

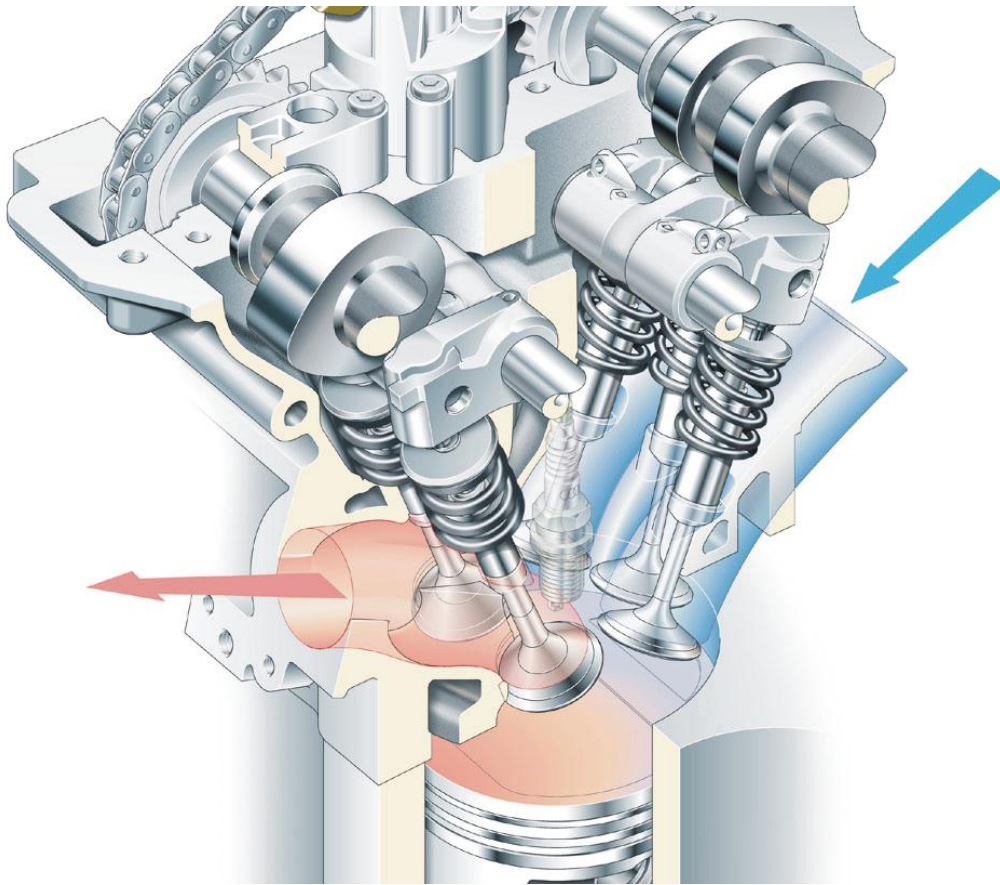


UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
IT – Departamento de Engenharia
MÁQUINAS E ENERGIA NA AGRICULTURA

IT 154- MOTORES E TRATORES

SISTEMAS AUXILIARES DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Carlos Alberto Alves Varella¹



Seropédica – Rio de Janeiro
Novembro/2012

¹ Professor. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, IT-Departamento de Engenharia, BR 465 km 7 - CEP 23890-000 – Seropédica – RJ.
E-mail: varella@ufrj.br.

ÍNDICE

SISTEMA DE VÁLVULAS.....	4
Componentes do sistema de válvulas	5
1. Eixo de cames.....	5
2. Tuchos	5
3. Varetas.....	6
4. Balancins	6
5. Molas.....	6
6. Válvulas.....	6
Tipos de sistemas de válvulas	6
Sistema de comando direto.....	6
Sistema de comando indireto.....	7
SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.....	9
INTRODUÇÃO	9
SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO PARA MOTORES DO CICLO DIESEL.....	9
CIRCUITO DE AR	10
Pré-filtro	11
Filtro de ar	11
Filtros em banho de óleo	11
Filtros de ar seco.....	12
Elemento primário do filtro de ar seco	12
Elemento secundário do filtro de ar seco.....	13
Coletor de admissão	13
Turbocompressor	13
Intercooler.....	14
CIRCUITO DE COMBUSTÍVEL	15
Tanque de combustível.....	15
Copo de sedimentação	16
Bomba alimentadora.....	16
Filtros de combustível	16
Tubulações.....	17
Bomba injetora	17
Bicos injetores	18
Unidade injetora	18
SISTEMA DE ARREFECIMENTO.....	19
INTRODUÇÃO	19
Função do sistema de arrefecimento	20
Meios arrefecedores	20
Vantagens do ar	20
Desvantagens do ar.....	21
Tipos de sistemas de arrefecimento	21
Sistema de arrefecimento a ar	21
Aletas	21
Ventoinha	21
Dutos e defletores	21
Vantagens do sistema a ar	21
Desvantagens do sistema a ar	22
Sistema de arrefecimento ar-água	22
Termossifão	22

Circulação forçada.....	23
Partes constituintes.....	24
Radiador	24
Bomba d'água	24
Válvula termostática.....	24
Ventoinha	25
Mangueiras	25
Camisas d'água.....	25
Elementos do radiador.....	26
Depósito superior: deposito de água proveniente do motor.	26
Depósito inferior: deposito de água após resfriada pela passagem pela colméia do radiador.....	26
Colméia: região central constituída de capilares verticais e aletas horizontais.	26
SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO	26
INTRODUÇÃO	26
Óleos lubrificantes.....	27
Funções dos óleos lubrificantes	27
Viscosidade	27
Classificação SAE.....	28
Qualidade	28
Classificação API	28
TIPOS DE SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO	29
Sistema de mistura com o combustível	29
Sistema por salpico.....	29
Sistema de circulação e salpico	30
SISTEMA DE CIRCULAÇÃO SOB PRESSÃO	30
COMPONENTES.....	31
SISTEMA ELÉTRICO DOS MOTORES DIESEL.....	33
INTRODUÇÃO	33
Componentes básicos	33
Bateria.....	33
Motor de partida	34
Alternador.....	34
Referências bibliográficas	35

