

**TECNOLOGIA DOS MOTORES ALTERNATIVOS; OS SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE AR,  
DISTRIBUIÇÃO E REFRIGERAÇÃO**

**1996**

## ÍNDICE

1- Introdução .....	1
2- Constituição dos motores de combustão interna de quatro tempos .....	1
2.1- Cabeça motor .....	2
2.2- Bloco motor .....	2
2.3- O carter de óleo .....	4
2.4- O êmbolo - biela .....	4
2.5- A cambota .....	6
2.6- As condutas de admissão e escape .....	7
2.7- O volante motor .....	8
3- Constituição do sistema de alimentação de ar dos motores atmosféricos .....	8
3.1- Os filtros de ar .....	8
3.1.1- Pré-filtro .....	8
3.1.2- Filtros de ar em banho de óleo .....	9
3.1.3- Filtros de cartucho .....	10
3.2- O colector de admissão .....	12
3.3- A sobrealimentação dos motores de ciclo Diesel .....	13
3.3.1- Compressor volumétrico .....	14
3.3.2- Os turbocompressores .....	14
3.3.2.1- A regulação do débito de ar nos turbocompressores .....	17
3.3.2.2- A regulação do débito de combustível nos motores sobrealimentados .....	17
4- O sistema de distribuição nos motores alternativos a quatro tempos .....	18
4.1- Constituição do sistema de distribuição .....	19
4.1.1- Válvulas .....	19
4.1.2- Orgãos de comando das válvulas .....	20
4.2- Afinação da folga das válvulas .....	22
4.3- Avanços e atrasos na distribuição .....	23
5- O sistemas de refrigeração .....	24
5.1- Os vários tipos de sistemas de refrigeração .....	25
5.1.1- Sistemas de refrigeração indirecta por água .....	25
5.1.2- Sistema de refrigeração por ar .....	29
5.1.3- Refrigeração por óleo.....	30
Bibliografia .....	32

## 1- Introdução

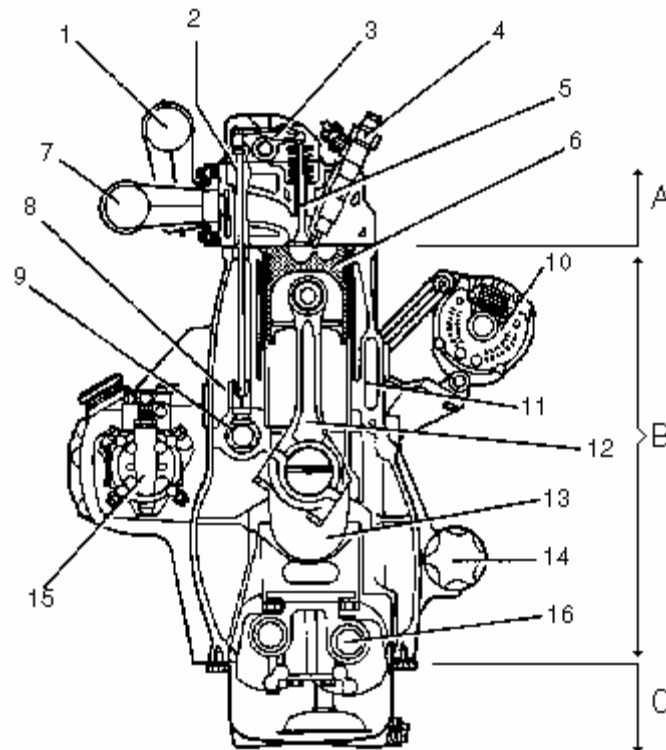
A quantidade de ar admitida por um motor de combustão interna dos tractores agrícolas depende fundamentalmente do regime, cilindrada e tipo de motor (atmosférico ou sobrealimentado), mas representa sempre um volume bastante grande pelo que é fundamental que se encontre livre de poeiras.

Para estudo dos sistemas directamente relacionados com o ar, nomeadamente a alimentação e distribuição, para os cilindros e refrigeração do motor, é necessário conhecer as bases tecnológicas em que assentam os motores de combustão interna

## 2- Constituição dos motores de combustão interna de quatro tempos

Os motores de combustão interna utilizados nos tractores agrícolas apresentam um número de cilindros que depende da potência do motor sendo, no entanto, os 2, 3 e 4 cilindros os valores mais correntes; a presença de 3 cilindros permite já um bom equilíbrio da distribuição de forças pelo que a tendência dos motores de média e alta potência é para apresentarem 3 e 4 cilindros.

Relativamente à disposição dos cilindros esta é geralmente em linha embora, para os motores de 6 e 8 cilindros, estes possam ser colocados em **V** o que permite uma redução no comprimento.



**Figura 1-** Representação de um corte transversal de um motor Diesel com o veio de excêntricos disposto lateralmente.

A- Cabeça motor B- Bloco motor C- Carter

1- Colector de admissão 2- Vareta 3- Balanceiro 4- Injetor 5- Válvula 6- Êmbolo 7- Colector de escape  
8- Taco 9- Árvore de cames 10- Alternador 11- Bloco do motor 12- Biela 13- Cambota 14- Filtro de óleo  
15- Bomba de injeção 16- Massas de equilíbrio da cambota

Fonte: CEMAGREF (1991)

Considerando as peças fundamentais de um motor tem-se:

- cabeça motor;
- bloco motor;
- carter;
- o êmbolo - biela;
- a cambota;
- as condutas de admissão e escape;
- o volante motor;

### **2.1- Cabeça motor**

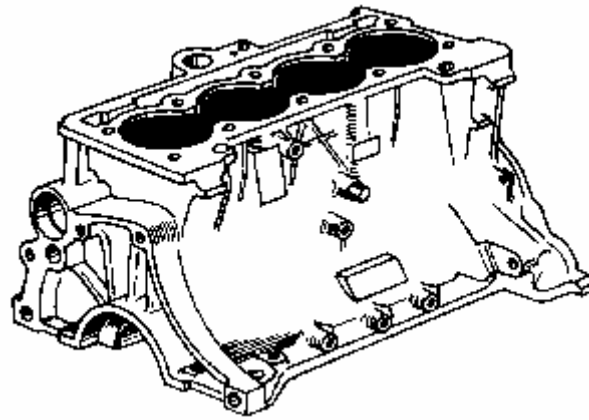
A cabeça do motor (culassa), que fecha os cilindros na sua parte superior, formando a parede fixa da câmara de combustão, é fabricada geralmente em ferro fundido ou em ligas mais leves. Nesta parte do motor, e para os motores com as válvulas dispostas à cabeça, encontram-se as condutas para entrada do ar ou fluído (ar + combustível) e saída dos gases de escape, sendo a sua abertura ou fecho obtida através de válvulas de admissão ou escape; a maioria dos motores apresenta esta solução pois torna possível colocar as válvulas opostas aos cilindros e ocupar pouco espaço da câmara de combustão quando se abrem, permitindo assim taxas de compressão mais elevadas e melhorar o rendimento do motor.

Para além das condutas anteriores, nos motores refrigerados a água, existem canais para circulação do líquido; nos motores refrigerados a ar a cabeça do motor é constituída por tantos módulos quanto o número de cilindros.

A cabeça motor encontra-se aparafusada no bloco motor, do qual está separado por uma junta para se evitar as fugas de compressão, sendo fechada, na parte superior, por uma tampa de aço estampado ou alumínio, para evitar a saída de óleo e a entrada de poeiras.; as juntas que separam a cabeça do bloco são feitas de duas folhas de cobre ou bronze com uma folha de amianto entre elas.

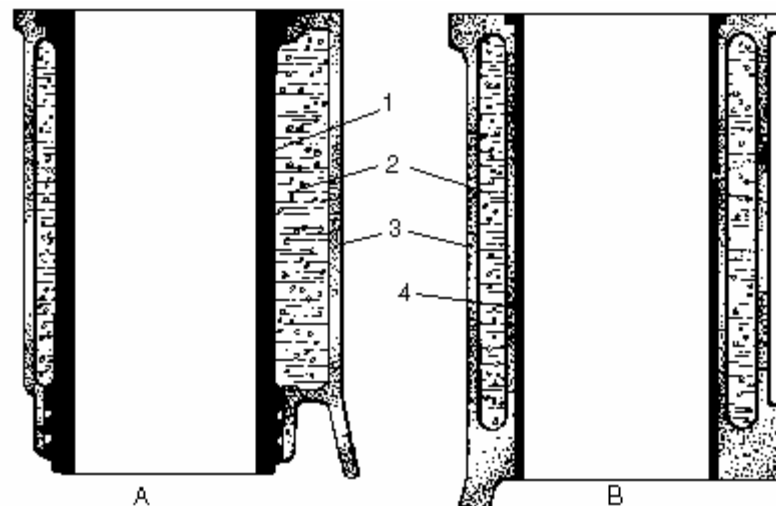
### **2.2- Bloco motor**

O bloco motor ou bloco de cilindros, é uma das peças fundamentais do motor pois é nela que se encontram os cilindros e se montam uma grande parte das restantes peças; é geralmente feito em ferro fundido pois, embora este material apresente um desgaste bastante grande, trabalha-se facilmente; a utilização de material mais duro torna muito caro o seu fabrico.



**Figura 2-** Esquema de um bloco motor  
 Fonte: Estevez (1976)

Para diminuir os encargos resultantes do desgaste acentuado provocado pelo atrito dos êmbolos nos cilindros alguns fabricantes utilizam nestes camisas secas (delgadas) ou húmidas, que são facilmente substituídas e têm um custo muito inferior ao que resultaria da rectificação dos cilindros do bloco.



**Figura 3-** Representação de uma camisa húmida (A) e uma camisa seca (B).  
 1- Camisa húmida 2- Câmara de água 3- Bloco motor 4- Camisa seca  
 Fonte: CNEEMA (1976)

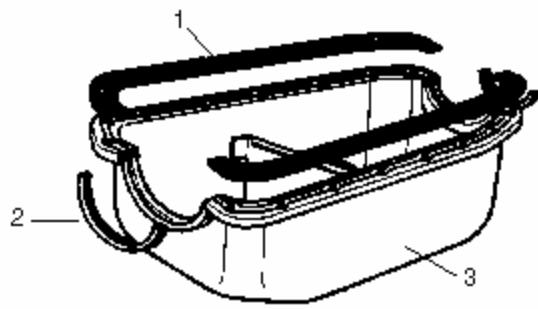
A vantagem de um motor não ter camisas prende-se com a facilidade e simplicidade de montagem do bloco motor, embora as rectificações tenham depois de ser feitas sobre este.

As camisas secas, que são a solução mais cara, devem ser colocadas por forma a manterem o contacto com o bloco, para assegurarem a transferência de calor do cilindro para o circuito de refrigeração.

As camisas húmidas, utilizadas nos motores de potência mais elevada, permitem a transferência directa de calor para a água; este tipo de refrigeração é bastante eficiente, tem, no entanto, como principais problemas, a dificuldade de se manter a estanqueidade por forma a evitar a passagem da água para o carter, e a degradação a que estão sujeitas devido à corrosão e cavitação.

### 2.3- O carter de óleo

O carter de óleo não é mais que um reservatório, feito em chapa de ferro, que para além de ser utilizado como recipiente do óleo motor protege a parte inferior deste; a utilização do ferro no fabrico do carter deve à necessidade de este resistir aos choques, que, considerando a sua colocação, são muito frequentes. A superfície do carter pode apresentar palhetas para facilitar o arrefecimento do motor.

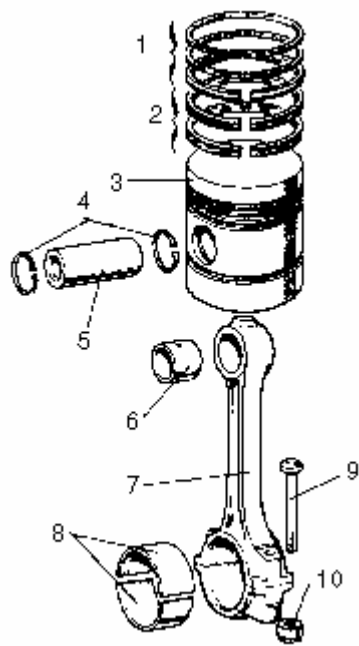


**Figura 4-** Esquema de um carter  
1- Junta 2- Casquilho 3- Carter  
Fonte: Estevez (1976)

### 2.4- O êmbolo - biela

Como foi referido no interior dos cilindros deslocam-se os êmbolos que através da biela transmitem o movimento à cambota; os êmbolos funcionam como se fossem uma bomba pois provocam a aspiração de um fluido ( ar ou ar + combustível) e a expulsão dos gases resultantes da combustão daquele. A transformação do movimento alternativo do êmbolo em movimento de rotação é assegurado pela biela e cambota.

