000 \text{ onde o torque} = \text{kW} \times 10000/\text{n} \text{ em mN.}$$

Atualmente, tende-se a dar mais importância ao torque motor que à potência. De fato, o torque motor depende diretamente do impulso transmitido pelos pistões ao virabrequim. Ele informa, portanto, de modo preciso, sobre o enchimento dos cilindros e sobre a força explosiva da carga aspirada.

Constata-se que esta carga é máxima para um regime relativamente baixo e que ela diminui com o aumento do regime. Ora, o motor será tanto mais capaz de subir as rampas em marcha direta (relação de transmissão 1:1) quanto mais inclinada para a direita for a curva de seu torque. De fato, como em rampa a velocidade diminui tal como o regime do motor, o torque moto vai aumentar.

A curva de potência é o resultado do torque motor em mN (mkg) e da velocidade em rpm. Constata-se que ela atinge o seu máximo a um regime relativamente elevado.

Nos regimes baixos, a potência desenvolvida é relativamente fraca; o torque é importante, mas a velocidade em rpm é fraca.

Nos regimes médios, o torque diminui ligeiramente, mas a velocidade aumentou fortemente; a potência é nitidamente mais elevada.

Nos regimes de potência máxima, a curva torna-se horizontal. O torque diminui fortemente, e esta diminuição é completamente compensada pelo aumento do regime. A potência estabiliza-se.

A um regime mais elevado, a diminuição do torque é tão importante que o aumento da velocidade não a compensa mais. A potência diminui.

O regime de potência máxima é considerado regime normal do motor. Praticamente, interessa permanecer ligeiramente abaixo.

O regime do torque máximo é considerado o regime inferior limite para a marcha a plena admissão.

Durante os testes do freio, mede-se com exatidão o consumo do carburante. Conhecendo a potência desenvolvida, deduz-se o consumo em gramas por kWh (CVh). A curva de consumo informa sobre os regimes econômicos do motor.

O consumo de um motor a gasolina é de 300 a 400 g/kWh (200 a 300 g/CVh). O de um motor Diesel é de 250 a 360 g/kWh (170 a 240 g/CVh).

19. RENDIMENTOS DOS MOTORES

Rendimento global ou total

Chama-se rendimento de um motor a relação entre potência mecânica desenvolvida à saída do virabrequim e a que lhe é fornecida sob a forma de carburante.

Um grama de gasolina tem um poder calorífico de 11000 calorias (pequenas calorias). Ora, uma caloria transformada totalmente em trabalho mecânico fornece 4,185 J, ou seja, uma força de 1 Newton (N), provocando um deslocamento de 1 m.

Um motor que consome 340 g de gasolina por kWh recebe por segundo uma energia de:

$$340 \times 11000 \times 4,185/3600 = 4348 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ J}$$

$$1 \text{ KW} = 1000 \text{ J/s.}$$

Este motor recebe, sob forma de carburante uma energia calorífica capaz de fornecer 4348 J/s; e rende 1000 J/s.

O seu rendimento térmico é de: $1000 \times 100/4348 = 23\%$

Observações

O cálculo do rendimento de um motor pode ser feito com base no seu consumo por hora ou por segundo. Como os catálogos dos motores indicavam sempre, antigamente, o consumo em g por H.P./hora, era lógico calcular o rendimento a partir deste valor e em relação ao H.P./hora.

Com as novas unidades MKSA convém calcular o rendimento na base do consumo por segundo. A unidade de trabalho (J) é dez vezes menor que o (kgm) e a unidade de calor (cal) é mil vezes menor que a (kcal), pelo que, calculando por hora, ter-se-ão valores extremamente elevados e pouco comuns na prática. Aliás, sendo a nova unidade de potência dos motores, o KW, correspondente a 100 J/s, é mais simples calcular o rendimento sobre esta base de tempo.

O rendimento de um motor de ciclo Otto funcionando a gasolina é em média de 21 a 25%. O de um motor de ciclo Diesel pode atingir mais de 35%.