SISTEMA DE VÁLVULAS

Carlos Alberto Alves Varella²

O sistema de válvulas controla o fechamento e abertura das válvulas nos motores de quatro tempos. Existem sistemas de válvulas de controle fixo e controle variável. Os sistemas de controle variável apresentam controle eletrônico que permite variar o tempo de abertura e altura de levantamento das válvulas. O motor convencional apresenta duas válvulas por cilindro, sendo uma de admissão e uma de descarga, contudo é possível a colocação de até sete válvulas por cilindro, sendo quatro de admissão e três de descarga. A Figura 1 ilustra a variação da área de admissão em função do número de válvulas por cilindro. Observa-se que a maior área de admissão é obtida para cinco válvulas por cilindro, sendo três de admissão e duas de descarga.

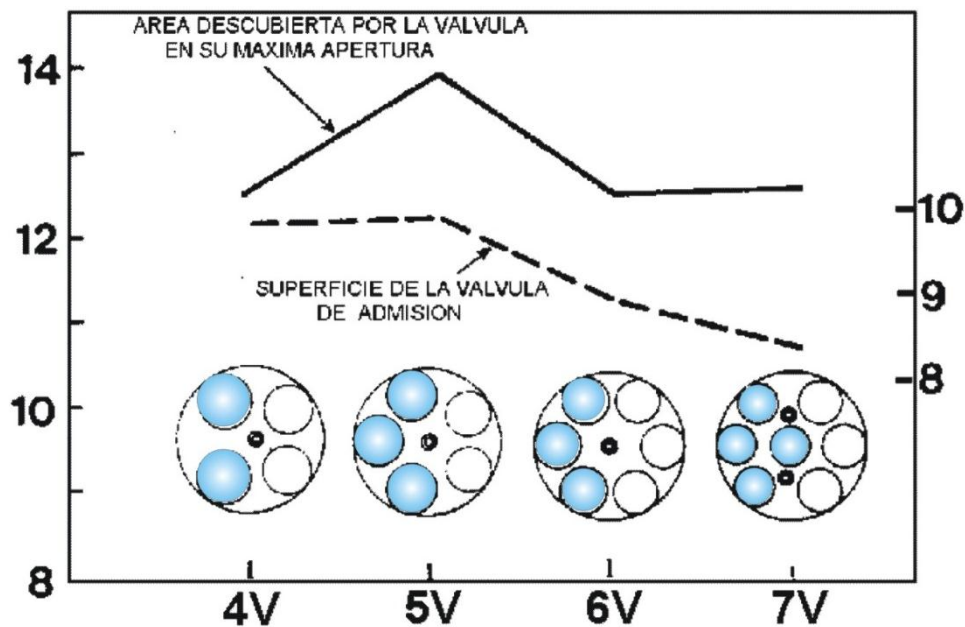


Figura 1. Variação da área de admissão em função do número de válvulas por cilindro (Fonte: <http://www.km77.com/tecnica/motor/5valvulas/texto.asp>, acessado em 24/03/2006).

² Professor. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, IT-Departamento de Engenharia, BR 465 km 7 - CEP 23890-000 - Seropédica - RJ. E-mail: varella@ufrj.br.

Componentes do sistema de válvulas

1. Eixo de cames

O eixo de cames (Figura 2) pode estar localizado no cabeçote ou no bloco do motor. Nos tratores agrícolas está localizado no bloco. Apresenta ressaltos que transformam movimento de rotação em movimento linear alternado das válvulas. São fabricados de materiais que apresentam alta resistência ao desgaste, tais como aço forjado ou ferro fundido.



Figura 2. Eixo de cames de um motor de quatro tempos de quatro cilindros.

2. Tuchos

Os tuchos ficam em contato direto com os ressaltos e transmitem o movimento do eixo de cames para as varetas. São fabricados em aço forjado ou de fundição temperada e podem ser mecânicos ou hidráulicos. Podem apresentar revestimento de carbono para reduzir as perdas mecânicas. Os tuchos são responsáveis por aproximadamente 20% da fricção total do motor. O revestimento de carbono reduz a fricção em toda a gama de velocidades (Figura 3). Os tuchos hidráulicos apresentam a vantagem prática de se ajustar automaticamente conforme ocorre o desgaste dos cames, contudo não são utilizados em tratores agrícolas.

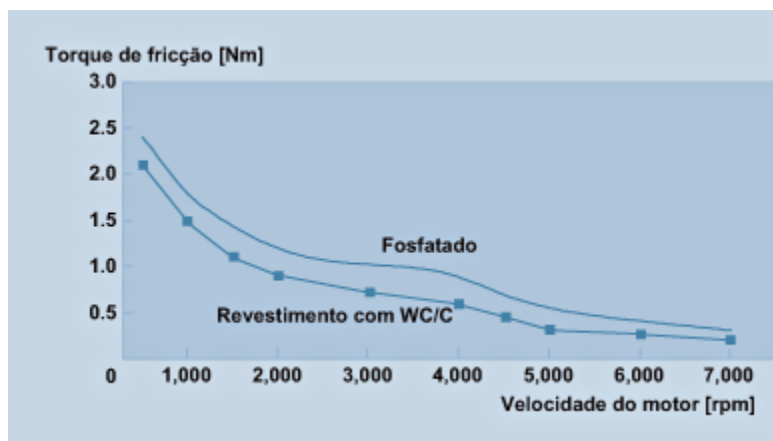


Figura 3. Redução do torque de fricção em função do revestimento de carbono dos tuchos (Fonte: Ford / INA).