Os êmbolos, que são constituídos em material leve, têm a parte superior, correspondente à câmara de combustão, fechada e a inferior, correspondente ao carter, oca, para permitir a ligação à biela; a parte superior é designada por cabeça, a média por corpo e a inferior por saia.



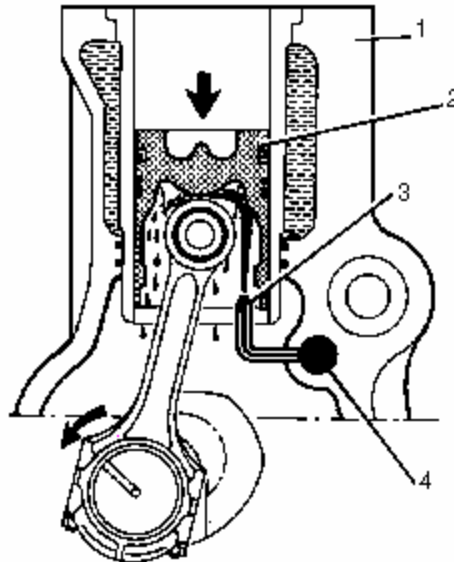
**Figura 5-** Representação de um êmbolo - biela  
1- Segmentos de compressão 2- Segmentos de lubrificação 3- Êmbolo 4- Freios de fixação do cavilhão 5- Cavilhão ou eixo do êmbolo 6- Casquilho do pé da biela 7- Biela 8- Meios casquilhos da cabeça da biela (bronzes) 9- Parafuso 10- Porca  
Fonte: Estevez (1976)

Como se pode observar na figura 5 o êmbolo é constituído por um corpo, que se encontra sujeito à pressão resultante do tempo motor, segmentos, que asseguram a estanqueidade com os cilindros, e o eixo que permite a ligação à biela; os segmentos encontram-se alojados numa ranhura circular.

Considerando o tipo de trabalho do êmbolo e o meio que o rodeia esta peça deve ser feita em material leve, para se diminuir a inércia dos órgãos em movimento, refrigerado para evitar que se funda ("gripe") e estanque para não se darem fugas para o carter.

A refrigeração do êmbolo é assegurada pelo contacto deste com a parede do cilindro e pela projecção de um jacto de óleo proveniente de um bico geralmente colocado na cabeça da biela ou no bloco motor. O óleo depositado na parede interna do cilindro é raspado por um ou dois **segmento(s) de lubrificação** (segmento raspador de óleo), montado na ranhura inferior do êmbolo, quando do

movimento do êmbolo para o PMI, para que não se formem resíduos carbonosos durante a combustão. Estes segmentos, com uma secção em U e vários orifícios, estão alojados na ranhura inferior do êmbolo, sendo esta também perfurada por forma a estabelecer-se comunicação com o interior do êmbolo; para aumentar a eficiência do segmento de lubrificação monta-se na mesma ranhura e dentro daquele aro um anel de aço menos flexível denominado **segmento de expansão**.

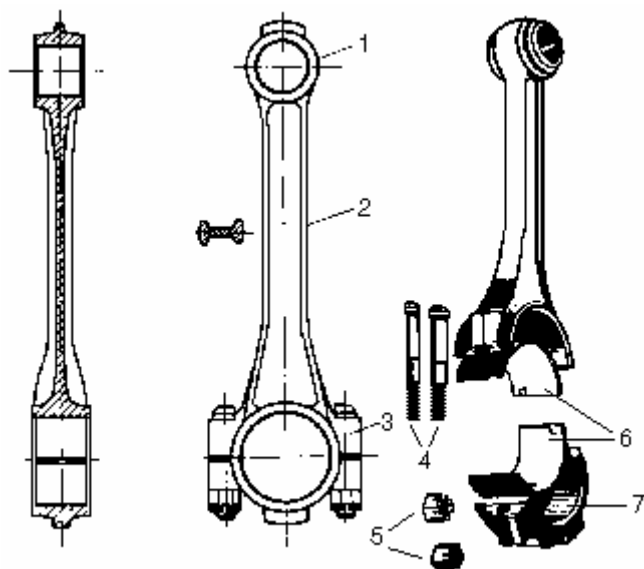


**Figura 6-** Representação de um sistema de refrigeração do êmbolo por injeção de óleo.  
 1- Bloco motor 2- Êmbolo 3- Injetor de óleo 4- Conduta de óleo.  
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Relativamente à estanqueidade do êmbolo esta é assegurada por vários **segmentos de compressão** pois, devido à dilatação que aquele sofre, tem de ter um diâmetro inferior ao do cilindro. Estes segmentos, em forma de anel interrompido, para permitir a sua montagem, têm uma secção rectangular e um diâmetro ligeiramente superior ao do êmbolo, e permitem também "guiar" este pois, devido ao sistema de biela-manivela, a pressão resultante da expansão do fluido faz com que este seja empurrado contra a parede do cilindro; para além da estanqueidade relativamente aos gases da combustão os segmentos devem evitar também que o óleo projectado contra a parede interna do cilindro entre em contacto com aqueles gases.

Em relação ao **eixo do êmbolo** (cavilhão) é uma peça tubular construída com grande precisão e com um elevado grau de acabamento e dureza; a forma tubular deve-se à necessidade de aumentar a sua dimensão sem aumentar a sua massa, para que a pressão sobre as superfícies de contacto seja a mais baixa possível e se melhore as condições de funcionamento. Como se pode observar na figura 5, a fixação do eixo para se evitar o seu deslocamento lateral é efectuada por freios elásticos que são introduzidos em ranhuras existentes no alojamento do eixo do êmbolo.

A biela, que é fabricada com material de alta resistência, apresenta três partes que se designam por **pé**, **corpo** (haste) e **cabeça**, sendo a ligação ao eixo do êmbolo assegurada pelo pé e a ligação à cambota pela cabeça; o corpo, que é a parte que faz a ligação do pé à cabeça tem uma secção transversal em forma de I ou H para dar-lhe maior ligeireza e resistência.

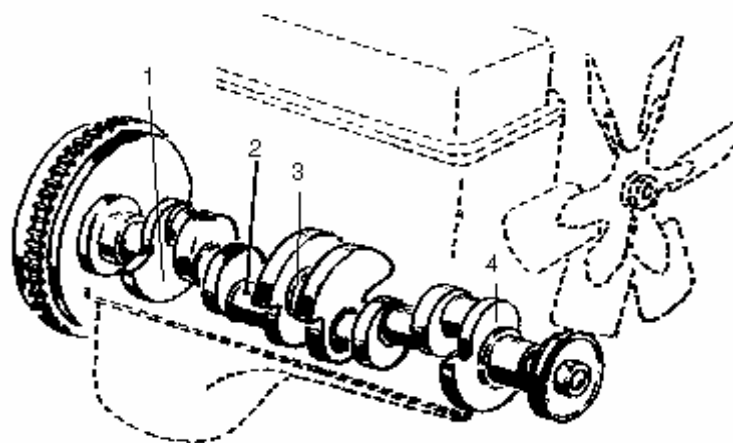


**Figura 7-** Esquema de uma biela  
 1- Pé 2- Corpo 3- Cabeça 4- Parafusos 5- Porcas 6- Casquilhos 7- Chapéu  
 Fonte: Estevez (1976)

O pé da biela apresenta **casquilhos** (capas de bronze) antifricção para diminuir o atrito com o eixo do êmbolo, sendo a cabeça constituída por duas partes, ligadas por parafusos, que têm casquilhos antifricção semelhantes aos utilizados nas chumaceiras de apoio da cambota; a parte da cabeça da biela que é desmontável para se poder montar na cambota, designa-se por chapéu.

### 2.5- A cambota

A cambota ou veio de manivelas é a peça do motor que, juntamente com a biela, permite converter o movimento alternativo dos êmbolos em movimento circular.



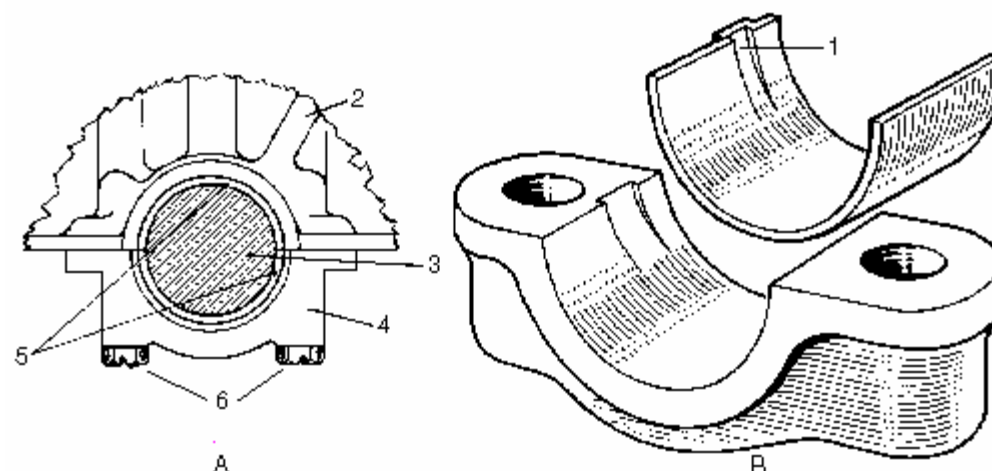
**Figura 8-** Representação de uma cambota de um motor de quatro cilindros.  
 1- Contrapeso 2- Munhão 3- Apoio 4- Braço.  
 Fonte: CNEEMA (1976)

As principais partes de uma cambota são as zonas de apoio, ou seja, as zonas pelas quais se apoia no carter e que servem portanto de eixo de rotação, os munhões, que são os pontos de ligação



das bielas, os braços, que ligam os munhões às zonas de apoio, e os contrapesos, que são o prolongamento dos braços, para o lado oposto dos munhões, que tem como objectivo equilibrar a massa dos braços e munhões relativamente ao eixo de rotação da cambota. A forma da cambota varia em função do tipo de motor, número e disposição dos cilindros e número de apoios no carter.

Relativamente aos apoios da cambota estes são constituídos por chumaceiras, muito resistentes, que estão montadas na parte inferior do bloco motor, no caso dos motores refrigerados por água, ou na parte superior do carter de óleo, nos motores refrigerados por ar.

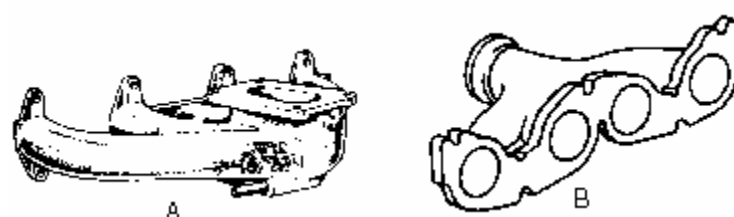


**Figura 9-** Esquema de uma chumaceira (A) e de um casquilho com a metade inferior da chumaceira (B).  
 1- Entalhe de fixação do casquilho 2- Parte superior da chumaceira 3- Cambota 4- Parte inferior da chumaceira 5- Casquilhos 6- Parafusos de fixação.  
 Fonte: CNEEMA (1976)

A presença de casquilhos nas chumaceiras permite uma grande economia pois evitam a substituição das chumaceiras; os casquilhos, que são facilmente substituídos, apresentam duas partes e têm a periferia constituída de material antifricção.