A energia total desenvolvida pela combustão da gasolina no motor de ciclo Otto distribui-se do seguinte modo:

- 32% sob forma de calor gasto pelo sistema de arrefecimento dos cilindros;
- 35% sob forma de calor retirado pelos gases de escape;
- 8% sob forma de energia mecânica absorvida pelos atritos internos do motor;
- 25% sob forma de energia mecânica disponível na extremidade do virabrequim.

Rendimentos volumétricos (potência por litro)

Para comparar os motores entre si, relaciona-se muitas vezes a sua potência efetiva à unidade de cilindrada expressa em litros, ou seja: $\text{potência/cilindrada} = \text{potência por litro}$

Nos primeiros motores atingiam 5 C.V.(3,6 kW) por litro. Este valor era baseado na potência nominal utilizada ainda hoje em vários países. Os motores modernos desenvolvem entre 30 kW(40 C.V.) e 37 kW(50 C.V.) por litro, e mais de 80kW(100 C.V.) para os motores de alto rendimento.

Estes aperfeiçoamentos resultam principalmente no aumento dos regimes de rotação, da diminuição de peso das peças móveis e da qualidade do carburante.

Para comparação mais exata das vantagens da execução mecânica dos motores, é preciso determinar a potência por litro milhares de RPM, ou seja: $\text{potência/cilindrada} \times \text{regime} = \text{Potência por litro por 1000 rpm.}$

Os valores atuais situam-se entre 5 e 9 kW por litro/1000 rpm, ou seja, entre 7 e 12 C.V..

20.POTENCIA DO MOTOR

Para maior facilidade de compreensão dos fatores que influenciam a potência de um motor, a potência efetiva, isto é, a potência gerada no eixo do motor pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$Ne = \frac{PMI \times \eta_m \times V \times n}{225 \times h}$$

$$PME = 0,0427 \times \eta \times \gamma_m \times \eta_v \times \frac{PCI}{1 + Ar \times R} \quad \text{como } PME = PMI \times \eta_m \text{ então:}$$

$$Ne = \left(0,0427 \times \eta_i \times \eta_{te} \times \eta_m \times \gamma_m \times \eta_v \times \frac{PCI}{1 + Ar \times R} \right) \times \frac{V \times n}{900}$$

n = rpm

PMI = pressão média indicada - Kg/cm²

PME = pressão média efetiva - Kg/cm²

Ne = potência efetiva - CV

V = volume do motor - litro

h = no de tempos do motor

γ_m = peso específico da mistura mais resíduos - Kg/cm²

PCI = poder calorífico inferior do combustível - Kcal/Kg

Ar = peso do ar necessário p/ produzir a combustão de 1Kg de combustível

R = fator de correção da mistura porque o motor durante o funcionamento não é alimentado somente por uma mistura estequiométrica, mas sim por misturas pobres e ricas.

η_i = rendimento indicado

η_v = rendimento volumétrico

η_{te} = rendimento térmico

η_m = rendimento mecânico

tt = tonalidade térmica do combustível ou da mistura = poder calorífico da mistura

$$tt = \frac{PCI}{1 + Ar \times R} \quad (\text{Kcal/Kg})$$

Através da fórmula, parece fácil aumentar a potência de um motor, bastando para isto procurar aumentar o valor das suas variáveis, mas na realidade, aumentando-se separadamente em cada fator, se consegue sem dúvida nenhuma aumentá-lo, mas em detrimento de outro, o que pode ocasionar uma redução na potência, em vez de um aumento.

Utilizando o trabalho em um cabeçote como exemplo, pode-se aumentar o diâmetro das válvulas, o diâmetro dos dutos, polir e retirar as rebarbas de fundição, entretanto, se este trabalho não for acompanhado de outras alterações, ocasionará um funcionamento irregular e uma redução no rendimento do motor, devido a menor velocidade de entrada do ar, podendo diminuir a potência do mesmo.

21. RENDIMENTO MECÂNICO

O rendimento mecânico é a relação entre a potência produzida no eixo e a potência produzida no interior do cilindro, provocada pela combustão. Este rendimento é função da força de atrito que ocorre entre os seus diversos órgãos e das forças necessárias p/ acionar os órgãos auxiliares. A perda de

potência devido ao atrito, torna-se cada vez maior, a medida que a rotação fica mais elevada. Os modernos óleos, sejam de base mineral ou sintética, incorporam em sua fórmula componente que ajuda a minimizar estas perdas. Quando se constrói um motor de alta performance, muitos construtores fazem longas conexões de bielas, finos anéis de pistão, anel raspador de óleo com baixa tensão, tanto quanto a precisão de a máquina permitir de modo a minimizar as perdas por atrito. Estas modificações buscam um aumento na eficiência mecânica.