3. Varetas

As varetas estão localizadas entre os tuchos e os balancins. Transmitem o movimento do eixo de cames localizado no bloco até o eixo de balancins localizado no cabeçote do motor.

4. Balancins

O eixo de balancins tem como função inverter o sentido do movimento linear das varetas. São fabricados de material fundido, aço estampado ou alumínio.

5. Molas

As molas pressionam as válvulas sobre suas sedes no cabeçote. A pressão deve ser suficiente para manter as válvulas fechadas.

6. Válvulas

As válvulas regulam a entrada e saída de gases no cilindro. As válvulas de admissão são de aço, aço níquel ou cromo-níquel e são maiores que as de descarga. Isto é assim para favorecer a entrada de gases novos no cilindro e reduzir as perdas no tempo de admissão. A passagem dos gases pela válvula de admissão mantém sua temperatura em torno de 300°C. As válvulas de descarga são de uma liga de aço, de forte teor de níquel, cromo e de tungstênio. Suportam altas temperaturas chegando no momento da combustão em torno de 750°C no vermelho escuro.

Tipos de sistemas de válvulas

Existem dois tipos de sistemas de válvulas: de comando direto e de comando indireto.

Sistema de comando direto

Neste sistema o eixo de cames está localizado no cabeçote do motor. Recebe movimento do virabrequim através de corrente ou correia dentada. As válvulas recebem movimento direto dos tuchos, sendo assim não apresenta varetas nem eixo de balancins (Figura 4). Causa menor nível de ruído que o sistema de comando indireto, contudo não é utilizado em tratores agrícolas. Existem sistemas de comando direto mecânico e eletrônico. O sistema eletrônico apresenta controle eletrônico para abertura e fechamento das válvulas, isto é, o tempo que as válvulas permanecem abertas é controlado eletronicamente e não é proporcional à rotação do motor (Figura 5). A vantagem do sistema eletrônico é que apresenta bom desempenho em baixas e altas rotações do motor, o que não se justifica em motores de tratores, visto que a rotação de trabalho é constante durante as operações agrícolas.

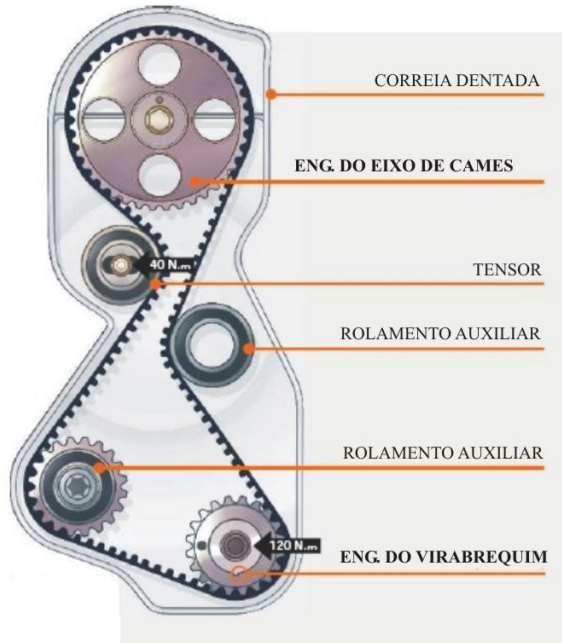


Figura 4. Sistema de válvulas de comando direto mecânico.



Figura 5. Sistema de válvulas de comando direto eletrônico (VarioCam da Porsche).

Sistema de comando indireto

Neste sistema o eixo de cames está localizado no bloco do motor e recebe movimento do virabrequim através de engrenamento direto. O número de dentes da engrenagem do eixo de cames é duas vezes o número de dentes da engrenagem do virabrequim (Figura 6). Durante cada ciclo do motor de quatro tempos (720° de giro no virabrequim), as válvulas de admissão e descarga de cada cilindro abrem-se apenas uma vez. Assim enquanto o virabrequim gira 720° o eixo de cames gira 360° a cada ciclo do motor de quatro tempos.

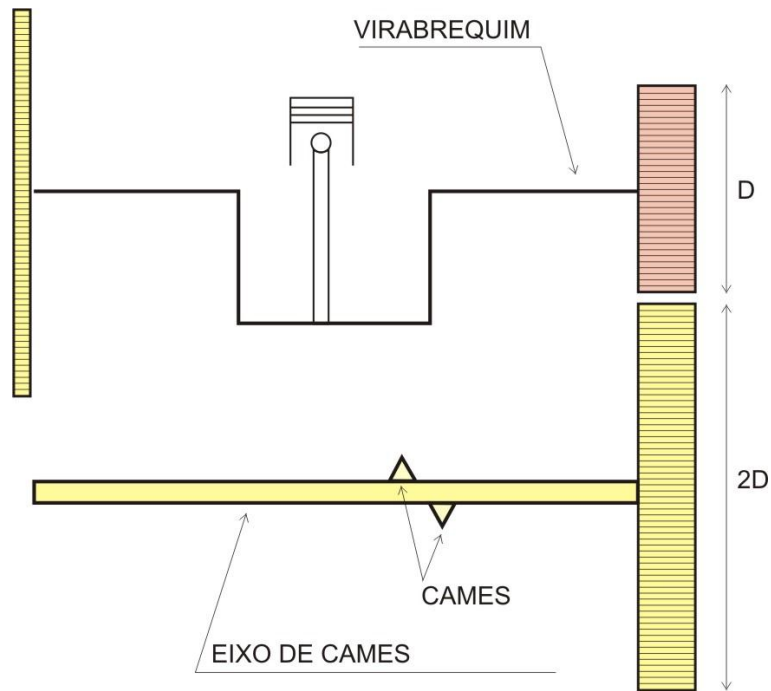


Figura 6. Transmissão de movimento no sistema de válvulas de comando indireto.