## 2.6- As condutas de admissão e escape

As condutas de admissão ou colector de admissão conduzem o ar ou ar + combustível até aos diferentes cilindros. As condutas de escape ou colector de escape permitem a saída dos gases resultantes da combustão conduzindo-os até ao silenciador para serem evacuados para o exterior; devido às temperaturas existentes no início deste colector as juntas que o separam da cabeça motor são fabricadas à base de fios de cobre, amianto e grafite.



**Figura 10-** Representação de um colector de admissão (A) e escape (B) de um motor de ciclo Otto  
 Fonte: Estevez (1976)

## **2.7- O volante motor**

O volante motor é uma peça fundamental para regularização do movimento de rotação, pois armazena a energia resultante dos tempos motor que é utilizada para rotação da cambota durante os outros tempos; sem volante o êmbolo deslocava-se para o seu PMI onde tenderia a parar.

Esta peça, que se encontra montada na parte posterior da cambota, apresenta dentes na sua periferia, onde se vem engrenar o pinhão de ataque do motor de arranque.

## **3- Constituição do sistema de alimentação de ar dos motores atmosféricos**

A utilização dos equipamentos agrícolas em determinadas situações, nomeadamente nas lavouras e colheita de cereais, aumenta significativamente a concentração de poeira no ar e consequentemente os riscos de deterioração do motor, pelo que é necessário redobrar os cuidados a ter com os sistemas de limpeza do ar; para além dos aspectos relacionados com os trabalhos agrícolas o tempo seco aumenta também a concentração de poeiras na atmosfera.

O sistema de alimentação de ar dos motores atmosféricos (aspiração natural) é constituído por:

- filtros de ar;
- colector de admissão

### **3.1- Os filtros de ar**

Os filtros de ar devem:

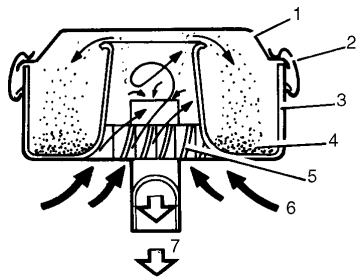
- ter um nível de filtração de 2 - 5  $\mu\text{m}$ , conforme a aplicação;
- ter uma duração e periodicidade de manutenção o mais elevada possível;
- apresentarem perdas de carga o mais baixas possível.

Assim, para assegurarem os objectivos mencionados os filtros devem estar sujeitos a cuidados de manutenção periódicos, definidos pelos construtores, procedendo-se, sempre que necessário, à substituição do elemento filtrante; a obstrução do filtro diminui as prestações do motor, aumentando o consumo de combustível e emissão de gases poluentes para a atmosfera.

Nos motores de ciclo Diesel os filtros de ar podem ser de cartucho (secos) ou em banho de óleo, sendo estes normalmente precedidos de um pré-filtro centrífugo.

#### **3.1.1- Pré-filtro**

Os pré-filtros permitem, por centrifugação, reter as poeiras de maior dimensão, que obstruiriam rapidamente os filtros principais; as poeiras depositam-se numa cuba, geralmente em vidro, donde são facilmente retiradas.



**Figura 11-** Representação de um pré-filtro centrífugo.  
 1- Tampa 2- Grampos 3- Taça 4- Poeiras 5- Palhetas 6- Entrada de ar 7- Saída do ar  
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Como se pode observar na figura 11 os pré-filtros têm palhetas em torno do tubo de aspiração, que conferem ao ar uma trajectória circular, que faz com que seja centrifugado, o que permite a deposição das partículas de maior dimensão; a eficácia do pré-filtro depende da velocidade do ar, ou seja, do débito aspirado.

Relativamente aos cuidados com os pré-filtros estes relacionam-se com a limpeza frequente do "copo" do pré-filtro (se existente) ou do "chapéu" exterior de entrada; os pré-filtros mais recentes encontram-se ligados por uma conduta ao colector de escape o que faz com que as poeiras sejam aspiradas e expulsas com os gases de escape. Não se deve igualmente soprar nos tubos do pré-filtro, sem os filtros principais estarem montados, pois as poeiras podem ir directamente para os cilindros.

### 3.1.2- Filtros de ar em banho de óleo

Os filtros de ar em banho de óleo, que são mais antigos que os de cartucho, utilizam-se principalmente nos tractores de média potência. Este tipo de filtros são tanto mais eficazes quanto maior for a velocidade do ar na conduta de aspiração, pelo que são mais utilizados em motores que funcionam a regimes  $\pm$  constantes; nos baixos regimes o rendimento é baixo podendo descer até aos 97% ao "ralenti", sendo o rendimento de  $\pm$  99% ao regime nominal (Deterre, 1984)

Os filtros de ar em banho de óleo apresentam um tubo de aspiração, precedido por um pré-filtro, que conduz o ar para uma taça com óleo onde as impurezas se precipitam. Depois de libertado das poeiras de maior dimensão no pré-filtro e na taça de óleo o ar é conduzido através de uma rede de filtração, colocada em torno do tubo de aspiração, que retém as partículas ainda existentes, e só depois chega ao colector de admissão.

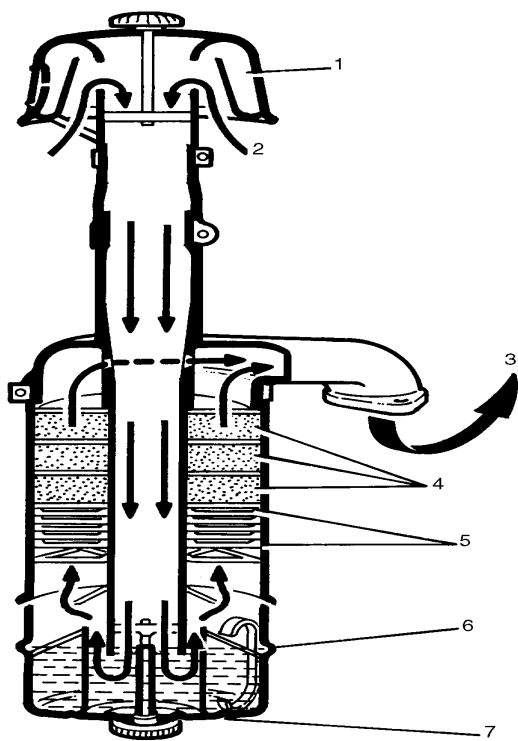
Considerando as principais vantagens destes filtros tem-se:

- fácil manutenção;
- duração praticamente ilimitada (baixo custo);
- provocarem baixas perdas de carga ( $\pm$  15 g/cm<sup>2</sup>).

Como inconvenientes tem-se:

- baixo nível de filtração;
- impossibilidade de serem utilizados em motores sobrealimentados, pois o óleo pode ser aspirado;
- ter que ser montado na vertical;

- o tractor não poder trabalhar em zonas inclinadas, pois o óleo pode ser aspirado e queimado sem controlo (nos motores de ciclo Diesel a regulação do regime não é feita ao nível da admissão do ar).



**Figura 12-** Corte esquemático de um filtro de ar em banho de óleo de um tractor.  
1- Pré-filtro 2- Entrada de ar 3- Saída do ar filtrado 4- Elementos filtrantes 5- Membranas filtrantes 6- Marca do nível de óleo 7- Tina de óleo  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Relativamente aos cuidados de manutenção deve-se proceder à limpeza da tina de óleo situada na base do filtro, colocando-se óleo novo até ao nível aí indicado, e à limpeza da rede metálica filtrante; estas operações não devem ser efectuadas imediatamente a seguir à utilização do tractor pois a rede metálica encontra-se impregnada com óleo.

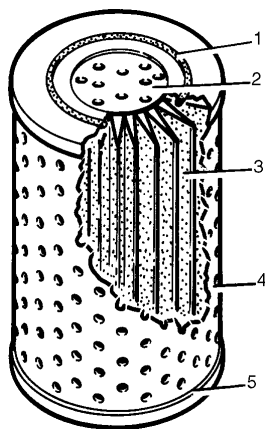
A periodicidade destas operações é indicada pelo construtor dependendo, no entanto, das condições de trabalho; numa atmosfera seca e poeirenta, não é demais limpar o filtro 2 a 3 vezes por dia; os intervalos entre as

manutenções dependem, para além dos aspectos exteriores ao filtro, da quantidade de óleo da sua tina. A substituição destes tipos filtros por outros de características dimensionais diferentes é perigosa pois um filtro maior faz com que a velocidade do ar seja mais baixa, diminuindo-se assim o nível de filtração, e um filtro mais pequeno faz com que o ar tenha uma velocidade mais alta o que poderá fazer com óleo seja admitido no motor.

Sendo a manutenção do estado de limpeza dos filtros fundamental para o bom funcionamento dos motores, tem-se vindo a generalizar a utilização de dispositivos indicadores de obstrução dos filtros, que, em caso de aumento da depressão resultante do entupimento do filtro, estabelecem um contacto eléctrico que acciona um indicador luminoso ou sonoro.

### 3.1.3- Filtros de cartucho

Os filtros de cartucho são o tipo de filtros mais utilizados nos motores de ciclo Diesel, pois são eficazes mesmo em atmosferas carregadas de poeiras e para qualquer regime do motor.



**Figura 13-** Esquema de um elemento de filtro de papel.

1- Junta 2- Armadura interior 3- Elemento de filtro de papel 4- Armadura exterior 5- Tampa

Fonte: CEMAGREF (1991)

Estes filtros são constituídos por uma caixa cilíndrica fabricada em chapa de aço e um elemento de filtro de papel constituído por duas armaduras metálicas perfuradas, no meio das quais se encontra o elemento filtrante propriamente dito, e nos topos por duas chapas circulares, tendo uma delas um orifício circular para deixar passar o ar.

O papel filtrante, que é constituído por um conjunto de fibras de celulose com 4 - 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro, é disposto em harmónio por forma a aumentar a área de contacto com o ar; a espessura do papel varia entre os 200  $\mu\text{m}$  e 1 mm, conforme se pretenda uma menor perda de carga ou maior resistência, sendo reforçado por impregnação em resina.

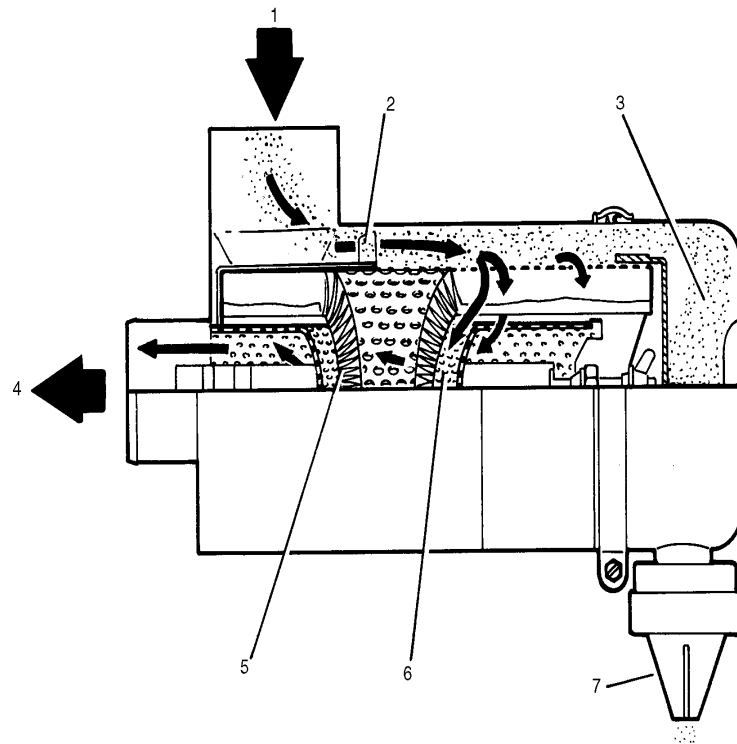
A filtração é assegurada pela densa malha formada pelas fibras do papel e pela electrificação deste, resultante do atrito das poeiras. Para um motor de 100 cv a área de papel filtrante é de  $\pm 3.5 \text{ m}^2$  (Deterre, 1984).

Quanto ao trajecto do ar no interior dos filtros a entrada faz-se pela periferia do elemento filtrante, saindo por um tubo central; este circuito é inverso aos dos filtros anteriores.