A principal força de atrito que ocorre em um motor é a provocada pelo contato direto entre o pistão e o cilindro, a qual pode ser reduzida da seguinte forma:

Após a retífica, os cilindros sofrem uma usinagem de brunimento, isto é, são feitos pequenos riscos com ângulo indicado pelo fabricante. Estes pequenos riscos, fazem com que o óleo permaneça mais tempo em contato com as paredes do cilindro, facilitando a lubrificação. Por outro lado, reduzem o rendimento mecânico devido ao aumento do coeficiente de atrito.

A eliminação completa destes riscos não é recomendável porque, se a parede for muito espelhada, a película de óleo não conseguirá mais aderir às paredes do cilindro, prejudicando a lubrificação.

Para contornar este problema, sem prejudicar a lubrificação, o brunimento deve ser bastante “sutil” com riscos muito pequenos ou então faz-se um polimento dentro do cilindro, do seguinte modo:

Com um pistão do motor com os anéis de segmento, solda-se uma haste na sua cabeça. Aplica-se então uma pasta abrasiva nas paredes do cilindro misturado com um pouco de óleo. Com as próprias mãos, deve-se fazer com que o pistão descreva um movimento alternado para cima e para baixo e variando sua posição de 180°. Este polimento deve ser feito até o cilindro tornar-se opaco e com pequeninos riscos em forma de hélice. Todos os cilindros devem receber o mesmo polimento. Terminada a operação, lava-se cuidadosamente os cilindros.

Com este procedimento, consegue-se reduzir o coeficiente de atrito dos cilindros, aumentando-se o rendimento mecânico e evitando a grimpagem do pistão, que é comum em motores de competição devido às altas solicitações.

Além do atrito entre o pistão e o cilindro, a potência absorvida pela resistência passiva necessária ao acionamento dos órgãos auxiliares também merecem atenção. Na verdade, pouco se pode fazer para reduzir esta potência absorvida pelas resistências passivas.

Em alguns casos, pode-se aumentar a folga entre os seus mancais, de modo a reduzir a possibilidade de ocorrência de interferência provocada pela variação da temperatura.

As forças exercidas pelas molas das válvulas também absorvem potência, portanto, a redução da força da mola deve ser a maior possível. É importante lembrar que a redução da carga das molas está diretamente ligado a redução do peso dos diversos órgãos que compõem a distribuição (balancins, tuchos, pratinhos, travas, pastilhas e varetas). Se isto não for feito, quando o motor estiver em alta rotação, as molas não terão mais força para retornar a sua posição inicial, dando origem ao fenômeno chamado “flutuação” que provocará uma perda de potência.

Consegue-se com isso, melhorar a potência efetiva do motor e em especial a sua aceleração. A carga ideal varia para cada motor.

Nos motores cuja regulagem das válvulas é feita por meio de pastilhas, essas podem ser eliminadas se os tuchos forem substituídos por outros construídos de tal maneira que a espessura se ajuste perfeitamente entre a haste das válvulas e dos comes.

22. RENDIMENTO TÉRMICO

O rendimento térmico é a relação entre o calor que efetivamente se transforma em trabalho útil e o calor equivalente ao trabalho que poderia ser obtido pela queima do combustível. O aumento do rendimento térmico do motor pode ser conseguido das seguintes maneiras:

a) Aumentando a taxa de compressão

O modo mais fácil de se aumentar o rendimento térmico do motor é aumentando-se a sua taxa de compressão. Aumentando a taxa (ou razão), aumenta-se a energia extraída de cada gota de combustível, ou seja, esta modificação proporciona um aumento na eficiência térmica. Este aumento pode ser feito, dependendo da conveniência, através do abaixamento do cabeçote ou troca dos pistões. De uma maneira geral, para cada ponto adicionado na taxa de compressão resultará num aumento de 4% na potência do motor. É claro que isto é limitada pela qualidade da gasolina e pela geometria de construção do motor que pode tornar o motor propenso a detonação.

b) Otimizando a combustão.