As válvulas recebem movimento dos balancins e o movimento é levado do bloco até o cabeçote através das varetas (Figura 7). Causa maior nível de ruído que o sistema de comando direto e é o sistema utilizado em tratores agrícolas.

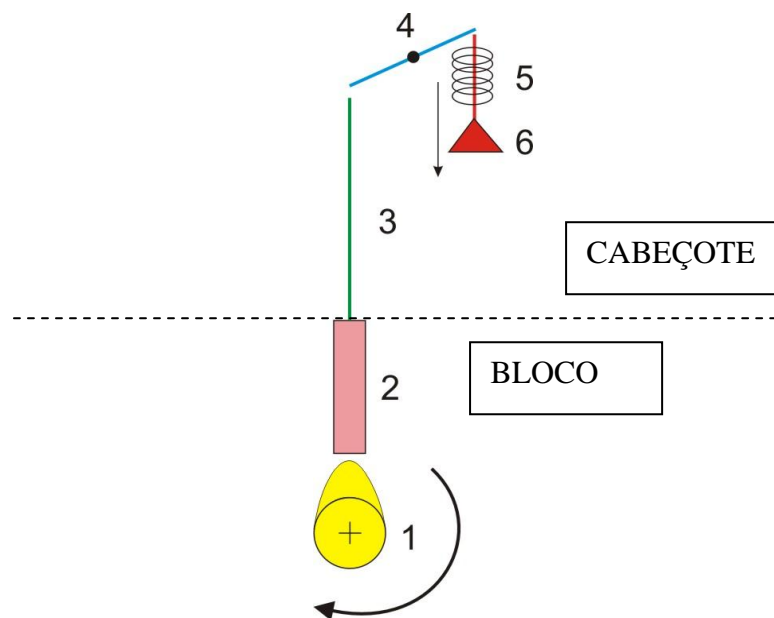


Figura 7. Sistema de válvulas de comando indireto. 1-eixo de cames; 2- tucho; 3- vareta; 4- balancim; 5- mola; 6- válvula.

SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

Carlos Alberto Alves Varella¹

INTRODUÇÃO

O Sistema de alimentação dos motores de combustão é responsável pelo suprimento de ar e combustível ao motor. Existem basicamente dois tipos de sistemas de acordo com o ciclo de funcionamento dos motores: o sistema para motores otto e o sistema para motores diesel. No sistema de alimentação otto o combustível é mistura ao ar antes de ser admito nos cilindros, enquanto que no sistema diesel, o combustível é injetado nos cilindros por um circuito diferente do percorrido pelo ar. Tanto num sistema quanto no outro a admissão ocorre quando o pistão se desloca do ponto morto superior para o ponto morto inferior com a válvula de admissão aberta.

SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO PARA MOTORES DO CICLO DIESEL

O sistema de alimentação diesel é composto por dois circuitos: o circuito de ar e o circuito de combustível. A Figura 1 ilustra o fluxograma do sistema de alimentação diesel turbinado com intercooler.