A principal vantagem deste tipo de filtros relativamente aos em banho de óleo é a sua eficácia que é superior a 99.5%, sendo de 99% para as partículas inferiores a 2  $\mu\text{m}$ ; a eficácia dos filtros de cartucho não depende do regime motor.

Relativamente aos cuidados de manutenção estes elementos devem ser limpos utilizando uma corrente de ar, de intensidade moderada e no sentido de dentro para fora, contrário ao sentido do deslocamento do ar aspirado, devendo-se proceder à sua substituição quando já não for possível limpá-lo convenientemente da forma descrita. A utilização de cartuchos não indicados pelo construtor pode conduzir a graves problemas pois podem apresentar um nível de filtração inferior ao necessário, ou então provocar perdas importantes de carga, o que origina uma má combustão, sobreconsumo e lavagem dos cilindros.

Os filtros de ar do tipo seco podem estar equipados com um pré-filtro, que tem o mesmo objectivo dos anteriormente apresentados.



**Figura 14-** Esquema de um filtro de ar do tipo seco com um pré-filtro  
 1- Entrada de ar 2- Palhetas periféricas 3- Cuba para retenção das poeiras maiores 4- Saída de ar  
 5- Elemento filtrante primário 6- Elemento filtrante secundário 7- Válvula para saída das poeiras  
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Como se pode observar na figura 14 este filtro apresenta uma entrada de ar radial e uma saída axial, e dois elementos de filtro de papel coaxiais; o elemento exterior designa-se por elemento primário, e retém as partículas de maior dimensão que não ficaram no pré-filtro, funcionando o elemento interior (secundário), como segurança em caso de perfuração do anterior; este retém as partículas ainda existentes no ar e não deve ser limpo mas substituído.

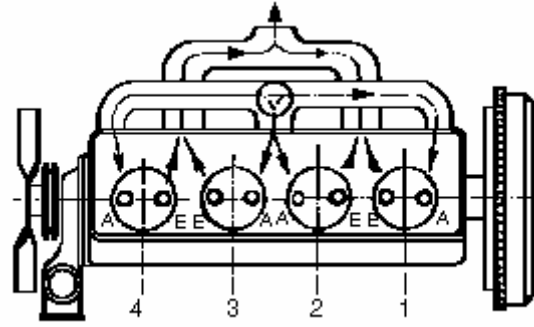
A pré-filtração nestes filtros obtém-se devido à presença de palhetas periféricas, colocadas à entrada do ar, em volta do cartucho primário, que fazem com que o ar siga uma trajetória turbilhonar, depositando-se as partículas de maior dimensão numa taça de retenção, colocada na extremidade oposta do filtro; a quantidade de poeira retida desta forma representa cerca de 90% da poeira total (Deterre, 1984). Para demonstrar a eficácia das palhetas um fabricante comparou dois filtros semelhantes um com palhetas e outro sem, tendo o primeiro ficado obstruído com 5.42 kg de poeira e o outro com apenas 1.42 kg.

As impurezas depositadas na taça podem ser removidas manualmente ou automaticamente graças a uma válvula em borracha que, devido às pulsações resultantes da aspiração do motor, abre e fecha.

### 3.2- O colector de admissão

As entrada de ar para o interior dos motores com vários cilindros agrupam-se numa única conduta, que se designa por colector de admissão, na extremidade do qual se encontra o filtro de ar;

esta disposição permite que apenas um filtro seja suficiente para alimentação de todos os cilindros; o desenho do colector de admissão deve conferir ao ar, à entrada dos cilindros, um movimento turbilhonar.



**Figura 15-** Esquema dos colectores de admissão e escape de um motor de quatro cilindros  
A- Válvulas de admissão E- Válvulas de escape 1,2,3,4- Número dos cilindros  
Fonte: CNEEMA (1976).

Como se pode observar na figura 15 a distribuição das válvulas de admissão (A) e as de escape (E) é feita por forma a alternar as condutas de admissão com as de escape, obtendo-se assim o aquecimento do ar de admissão, antes da sua introdução no cilindro, o que facilita a combustão do gasóleo, pois aquele atinge uma temperatura mais alta no fim da compressão.

Relativamente aos sistemas multiválvulas são utilizados especialmente nos motores de ciclo Otto para se aumentar o regime, melhorando-se a "respiração" do motor, aumentando-se assim a potência. Nos motores diesel não há interesse em melhorar o sistema de admissão e escape pois os regimes são mais baixos; nestes casos a utilização dos sistemas multiválvulas tem como objectivo a melhoria da queima do combustível o que torna os motores mais limpos.

### 3.3- A sobrealimentação dos motores de ciclo Diesel

A utilização de sistemas de sobrealimentação nos motores de combustão interna deve-se ao facto da taxa de enchimento dos cilindros, provocada pela depressão criada pelo movimento do êmbolo para o seu ponto morto inferior, não representar mais que 80-90% da cilindrada unitária. Nos motores atmosféricos a abertura e fecho das válvulas de admissão conduzem à formação de ondas de pressão que provocam um ligeiro acréscimo desta no colector de admissão o que dificulta a entrada de ar para os cilindros.

Assim, e considerando que a relação ar - combustível é fixa, o aumento do volume injectado em cada ciclo operativo, necessário ao aumento da potência, implica um acréscimo proporcional da quantidade de ar admitido (sobrealimentação), o que significa que a taxa de enchimento terá de ser próxima, ou mesmo superior, à unidade; a sobrealimentação consiste em comprimir o ar nos cilindros com a ajuda de um compressor volumétrico ou de um turbocompressor accionado pelos gases de escape.

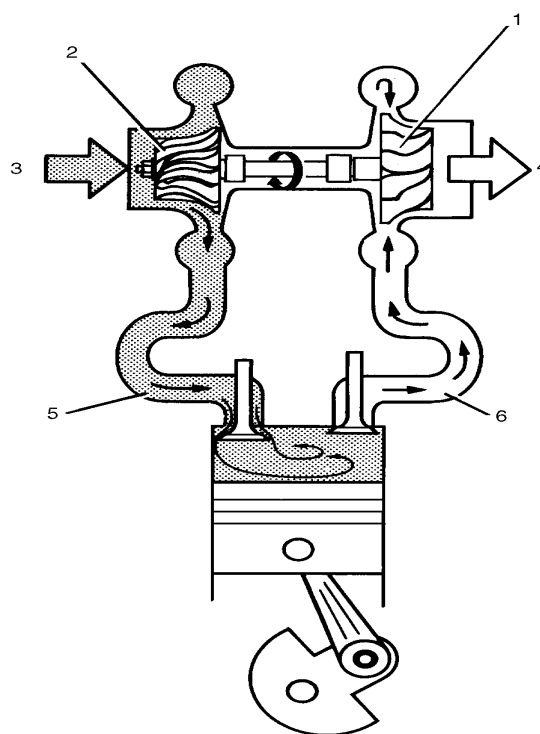
A sobrealimentação é especialmente importante nos motores Diesel pois aumentando a pressão e temperatura no interior dos cilindros diminui-se o risco da detonação; a aplicação nos motores a gasolina aumenta este risco.

### 3.3.1- Compressor volumétrico

Os compressores volumétricos, accionados mecanicamente pelos motores, são cada vez menos utilizados nos motores pois o seu rendimento é bastante baixo.

### 3.3.2- Os turbocompressores

O turbocompressor é, como o nome indica, um compressor de turbinas (duas turbinas), em que uma, designada por turbina de escape, é accionada pelos gases de escape, funcionando assim como elemento motor, e a outra, designada por turbina de admissão, funciona como uma bomba, ou seja, provoca a aspiração do ar que é depois conduzindo, sob pressão, através do colector de admissão para os cilindros.

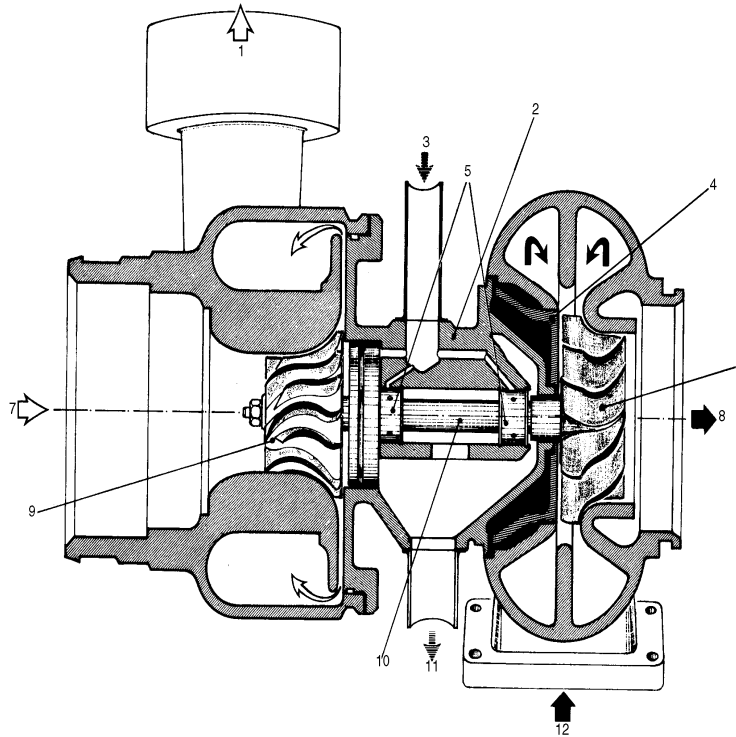


**Figura 16-** Princípio de funcionamento de um turbocompressor  
1- Turbina de escape 2- Turbina de admissão 3- Entrada de ar 4- Gases de escape 5- Conduta de admissão 6- Conduta de escape  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Como se pode observar na figura 17 o turbocompressor é constituído por:

- conduta e turbina de escape;
- conduta e turbina de admissão;
- corpo do compressor.





**Figura 17-** Constituição de um turbocompressor

1- Saída do ar sob pressão para os cilindros 2- Carter 3- Óleo sob pressão 4- Deflector térmico  
 5- Chumaceiras 6- Turbina principal 7- Entrada de ar 8- Saída dos gases de escape 9- Turbina secundária 10- Veio de ligação das duas turbinas 11- Retorno de óleo para o carter motor  
 12- Entrada dos gases de escape.

Fonte: CNEEMA (1976)

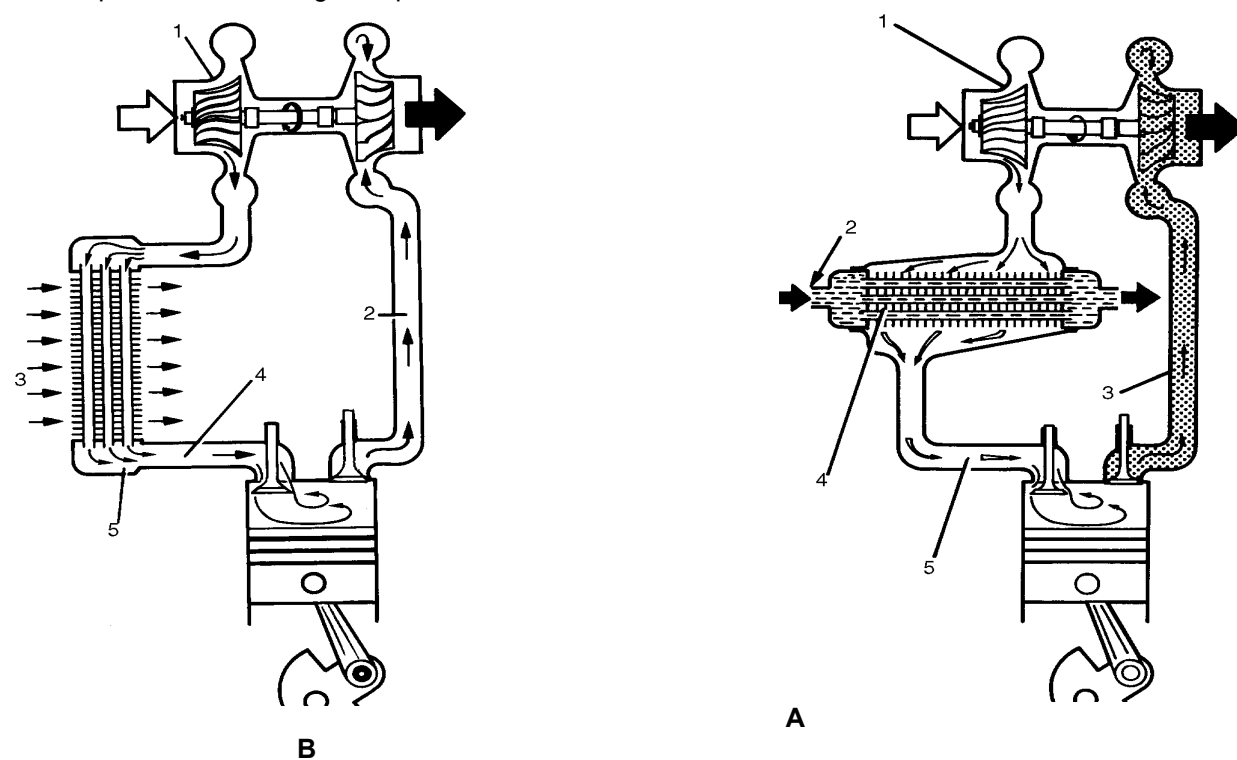
Relativamente à conduta de escape, esta encontra-se ligada por um lado ao colector de escape e pelo outro ao corpo do compressor; a entrada dos gases de escape faz-se tangencialmente à turbina tendo a saída daqueles uma direcção axial relativamente a esta (movimento centrípeto). Em alguns motores o colector de escape encontra-se dividido em duas partes o que permite que os gases dos cilindros anteriores e posteriores se faça por condutas separadas, evitando-se assim o choque de correntes de ar, o que permite uma alimentação mais regular da turbina.