Quando algumas características do motor são alteradas, com a finalidade de se aumentar a potência, torna-se necessário a otimização da combustão da mistura, o que é possível de ser realizado modificando-se a bobina, vela, módulo de ignição e curva de avanço. Esta melhora na combustão da mistura torna-se necessária porque, ao se aumentar a taxa de compressão do motor, a capacidade da faísca saltar entre os eletrodos da vela é reduzida. É importante lembrar que não se está considerando alterações no combustível, uma vez que não se trata de uma alteração no motor.

Como se pode observar na fórmula anterior, aumentando o peso específico da mistura (o que pode ser conseguido enriquecendo-se a mistura) aumentar-se-a a potência do motor.

Entretanto, se a mistura for extremamente rica, a combustão já não será perfeita, diminuindo por consequência o rendimento térmico do motor, reduzindo a potência.

c) Diminuindo a diferença de temperatura entre a saída e entrada d'água de refrigeração do motor.

O ideal seria transformar toda a energia química do combustível em energia térmica, mas existem perdas pelas próprias características dos materiais envolvidos, que necessitam trocar o calor gerado pela combustão e atritos internos. A variação da temperatura da entrada e saída d'água de refrigeração de um motor deve ser a menor possível, pois essa troca de calor, embora necessária, provoca perdas de energia. Portanto, essa variação de temperatura deve ser trabalhada com muito cuidado, caso contrário, o motor poderá apresentar superaquecimento ou ter uma boa parte dessa energia perdida pelo trocador de calor.

23. RENDIMENTO VOLUMÉTRICO

O rendimento volumétrico é a relação entre o peso de ar efetivamente introduzido no cilindro e o peso teórico máximo, nas condições atmosféricas (150 C e 760 atm). A grande maioria das modificações para aumentar a performance esta centrada no aumento de ar e combustível para dentro do motor. O rendimento volumétrico em relação aos outros rendimentos é o que oferece um maior campo de atuação.

Existem vários modos de se fazer com que o volume de ar seja maior:

- Aumento do diâmetro do coletor de admissão, assim como, polindo o seu interior
- Uso de coletor de escape dimensionado
- Trabalho e polimento dos dutos do cabeçote
- Corte da guia de válvula
- Aumento do diâmetro das válvulas
- Aumento das aberturas das válvulas (comando de válvulas)
- Aumento do número de válvulas
- Polimento das válvulas, assim como redução no diâmetro da haste das válvulas.

- Aumento da rotação do motor
- Mudança no carburador ou sistema de injeção eletrônica
- Uso de filtro de ar esportivo
- Uso de turbo compressor
- Uso de compressores volumétricos
- Uso de injeção de óxido nitroso

24. BIBLIOGRAFIA

CHVETZ, I.; KONDAK, M.; KIRAKOVSKI, N. et ali. *Térmica General - Termodinâmica Técnica*,

BOULANGER, P. e ADAM, B. *Motores Diesel*. Editora Hemus São Paulo. SP.

METAL LEVE S.A. *Manual Técnico*. Metal Leve S.A. São Paulo. SP. 5ª Edição.

SOUZA, Z. *Elementos de Máquinas Térmicas*. Editora Campus-EFEI. Rio de Janeiro. RJ. 1980

SENÇO, Dr. WLASTERMILER. *Pequena História dos Transportes*. Revista Pesquisa e Tecnológica Microsoft Encarta Encyclopedia 1996

Agência New Motor @ge de Notícias: por Guto Ostergrenn (www.newmotorage.com/Tecno/3-22.html)

Sites da Internet:

www.br-petrobras.com.br/br/prod/octa.html

www.petrobras.com.br/conpet/gasolina.html

www.mct.gov.br/gabin/cpmg/climate/programa/prt/alcohol4.htm

Mecânica Automóvel

www.mecanico.com.br

www.agentel.com.br

www.mecanicaonline.com.br

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotem no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Educação