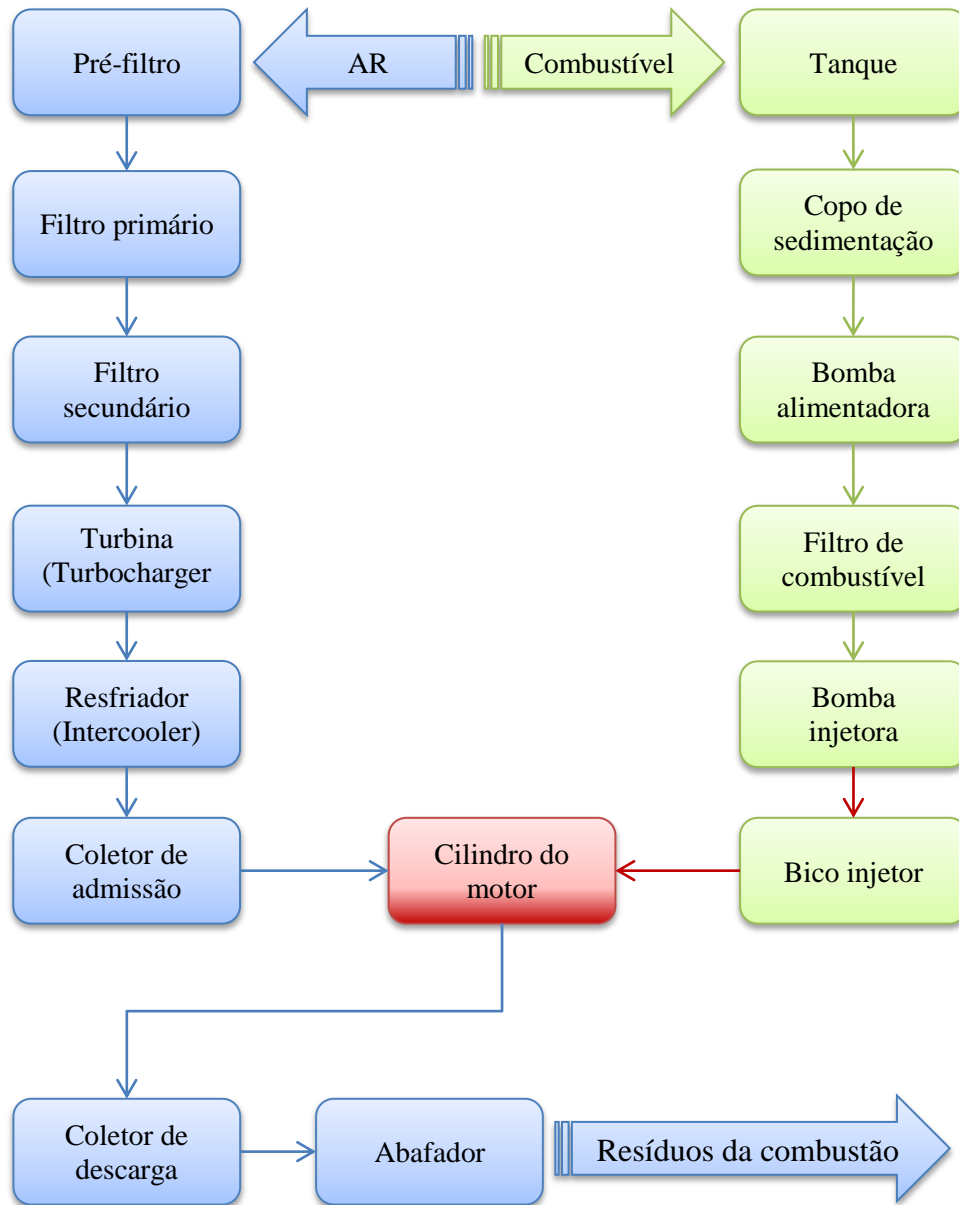


Figura 1. Fluxograma do sistema de alimentação diesel turbinado com intercooler.

CIRCUITO DE AR

O circuito de ar tem como função conduzir o ar do meio ambiente até o interior dos cilindros e depois eliminar os resíduos da combustão. É constituído das seguintes partes: pré-filtro, filtro de ar, coletor de admissão, coletor de descarga e abafador (Figura 8).

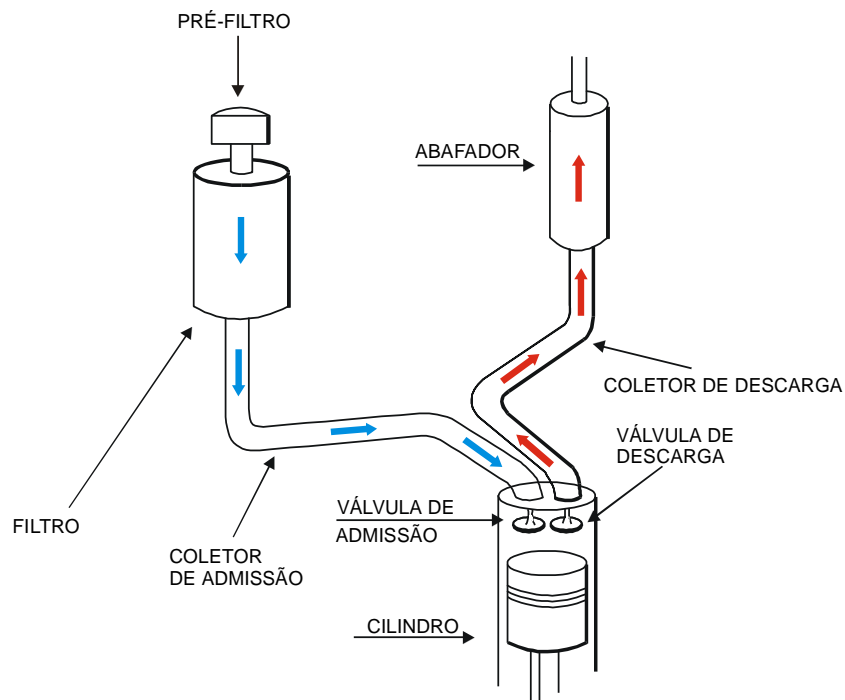


Figura 8. Circuito de ar do sistema de alimentação diesel.

Pré-filtro

O pré-filtro (Figura 9) está localizado antes do filtro primário de ar. Tem como função reter partículas grandes contidas no ar.



Figura 9. Pré-filtro do circuito de ar do sistema de alimentação.

Filtro de ar

O filtro de ar tem como função reter pequenas partículas contidas no ar. Podem ser de dois tipos: em banho de óleo ou de ar seco.

Filtros em banho de óleo

Nos filtros em banho de óleo o ar passa por uma camada de óleo antes de atravessar o elemento filtrante (Figura 10). O elemento filtrante é fabricado de palha de coco e não é trocado, devendo ser limpo periodicamente.

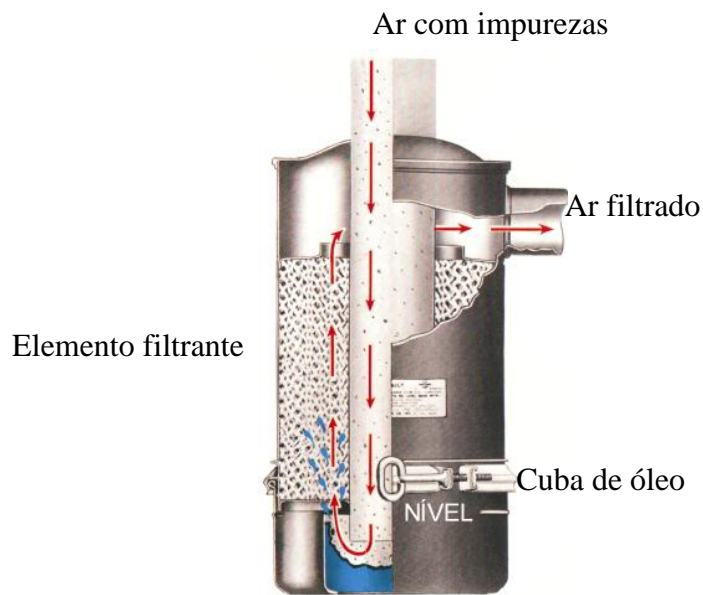


Figura 10. Filtro de ar em banho de óleo do sistema de alimentação diesel.