As turbinas de escape, constituídas por várias palhetas, cujo perfil permite otimizar o rendimento daquelas, estão sujeitas a temperaturas muito elevadas (700-900 °C), pelo que são fabricadas em aço especial refractário ou em cerâmica, e separadas do corpo central por um ecrã térmico, fabricado em aço inoxidável.

A turbina de admissão, que se encontra solidária com a de escape, apresenta também palhetas, mas é fabricada em material leve; o movimento do ar é contrário ao apresentado para a turbina de escape, pois a entrada faz-se axialmente e a saída tangencialmente (movimento centrífugo). Estando as duas turbinas ligadas por um veio a quantidade de ar aspirada depende do regime da turbina de escape, que é muito elevado, podendo mesmo ultrapassar as 100.000 rpm, o que poderá aumentar a potência do motor para o dobro. A conduta de admissão tem uma entrada de ar axial sendo depois este dirigido tangencialmente para o colector de admissão; esta conduta é fabricada em material leve e está fixa pela outra extremidade ao corpo do compressor.

O corpo do compressor, para além de servir de suporte às condutas, apresenta chumaceiras para suporte do veio que liga as duas turbinas e um circuito de óleo para lubrificação e refrigeração do turbocompressor. As chumaceiras têm casquilhos em bronze ou em ligas ligeiras, que, juntamente com o eixos das turbinas, tem movimento de rotação, por forma a obterem-se regimes muito elevados. Devido a estes regimes de funcionamento a lubrificação entre as chumaceiras e casquilhos e entre estes e o veio das turbinas, faz-se em condições muito difíceis, pelo que a pressão de óleo deve ser suficiente para manter em permanência uma camada líquida entre as peças; nunca se deve baixar bruscamente o regime motor nos tractores sobrealimentados pois o turbocompressor devido à sua elevada velocidade ainda se mantém em rotação durante um determinado período, em que a diminuição da pressão resultante do abaixamento do regime pode não ser suficiente para assegurar uma lubrificação eficaz.

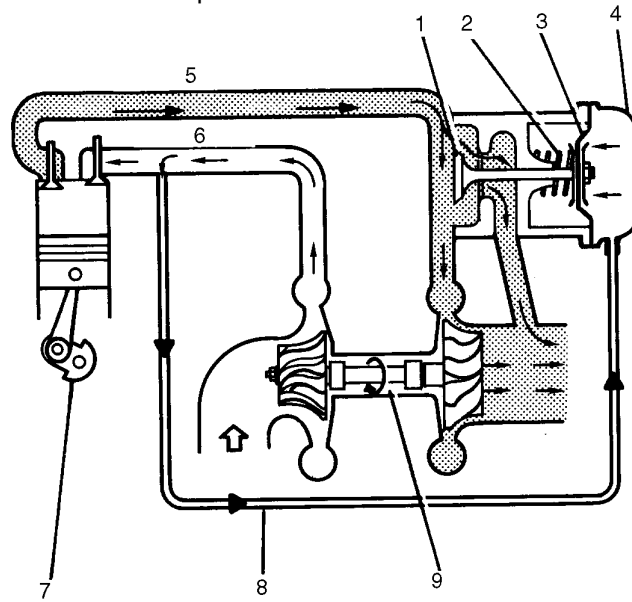
Considerando o aumento de temperatura resultante do funcionamento dos turbocompressores, o ar aspirado pode atingir valores de 100-150 °C, o que faz com que a sua densidade (massa) diminua, diminuindo também o seu rendimento. Assim, e como forma de minimizar os efeitos resultantes do aumento de temperatura a sobrealimentação de ar pode ser efectuada utilizando um turbocompressor associado a um permutador de ar - ar ou ar - água; esta associação, que permite baixar a temperatura de 150 para 70 °C, é designada por "intercooler".



**Figura 18-** Representação de um permutador ar-ar (A) e ar-água (B)  
A: 1- Turbocompressor 2- Gases de escape 3- Passagem de ar 4- Admissão de ar 5- Radiador  
B: 1- Turbocompressor 2- Entrada de água do circuito de refrigeração 3- Gases de escape  
4- Permutador ar-água 5- Admissão  
Fonte: CEMAGREF (1991)

### 3.3.2.1- A regulação do débito de ar nos turbocompressores

A regulação dos turbocompressores é feita por uma válvula comandada por um diafragma que se encontra à entrada da conduta de escape.

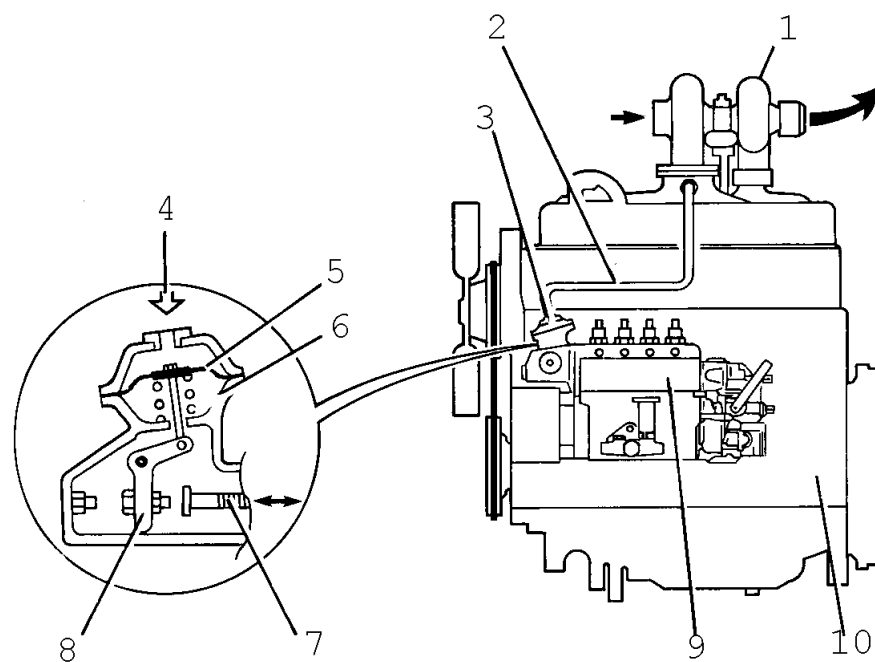


**Figura 19-** Sistema representando a regulação da pressão de sobrealimentação  
1- Válvula 2- Mola 3- Diafragma 4- Regulador 5- Gases de escape 6- Admissão 7- Motor  
8- Conduta de comando 9- Turbocompressor  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Nestes sistemas, quando o motor está parado, a válvula encontra-se fechada por uma mola, sendo a sua abertura regulada em função da pressão de admissão do motor, que, actuando num diafragma, provoca a abertura daquela; quando a válvula se abre parte dos gases de escape não passam pela turbina pelo que o seu regime diminui.

### 3.3.2.2- A regulação do débito de combustível nos motores sobrealimentados

O aumento do volume de ar introduzido nos cilindros implica uma adaptação, por parte da bomba injectora, da quantidade de combustível injectado, pelo que estas devem estar equipadas com um regulador de débito. Este regulador, designado por LDA, é um dispositivo accionado pela pressão de sobrealimentação do turbo, que regula constantemente a posição da haste da cremalheira da bomba de injeção por forma a ter-se um volume de combustível adequado; esta regulação é especialmente importante nos baixos regimes onde se obtém uma redução importante dos fumos de escape.



**Figura 20-** Representação de um sistema de correcção de débito de combustível num motor sobrealimentado.

1- Turbocompressor 2- Conduto de comando 3- Regulador de débito 4- Pressão de sobre-alimentação 5- Membrana 6- Mola 7- Cremalheira de dosagem 8- Batente móvel 9- Bomba de injeção em linha 10- Motor

Fonte: CEMAGREF (1991)

O regulador apresentado na figura 20 é constituído basicamente por uma mola e uma membrana deformável ligada a um batente; a membrana, na sua parte inferior, é sujeita à tensão da mola e, na face superior, à pressão de sobrealimentação, resultante da ligação do regulador ao colector de admissão do motor. Quando a pressão de sobrealimentação é pequena a mola encontra-se distendida e o batente afastado da cremalheira de dosagem, pelo que o débito máximo corresponde à de um motor atmosférico; à medida que a pressão de sobrealimentação, resultante da variação do regime e carga do motor, aumenta, a membrana faz rodar o batente que desloca a cremalheira, ajustando assim o débito de combustível à quantidade de ar admitida.

#### **4- O sistema de distribuição nos motores alternativos a quatro tempos**

O funcionamento dos motores de combustão interna baseia-se na pressão resultante da combustão de um fluído no interior de um cilindro que, durante esta fase, deve ser estanque, devendo, no entanto, estar em contacto com o exterior quando da admissão do fluído e da saída dos gases resultantes da combustão.

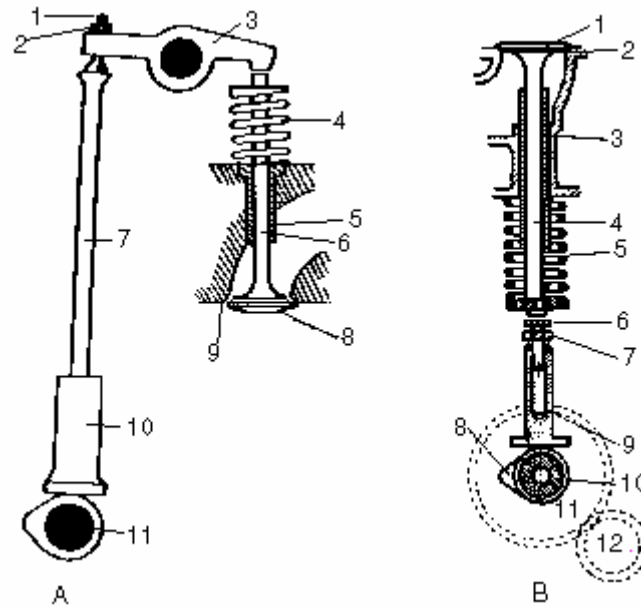
Assim, para que seja possível darem-se todas as fases do ciclo operativo, é fundamental que exista um conjunto de dispositivos que regulem a entrada e saída dos gases nos cilindros, que, nos motores de quatro tempos, constituem o sistema de distribuição.

#### 4.1- Constituição do sistema de distribuição

O sistema de distribuição é constituído fundamentalmente por válvulas e órgãos de comando das válvulas.

##### 4.1.1- Válvulas

As válvulas, que são os elementos que ao abrir e fechar permitem ou não a ligação dos cilindros com o meio exterior, estão colocadas no seguimento dos cilindros, **válvulas à cabeça** (a abertura das entradas estão situadas na câmara de combustão), ou ao lado daqueles, **válvulas laterais**.



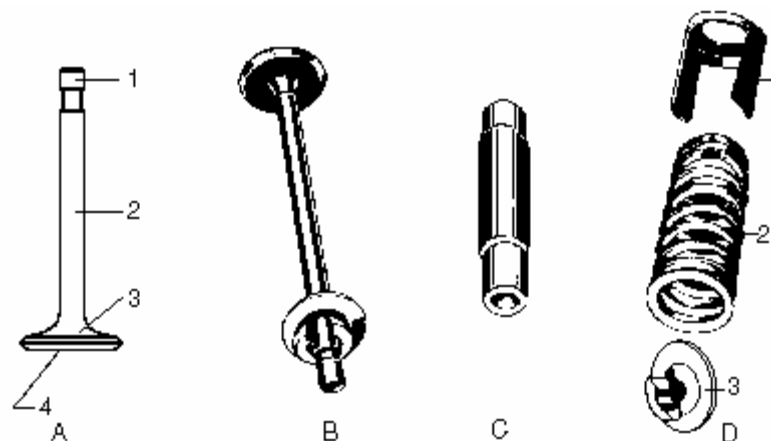
**Figura 21-** Sistemas de distribuição com válvulas à cabeça (A) e laterais (B).

A: 1- Parafuso de afinação da folga 2- Porca de fixação do parafuso de afinação 3- Balanceiro (martelo)  
4- Mola da válvula 5- Guia da válvula 6- Válvula 7- Vareta 8- Cabeça da válvula  
9- Sede da válvula 10- Taco 11- Cames

B: 1- Cabeça da válvula 2- Sede da válvula 3- Guia da válvula 4- Haste da válvula 5- Mola da válvula  
6- Porca de afinação da folga 7- Contra-porca para fixação da porca de afinação 8- Cames 9- Taco  
10- Árvore de cames 11- Roda dentada 12- Carreto

Fonte: Estevez (1976)

Relativamente à sua constituição estas têm uma cabeça, uma haste e um pé. A cabeça tem a forma de cogumelo achatado com o bordo chanfrado, em bisel, que assenta sobre a sede da válvula. A haste, que é alongada e tem movimento alternativo no interior da guia da válvula, apresenta um acabamento e folgas muito precisas, para ajudar o arrefecimento e evitar a passagem de óleo para os cilindros; as guias, juntamente com o óleo projectado pelos balanceiros, asseguram o arrefecimento das válvulas. As folgas entre as hastes das válvulas e as guias estão geralmente compreendidas entre 0.025 - 0.075 mm, para as de admissão, e 0.050 - 0.10 para as de escape. O pé, que é a parte terminal da válvula, oposta à cabeça, e que é endurecido por tratamento térmico ou apresenta um troço de metal duro, tem um entalhe que serve para fixar as molas que mantêm a válvula na posição fechada.



**Figura 22-** Representação de uma válvula e diferentes peças de fixação

A: 1- Pé 2- Haste 3- Cabeça 4- Chanfro

B: Válvula com prato

C: Guia da válvula

D: 1- Guia da mola 2- Mola 3- Anilha cônica

Fonte: Estevez (1976)

As válvulas de admissão, que estão sujeitas a temperaturas inferiores às de escape, são geralmente feitas em aço ou níquel, enquanto estas últimas são geralmente feitas de aço ou tungstênio; a cabeça das válvulas de admissão têm um diâmetro superior, pois a entrada de ar para o interior dos cilindros, no caso dos motores atmosféricos, resulta apenas da depressão criada pela deslocação do êmbolo para o seu ponto morto inferior (PMI). A utilização de mais que um par de válvulas por cilindro é frequente nos motores dos automóveis por forma a facilitar o fluxo dos fluidos, sobretudo a altas rotações.

Como se pode observar na figura 22 (A), a cabeça da válvula apresenta em toda a sua periferia um pequeno chanfro que permite, quando na posição de fechada (assente na sua sede), que a estanqueidade seja "absoluta"; caso isto não se verifique a compressão no interior do cilindro baixa, diminuindo o rendimento motor, e a válvula e a sua sede danificam-se rapidamente devido à acção térmica e corrosiva dos gases.

A sede das válvulas, que não é mais que uma banda circular, feita de uma liga especial, onde se apoia a cabeça daquelas, tem uma área muito pequena, para que a pressão seja suficientemente elevada para esmagar os resíduos carbonosos que aí se venham a depositar; nos motores com válvulas à cabeça as sedes encontram-se na cabeça do motor e no caso nas válvulas laterais no bloco motor.

#### 4.1.2- Orgãos de comando das válvulas

Os principais órgãos de comando das válvulas laterais são a árvore de cames (veio de ressaltos ou de excêntricos), os tacos (impelidores), as válvulas e as molas das válvulas; esta disposição lateral das válvulas utiliza-se nos motores de ciclo Otto de pequena - média potência, sendo a árvore de cames colocada no bloco motor, imediatamente por baixo das válvulas que estão viradas para baixo, sendo o

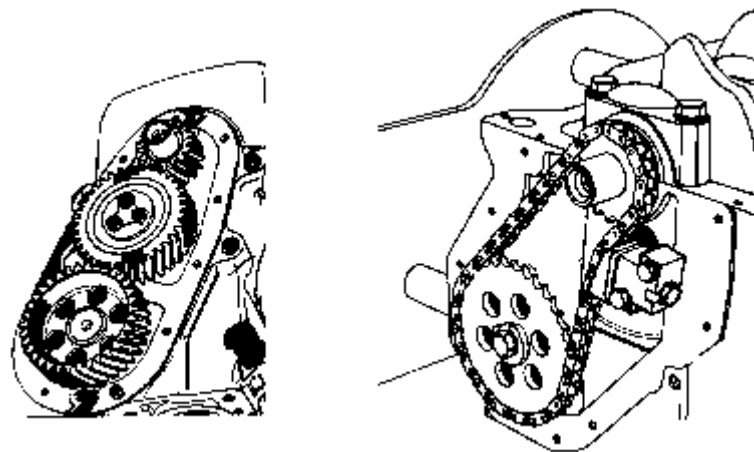
seu accionamento directo (não há balanceiros). Esta solução tem sido progressivamente abandonada pois interfere com o desenho a dar à câmara de combustão.

Nos motores com válvulas à cabeça a árvore de cames, que recebe o movimento da cambota (veio de manivelas) por meio de engrenagens ou correntes de elos, actua directa ou indirectamente nos balanceiros, que rodam em torno do seu eixo, abrindo as válvulas; quando a actuação é indirecta o came da árvores empurra o taco e este a vareta que pressiona uma das extremidades do balanceiro.

A disposição das válvulas à cabeça permite colocar a árvore de cames ao lado do bloco motor, o que facilita o seu accionamento pela cambota e melhora a sua lubrificação, ou junto aos balanceiros, sendo neste caso mais complicado o seu accionamento e lubrificação; o accionamento das válvulas laterais é mais directo e preciso que a primeira situação anterior, permitindo reduzir a inércia das peças em movimento. Determinados motores apresentam a árvore de cames à cabeça actuando os ressaltos directamente nos balanceiros ou pé das válvulas.

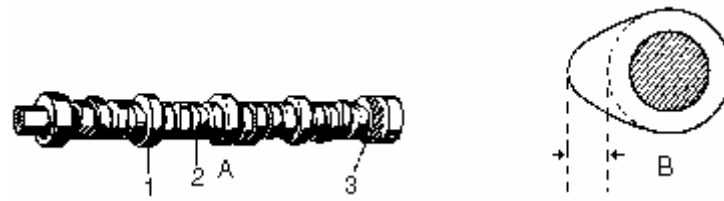
Para além destes tipos de sistemas de distribuição existem outras soluções, nomeadamente os que utilizam duas árvores de cames à cabeça, uma para as válvulas de admissão e outra para as de escape; os sistemas mais complexos utilizam-se nos veículos de competição e desportivos.

Relativamente ao accionamento do sistema de distribuição a árvore de cames recebe movimento da cambota, que é transmitido por rodas dentadas montadas nas extremidades anteriores daqueles veios ou através de uma corrente; caso os carretos se encontrem bastante afastados monta-se um carreto intermédio. Considerando que o ciclo operativo de um motor de quatro tempos se efectua em duas voltas da cambota a velocidade de rotação da árvore de cames é metade da cambota.



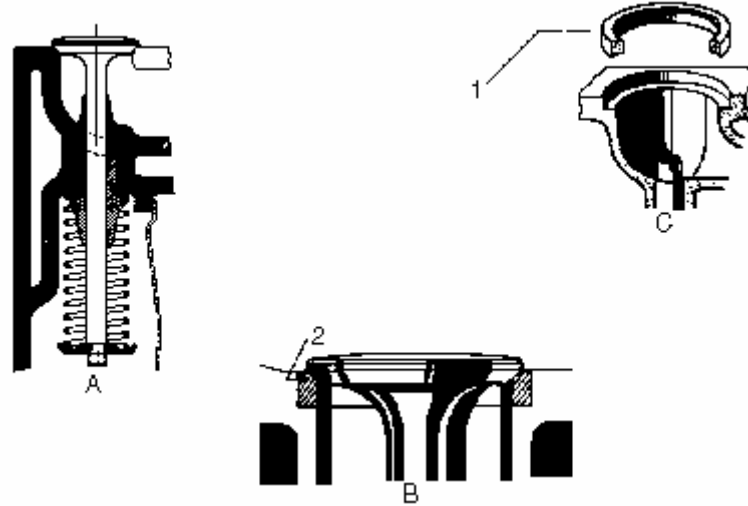
**Figura 23-** Transmissão de movimento da cambota para a árvore de cames através de um carreto intermédio ou por corrente.  
Fonte: Estevez (1976)

Quando o motor está em funcionamento a cada posição da cambota corresponde apenas uma posição da árvore de cames pelo que os carretos de transmissão destes veios apresentam marcas para se proceder à sua montagem correcta.



**Figura 24-** Representação de uma árvore de cames  
 A- Vista geral de uma árvore de cames B- Corte transversal de uma árvore de cames  
 1- Apoio 2- Ressalto 3- Carreto para accionamento do distribuidor e a bomba de óleo.  
 Fonte: Estevez (1976)

Como se pode observar na figura 24 a árvore de cames apresenta tantos pares de ressaltos quantos o número de cilindros; estes ressaltos permitem a transformação do movimento rotativo em alternativo necessário à abertura das válvulas



**Figura 25-** Representação de um esquema relativo à montagem de uma válvula (A), pormenor da sede da válvula (B) e do anel de assentamento da válvula (C).  
 Fonte: Estevez (1976)

Relativamente à disposição das válvulas e molas estas são montadas como se mostra na figura 25 A, ou seja, a distensão da mola, que se encontra comprimida entre o prato de retenção da mola, fixo por duas cunhas cónicas, e a guia da válvula, comprime a cabeça desta contra a sede de assentamento.

#### 4.2- Afinação da folga das válvulas

Considerando que as válvulas estão sujeitas a importantes variações de temperatura, especialmente as de escape, é fundamental que exista uma folga entre o pé da válvula e o elemento que o pressiona, pois, caso contrário, quando da sua dilatação poderiam não se fechar completamente. A folga excessiva implica também um mau funcionamento do motor pois conduz a um atraso na abertura e a uma antecipação no fecho.

As folgas entre os pés das válvulas e os balanceiros (tacos) dos motores são fixadas pelos construtores, pois de acordo com a construção o efeito da dilatação é variável; a folga é maior nas



válvulas de escape do que nas de admissão. Salvo indicações em contrário, as folgas preconizadas referem-se ao motor a frio (parado pelo menos 6 a 10 horas) e são da ordem de 0,20 a 0,30 mm para as de escape e 0,10 a 0,20 mm para as de admissão.