Filtros de ar seco

Os filtros de ar seco (Figura 11) são constituídos por dois elementos filtrantes descartáveis: o elemento primário de papel e o elemento secundário de feltro.

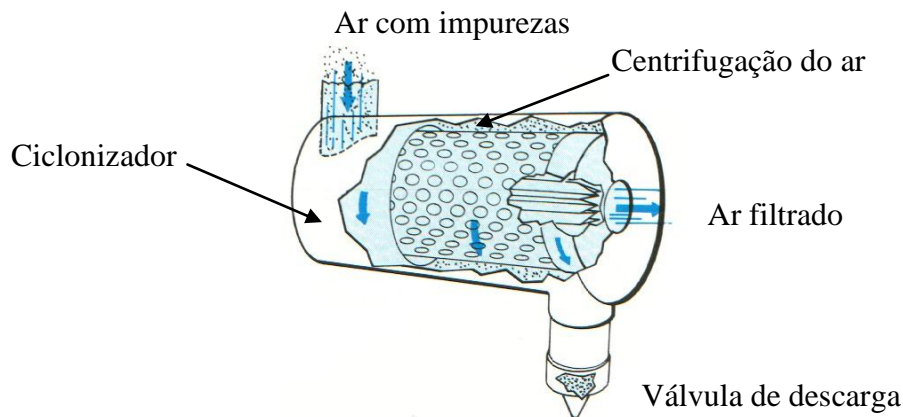


Figura 11. Filtro de ar seco do sistema de alimentação diesel.

Elemento primário do filtro de ar seco

O elemento primário de papel (Figura 12) aceita limpezas e deve ser limpo sempre que for avisado pelo indicador de restrição. O indicador de restrição é um dispositivo mecânico do circuito de ar do sistema de alimentação de tratores agrícolas que avisa ao operador da necessidade de limpeza do elemento primário do filtro de ar. A restrição da passagem de ar pelo filtro reduz a eficiência do elemento filtrante, pode levar o motor a perder potência, aumentar o consumo e provocar superaquecimento (REIS et al., 1999).



Figura 12. Elemento primário do filtro de ar seco.

Elemento secundário do filtro de ar seco

O elemento secundário de feltro (Figura 13) não aceita limpezas e apenas deve ser substituído periodicamente.



Figura 13. Elemento secundário do filtro de ar seco.

Coletor de admissão

O coletor de admissão conduz o ar filtrado até os cilindros do motor. A admissão do ar pode ser apenas por meio de vácuo criado pelo movimento descendente do pistão no interior dos cilindros, neste caso o motor é dito aspirado, ou sob pressão com auxílio de uma turbina denominados motores turbinados.

Turbocompressor

O turbocompressor é normalmente também denominado de turbina, turbocharger, turboalimentador ou turbo (Figura 14). Constituído por um conjunto de dois rotores montados nas extremidades de um eixo, a turbina é acionada pela energia cinética dos gases da descarga. O ar quente impulsiona o rotor quente fazendo que o rotor frio, na outra extremidade, impulsiona o ar para os cilindros. Nos motores do ciclo diesel o turbocompressor tem como objetivo aumentar a pressão do ar no coletor de admissão acima da pressão atmosférica. Isso aumenta a massa de ar sem aumento do volume. O resultando é mais combustível injetado e mais potência. O turbocompressor aumenta a potência em torno de 35% e reduz o consumo específico de combustível em torno de 5%.

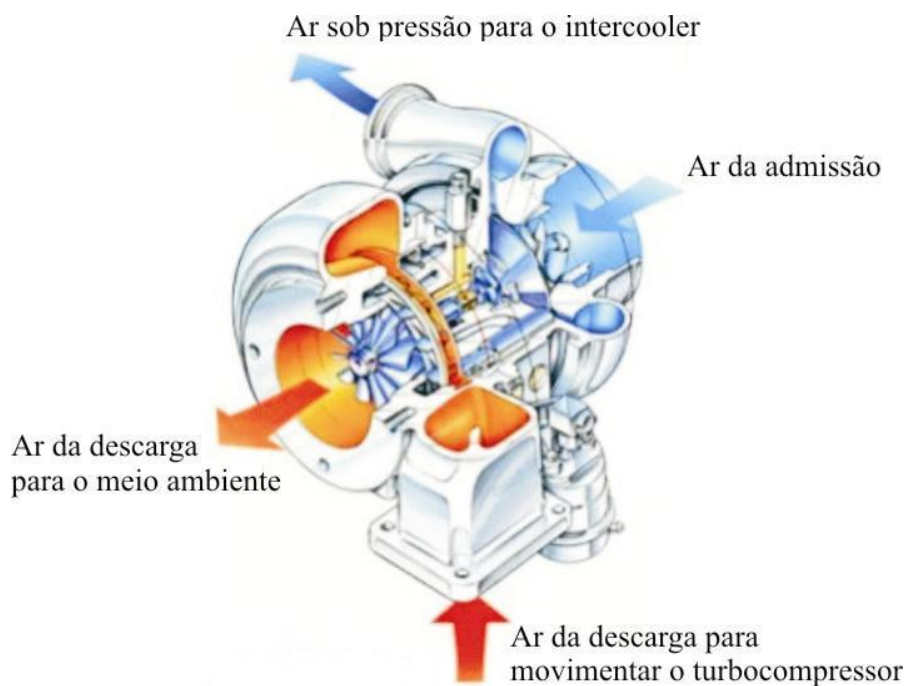


Figura 14. Turbocompressor, turbina, turbocharger, turboalimentador ou turbo.