Antes de proceder à verificação das folgas, utilizando um jogo "apalpa folgas", e depois de ter retirado a tampa das válvulas é preciso referenciá-las de modo a distinguir as de admissão das de escape. É necessário também conhecer a ordem de inflamação, dado que a afinação deve ser feita, em cada cilindro, com a árvore de manivelas (cambota) colocada de tal modo que o êmbolo respectivo se encontre no ponto morto superior, no fim da compressão. Neste momento, a que corresponde a inflamação, as válvulas desse cilindro estão bem fechadas e prontas a serem verificadas. A identificação da ordem de inflamação deve ser feita observando a sequência dos contrabalanços das válvulas de cada cilindro; o contrabalanço, ou seja o movimento simultâneo das duas válvulas de um cilindro, obtém-se devido ao avanço da abertura da válvula de admissão e atraso no fecho da válvula de escape.



**Figura 26-** Afinação das válvulas de um motor com válvulas à cabeça  
Fonte: CNEEMA (1976)

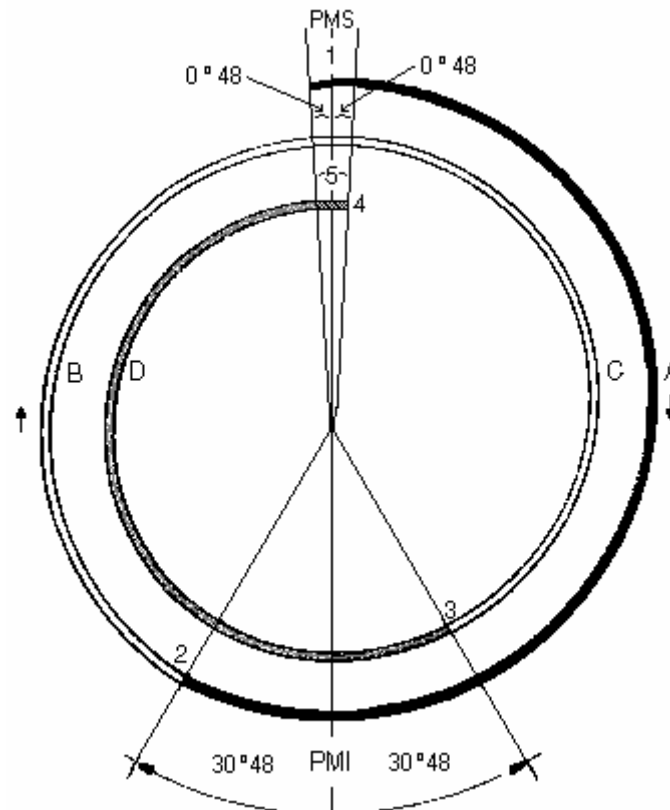
#### 4.3- Avanços e atrasos na distribuição

Contrariamente ao referido nos ciclos teóricos, a abertura e fecho das válvulas, e o momento em que se dá a ignição ou injeção, não é efectuada nos pontos mortos, mas ligeiramente desfasados destes por forma a contrariar os fenómenos de inércia adaptando os ciclos operativos aos motores rápidos.

Assim, a abertura das válvulas de admissão efectua-se antes do êmbolo atingir o seu ponto superior, designando-se este avanço como **avanço à abertura da válvula de admissão**, o mesmo sucedendo com a válvula de escape, em que há um **avanço à abertura da válvula de escape**. Relativamente ao fecho destas válvulas ele dá-se com um ligeiro atraso, o que permite um maior enchimento do cilindro pelo aumento do tempo de admissão, e uma mais completa saída dos gases de escape; estes atrasos designam-se respectivamente por **atraso ao fecho da válvula de admissão** e **atraso ao fecho da válvula de escape**.

Considerando a abertura e fecho das válvulas o rendimento volumétrico será tanto maior quanto maior for o intervalo de tempo entre aquelas duas operações; os dados referentes à abertura e fecho

das válvulas são representados num diagrama circular de distribuição, sendo os seus valores indicados pelo construtor em graus de rotação da cambota, geralmente medidos no volante motor.



**Figura 27-** Representação de um diagrama circular de distribuição

A- admissão B- Compressão C- Expansão D- Escape

1- Avanço à abertura da válvula de admissão 2- Atraso no fecho da válvula de admissão

3- Avanço à abertura da válvula de escape 4- Atraso no fecho da válvula de escape 5- Ângulo em que as duas válvulas se encontram abertas.

Fonte: CNEEMA (1976)

Como se pode verificar no diagrama há um curto espaço de tempo em que as duas válvulas se encontram abertas, uma no fim do tempo de escape e a outra no princípio da admissão; este movimento simultâneo das duas válvulas designa-se por contrabalanço.

## 5- O sistema de refrigeração

A presença de um sistema de refrigeração é fundamental nos motores de combustão interna pois a queima do combustível nos cilindros liberta grande quantidade de calor o que conduziria à deformação e "gripagem" dos órgãos do motor; o rendimento máximo dos motores de ciclo Diesel é de  $\pm 35\%$  o que significa que  $\pm 65\%$  da energia é dissipada nos gases de escape e pelo sistema de refrigeração.

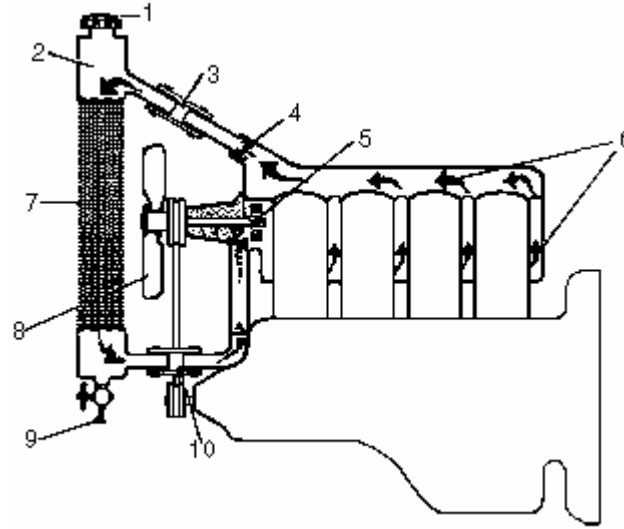
### 5.1 - Os vários tipos de sistemas de refrigeração

Relativamente aos diferentes tipos de sistemas de refrigeração estes são divididos conforme o fluido transportador de calor em:

- por água;
- por ar;
- por óleo.

### 5.1.1- Sistemas de refrigeração indirecta por água

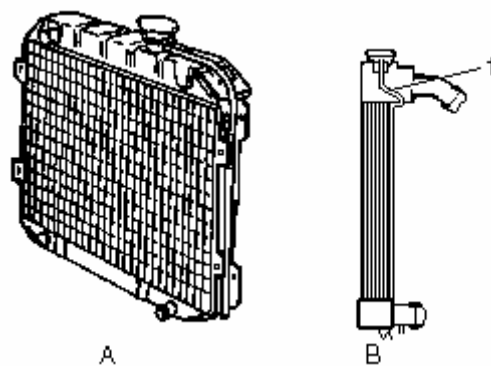
Nos motores refrigerados por água o bloco motor e a cabeça do motor apresentam cavidades, por onde circula a água, que estão ligadas a um radiador, por onde se perde a maior parte do calor; esta perda é acelerada pela corrente de ar promovida pelo ventilador e pela bomba de água que aumenta a velocidade de deslocamento desta (**refrigeração por circulação forçada**); o deslocamento da água provocado apenas pela diferença de temperatura não é suficiente.



**Figura 28-** Representação de um circuito de refrigeração por água de um motor de quatro cilindros.  
 1- Tampão 2- Radiador 3- Ligação de borracha 4- Termóstato 5- Bomba de água 6- Circulação de água  
 7- Palhetas 8- Ventilador 9- Torneira 10- Ligação de borracha  
 Fonte: CNEEMA (1976)

Nestes sistemas as camisas húmidas dos cilindros têm um efeito insonorizante sendo a água utilizada para aquecimento da cabine.

Relativamente ao radiador, que funciona assim como um permutador de calor onde a água quente é arrefecida pelo ar, apresenta um grande número de pequenos canais por onde aquela passa. Este elemento apresenta dois depósitos, um superior e outro inferior, entrando no primeiro a água proveniente do motor, e saindo do segundo a água para o motor; estes depósitos estão ligados por pequenos tubos, que podem ser planos, ter palhetas ou em forma de ninho de abelhas, que são atravessados pelo ar.

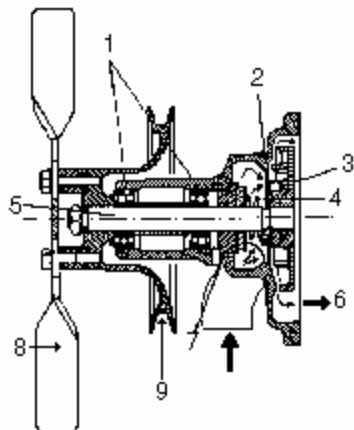


**Figura 29-** Esquema de um radiador  
 A- Vista geral de um radiador B- Corte transversal de um radiador  
 1- Tubo de descarga  
 Fonte: Estevez (1976)

Como se pode observar na figura 29 o radiador para além do tampão de enchimento, tem uma torneira colocada no fundo do depósito inferior, para vazamento do líquido e um tubo de descarga para que a água em excesso saia e se mantenha a comunicação com a atmosfera; nos circuitos selados este tubo está ligado ao vaso de expansão. O tampão de enchimento apresenta uma válvula que impede a comunicação do interior do radiador com o tubo de descarga, fazendo com que exista uma certa pressão no interior do radiador, que permite uma elevação da temperatura de ebulição diminuindo as perdas das soluções anticongelantes.

O ventilador, cuja função é forçar a passagem de ar pelo radiador, encontra-se geralmente montado na extremidade anterior do mesmo veio da bomba de água, que tem também um tambor de gornes (polea trapezoidal) que é accionado por uma outra polea montada na extremidade anterior da cambota, através de uma correia trapezoidal, que acciona também o alternador. Nos automóveis mais recentes o accionamento da ventoinha é feita electricamente a partir de determinada temperatura no circuito de refrigeração.

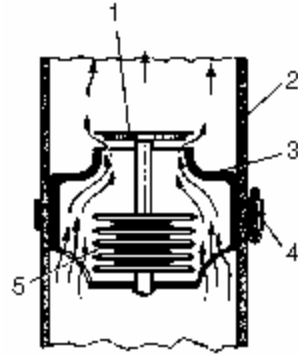
Em relação às bombas de água, que são geralmente do tipo centrífugo, são constituídas por um tambor com palhetas, que roda dentro de um corpo (carter), entrando a água pelo centro sendo projectada, pela força centrífuga, para a periferia por onde sai para a conduta que a leva ao motor.



**Figura 30-** Representação da bomba de água.  
 1- Rolamentos 2- Corpo da bomba 3- Turbina 4- Mola 5- Eixo 6- Saída da água 7- Manga de apoio 8- Ventilador 9- Polea.  
 Fonte: CNEEMA (1976)

Para além dos elementos mencionados existe uma válvula accionada por um termóstato que a mantém fechada, quando a temperatura da água é inferior a  $\pm 85^{\circ}$ , abrindo-a para temperaturas superiores; quando a válvula se encontra aberta a água passa para o radiador. O termóstato, que está colocado na conduta que liga a cabeça do motor à parte superior do radiador, permite assim que o motor atinja mais rapidamente a temperatura

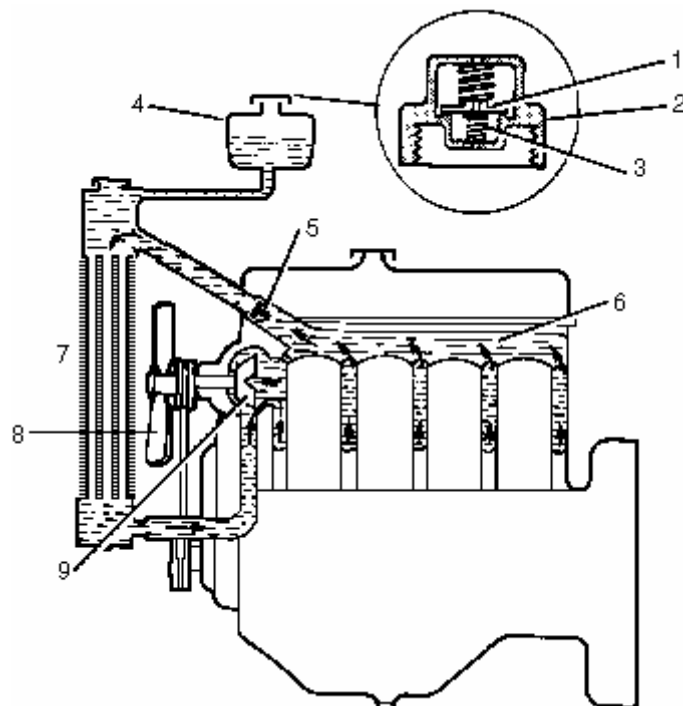
de funcionamento, mantendo-a depois constante; a indicação da temperatura de funcionamento é dada por um indicador de temperatura colocado no painel de instrumentos.



**Figura 31-** Representação de um termostato fole  
1- Válvula 2- Conduta 3- Corpo do termostato 4- Colar 5- Fole  
Fonte: CNEEMA (1976)

Relativamente aos principais tipos de termostatos tem-se os de fole e os de cera; o primeiro consiste de uma caixa metálica, fechada, de paredes muito delgadas, em forma de fole, que contem um líquido muito volátil, que se encontra no estado líquido a baixa temperatura, mas, quando a temperatura da água sobe, expande-se; na primeira situação o líquido não exerce nenhuma pressão nas paredes mas quando a temperatura sobe exerce-se uma pressão suficiente para alargar o fole. Os termostatos de cera são pouco utilizados.

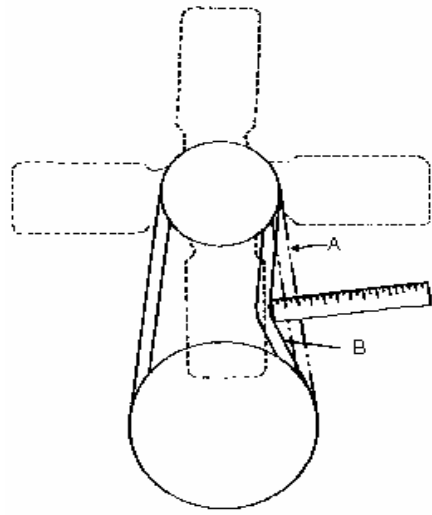
Do que foi exposto constata-se que o sistema de refrigeração está em comunicação com a atmosfera, para se evitar sobrepressões resultantes do aquecimento do líquido refrigerante, que conduziriam a perdas, especialmente dos produtos anticongelantes, pelo que se aconselha verificar regularmente a quantidade de água e renová-la com certa frequência para repor a concentração daqueles produtos. Para evitar este problema, a aplicação de vasos de expansão (**refrigeração por circulação forçada com circuito selado**) tem-se tornado uma prática corrente, pois permite visualizar o nível do líquido refrigerador e não permite perdas por evaporação; este nível, em virtude da água se encontrar sob pressão, o que torna seguro o funcionamento do motor a  $\pm 100^{\circ}$ , varia em função da dilatação e contracção da água, não devendo, no entanto, ser inferior à marca do nível mínimo quando o motor está frio, nem superior à marca do nível máximo, quando o motor está quente. Os vasos de expansão têm uma válvula que funciona como segurança no caso de uma sobrepressão no sistema e de reaspiração do ar para compensar a contracção da água quando da sua refrigeração.



**Figura 32-** Esquema de um sistema de refrigeração por água com o circuito selado.  
 1- Válvula de sobrepressão 2- Tampão 3- Válvula de reaspiração 4- Vaso de expansão  
 5- Termóstato 6- Circulação de água em volta dos cilindros 7- Radiador 8- Ventilador 9- Bomba de água.  
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Relativamente aos principais cuidados de manutenção dos sistemas de refrigeração indirecta por água tem-se:

- radiador (vaso de expansão): verificação periódica do nível da água que no radiador se deve situar 5 cm abaixo do orifício de enchimento e no vaso de expansão nas marcas aí existentes; adição de um bom anticongelante durante o Inverno e um produto antiferrugem no verão; limpeza periódica externa dos alvéolos do radiador com uma escova macia;
- não deixar o sistema sem líquido pois o contacto do ar com as paredes internas dos motores acelera a sua corrosão;
- bomba de água: lubrificação moderada sob pressão com o tipo de massa consistente recomendado pelo construtor, a não ser que se trate de uma bomba pré-lubrificada (solução mais usual nos tractores mais recentes);
- correia do ventilador (ventoinha): verificação da tensão e eventual regulação segundo instruções do construtor (alterando a posição do gerador, solução mais usual).

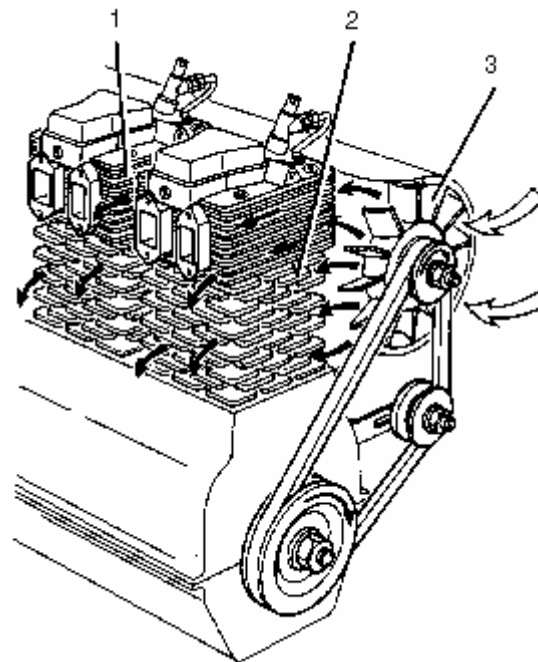


**Figura 33-** Regulação correcta da correia da ventoinha  
 A- Posição correcta B- Flexão possível pela pressão exercida à mão  
 Fonte: CNEEMA (1976)

A presença do ventilador, embora fundamental em todos os tipos de refrigeração, tem, devido à potência mecânica necessária ao seu funcionamento, 3 a 7 % da potência motor, sofrido várias alterações, nomeadamente as que se relacionam com o seu accionamento. Assim, a utilização de embraiagens nos ventiladores e o accionamento destes apenas quando se atinge determinada temperatura, tem sido inovações introduzidas nos sistemas de refrigeração dos tractores.

**5.1.2- Sistema de refrigeração por ar**

Os sistemas de refrigeração por ar, em virtude da sua simplicidade, são utilizados geralmente em motores monocilíndricos, embora alguns construtores os utilizem em tractores de potências mais elevadas; a simplicidade destes sistemas resultam da maior segurança no funcionamento dos motores e na diminuição dos cuidados de manutenção. Nestes sistemas a necessidade de ar é cerca de 30 % inferior à necessária nos sistemas refrigerados a água pois a transmissão do calor para o ambiente é mais directa.



**Figura 34-** Sistema de refrigeração por ar  
 1- Cabeça do motor 2- Cilindro 3- Ventilador  
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Estes sistema consiste, fundamentalmente, em separar o bloco motor da cabeça motor e munir estes elementos de várias palhetas por forma a aumentar a área de contacto com o ar movimentado pela ventoinha; o ar é recolhido e canalizado para uma espécie de blindagem envolvente dos órgãos a refrigerar, nomeadamente a cabeça motor, bloco motor e colector de escape.

A peça principal deste sistema é o ventilador que pode ser de palhetas, produzindo uma corrente de ar paralela ao eixo de rotação (axial) ou centrífugo, em que o ar entra pelo centro e é projectado para a periferia. Em relação ao seu accionamento este pode ser obtido directamente da cambota ou utilizando uma transmissão com correias e poleas.

Comparando este sistema com o da água, embora exija menos cuidados de manutenção, não permite uma boa regulação da temperatura de funcionamento do motor e são mais ruidosos; nos motores refrigerados a ar o óleo de lubrificação aquece mais pelo que a refrigeração daqueles deve ser complementada com um circuito de refrigeração de óleo.

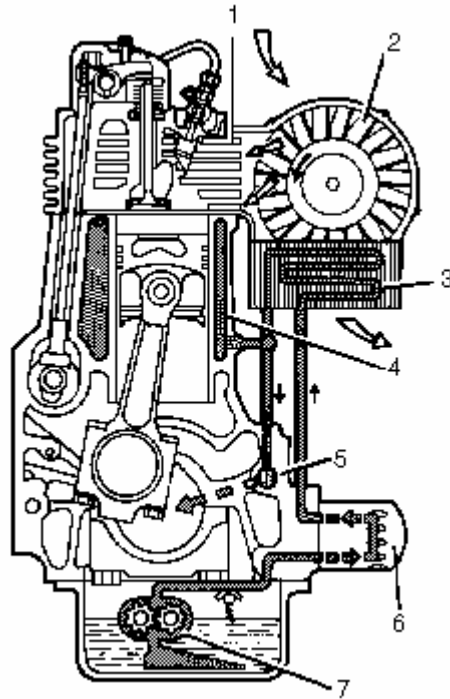
Relativamente aos principais cuidados de manutenção destes sistemas tem-se:

- palhetas dos cilindros: limpeza frequente com escova dura ou com gasolina utilizando um pincel limpando bem em seguida com um pano seco e absorvente;
- ventilador: limpeza das pás e lubrificação dos rolamentos segundo instruções do construtor, verificando-se a tensão da(s) correias de transmissão.

### **5.1.3- Refrigeração por óleo**

A refrigeração por óleo utiliza-se geralmente para complementar a refrigeração por ar pois esta, especialmente para os motores mais potentes, não é suficiente para arrefecer o topo dos cilindros. Assim, e embora o circuito de lubrificação já contribua significativamente para o arrefecimento este pode ser melhorado caso se faça circular o óleo em torno dos cilindros.





**Figura 35-** Representação de um motor refrigerado por ar e óleo.  
1- Cabeça do motor 2- Ventilador 3- Radiador de óleo 4- Cavidades de refrigeração 5- Conduitas de óleo  
6- Filtro 7- Bomba de óleo.  
Fonte: CEMAGREF (1991)

Em qualquer das soluções utilizadas é importante verificar a temperatura do motor, com a maior frequência possível, durante o trabalho. Uma preciosa indicação sobre esta temperatura é fornecida pelo termómetro da água ou do óleo, conforme o tipo de refrigeração. Se a temperatura subir a valores perigosos (> que 100° C) deve parar-se imediatamente o trabalho, mantendo, no entanto, o motor a trabalhar ao "ralenti" durante alguns segundos, de modo a evitar ainda maior sobreaquecimento por inércia térmica, devendo depois parar o motor para tentar descobrir a causa do aquecimento intempestivo constatado.

## Bibliografia

- Atares, A.; Blanca,A. (1989). Tractores ey motores agricolas.Bilbao. Grafo. S.A.
- Briosa, F. (1984). Glossário ilustrado de mecanização agrícola. Sintra. Galucho.
- Castro, M. (1969). Afinação de motores. Sintra. Gráfica Europam.
- CEMAGREF- Livre du Maitre. (1970). Tracteurs et machines agricoles. Antony. CEMAGREF.
- CEMAGREF. (1991). Les tracteurs agricoles. Technologies de l'agriculture. Antony. CEMAGREF.
- CNEEMA- Livre du maitre. (1976). Tracteurs et machines agricoles. Antony. CNEEMA.
- Deterre, D. (1984). De l'air pour les moteurs Diesel. Ne pas confondre passoire et filtre à air. TMA **818**:  
41-47
- Estevez, S. (1976). Tecnologia do automóvel. Barcelona. Plátano Editora
- Imperial, J. (1980). Sobrealimentação de motores. Sintra. Tito Lyon de Castro.
- Pugliesi, M. (1976). Manual completo do automóvel. S.Paulo. Hemus
- Sully, F.; Unstead, P. (1978). Motores de automóvel. Vila da Feira. Editorial Presença.