Intercooler

O intercooler é um sistema de resfriamento de ar para motores turbinados (Figura 15). Tem como objetivo resfriar o ar proveniente do turbocompressor. Fica localizado no coletor de admissão e contribui para aumentar a massa de ar admitida. A tendência é que todos os motores diesel sejam turbinados.

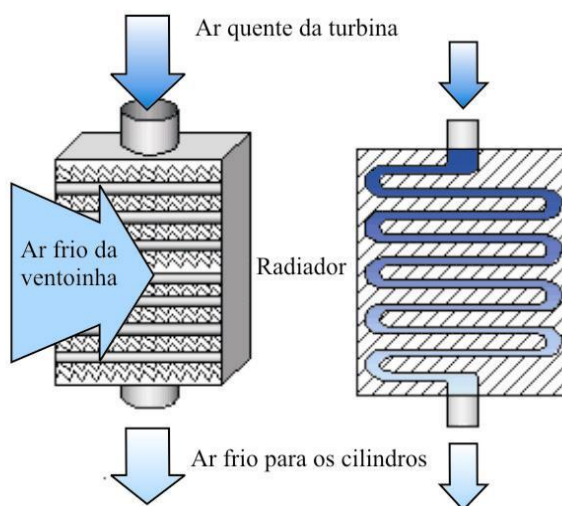


Figura 15. Intercooler para motores turbinados.

CIRCUITO DE COMBUSTÍVEL

O circuito de combustível tem como função conduzir o combustível deste o tanque de combustível até o interior dos cilindros. É responsável pela dosagem e injeção do combustível pulverizado no interior dos cilindros segundo a ordem de ignição do motor. A pressão de injeção é em torno de 2000 kgf.cm^{-2} ou duas mil atmosferas. É constituído das seguintes partes: tanque de combustível, copo de sedimentação, bomba alimentadora, filtros de combustível, tubulações de baixa pressão, bomba injetora, tubulações de alta pressão, bicos injetores e tubulações de retorno (Figura 16).

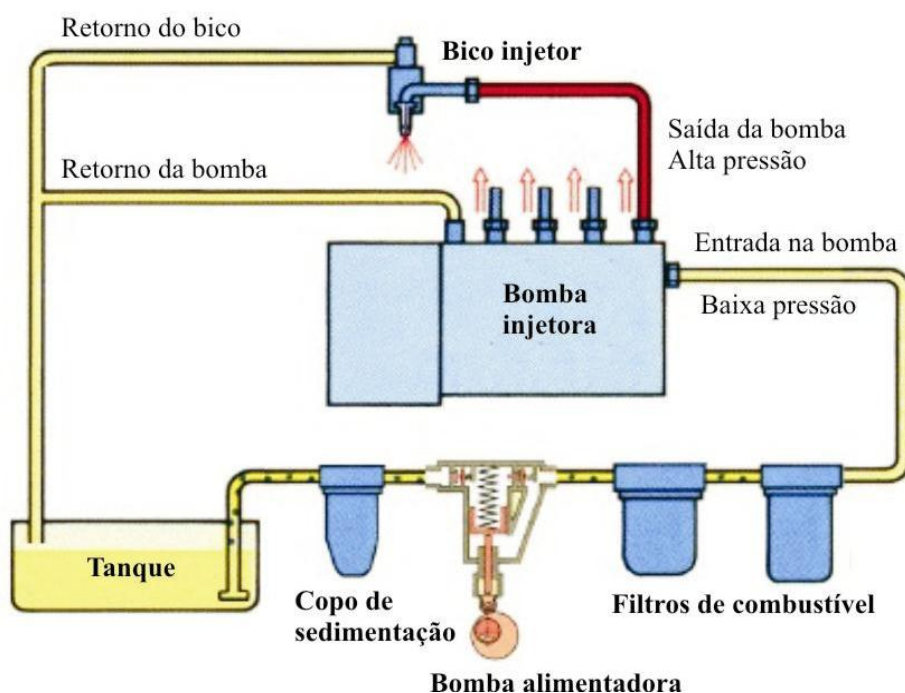


Figura 16. Circuito de combustível do sistema de alimentação diesel.

Tanque de combustível

Os tanques de combustível são atualmente na sua maioria fabricados de polietileno de alta densidade (HEMAIS, 2003). O uso desse material é devido a sua resistência ao calor, resistência a solventes, baixa permeabilidade, fácil de processar e baixo custo.

Podemos encontrar o tanque de combustível em diversos locais dos tratores. Atualmente existe uma tendência de se colocar o tanque em local protegido do calor e menos sujeito a impactos acidentais. O tanque deve apresentar capacidade suficiente para autonomia de uma jornada de trabalho sem necessidade de abastecimento. Segundo PACHECO (2000) é difícil avaliar com precisão o consumo de combustível de um trator, devido às variações de carga nos trabalhos de campo. Portanto quando não se tem informação segura do fabricante do trator, várias literaturas citam que o consumo de combustível (óleo diesel), fica na faixa de $0,25$ a $0,30 \text{ L.h}^{-1}$ para cada unidade de potência

(cv) exigido na barra de tração. O Quadro 1 apresenta a capacidade do tanque de combustível para alguns modelos de tratores agrícolas.

Quadro 1. Capacidade do tanque de combustível para alguns modelos de tratores agrícolas

Marca	Modelo	Potência ISO 1585 (cv-kw)	Capacidade do tanque, L
John Deere	5403	75-55	58
	5705	85-63	105
Massey Ferguson	6360	220-162	500
	265 Advanced	65-47,8	75
Valtra	BM 100	100-73,2	106
	900 4x4	86-63	79

Fonte: Manuais dos fabricantes John Deere, Massey Ferguson e Valtra.

Copo de sedimentação

O copo de sedimentação está localizado antes da bomba alimentadora. Tem como principal função decantar a água contida no combustível. Apresenta na parte inferior um parafuso para drenagem. A drenagem deve ser feita todos os dias para evitar que a água se misture com o combustível e danifique partes sensíveis do circuito, tais como a bomba injetora e os bicos injetores.

Bomba alimentadora

A bomba alimentadora está localizada entre o copo de sedimentação e o filtro de óleo combustível. Tem como função promover o fluxo de óleo do tanque até a bomba injetora.

Filtros de combustível

O filtro de combustível está localizado entre a bomba alimentadora e a bomba injetora. Tem como função proteger o sistema de injeção contra impurezas presentes no óleo diesel. O elemento filtrante é de papel e normalmente vem conjugado com copo de sedimentação e dreno para retirada de água do circuito de combustível do sistema de alimentação (Figura 17).

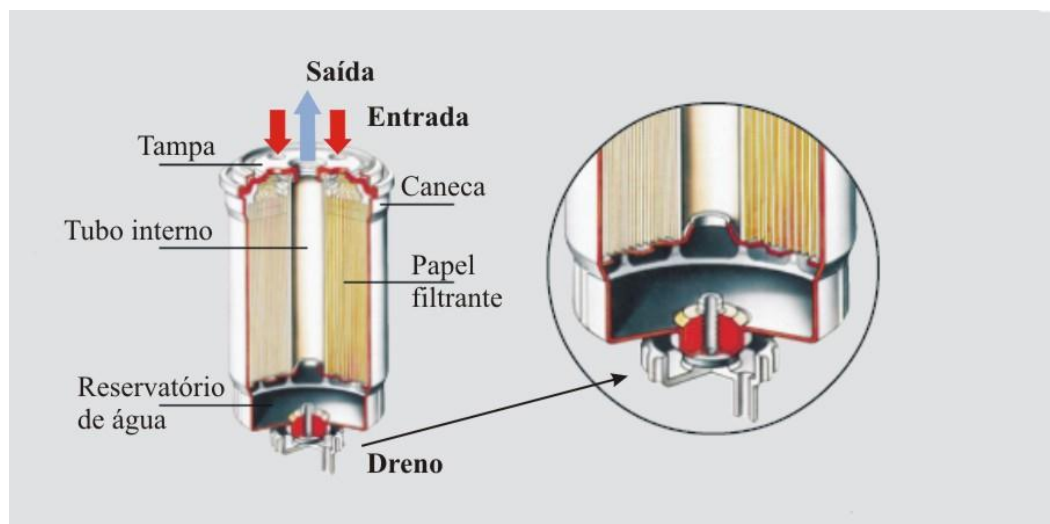


Figura 17. Filtro de combustível para motores diesel e seus componentes.

Tubulações

As tubulações entre o tanque de combustível e a bomba injetora, e as tubulações de retorno são de baixa pressão. As tubulações entre a bomba injetora e os bicos injetores são de alta pressão. A Figura 18 ilustra a localização das tubulações de baixa e alta pressão do sistema de alimentação diesel.

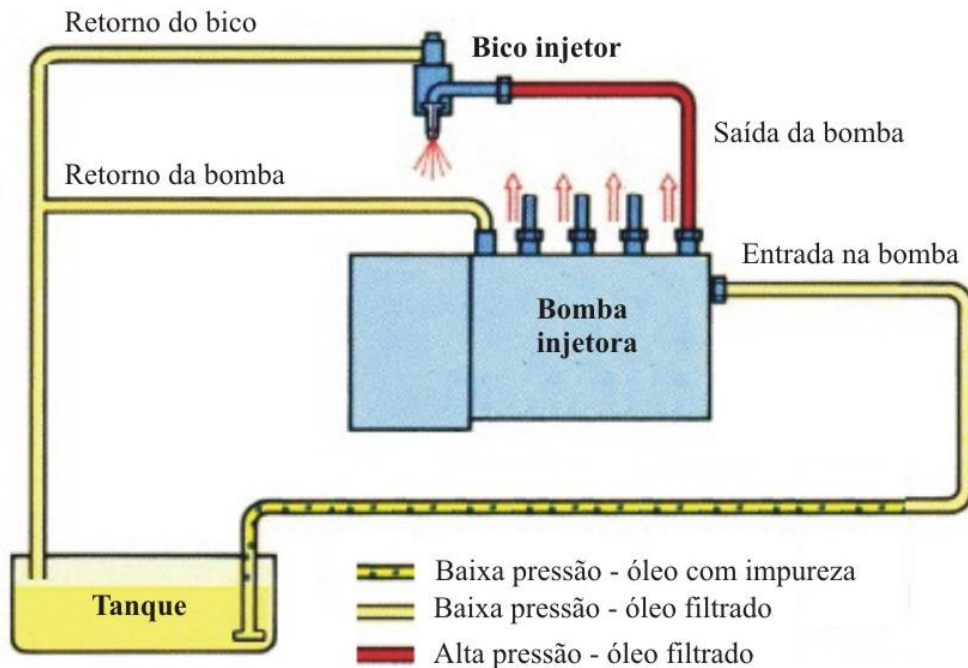


Figura 18. Localização das tubulações de baixa e alta pressão do sistema de alimentação diesel.

Bomba injetora

A bomba injetora está localizada entre o filtro de combustível e os bicos injetores. É a principal parte do sistema de alimentação diesel. Tem como funções: dosar o combustível de acordo com as necessidades do motor; enviar o combustível para os bicos injetores de acordo com a ordem de ignição do motor e promover pressão suficiente para pulverizar o combustível na massa de ar quente na câmara de combustão. A bomba injetora é regulada eletronicamente por um sistema de medição de débitos. O sistema eletrônico de medição de débitos (Figura 19) regula sistemas mecânicos e eletrônicos de monitoramento de bombas injetoras.

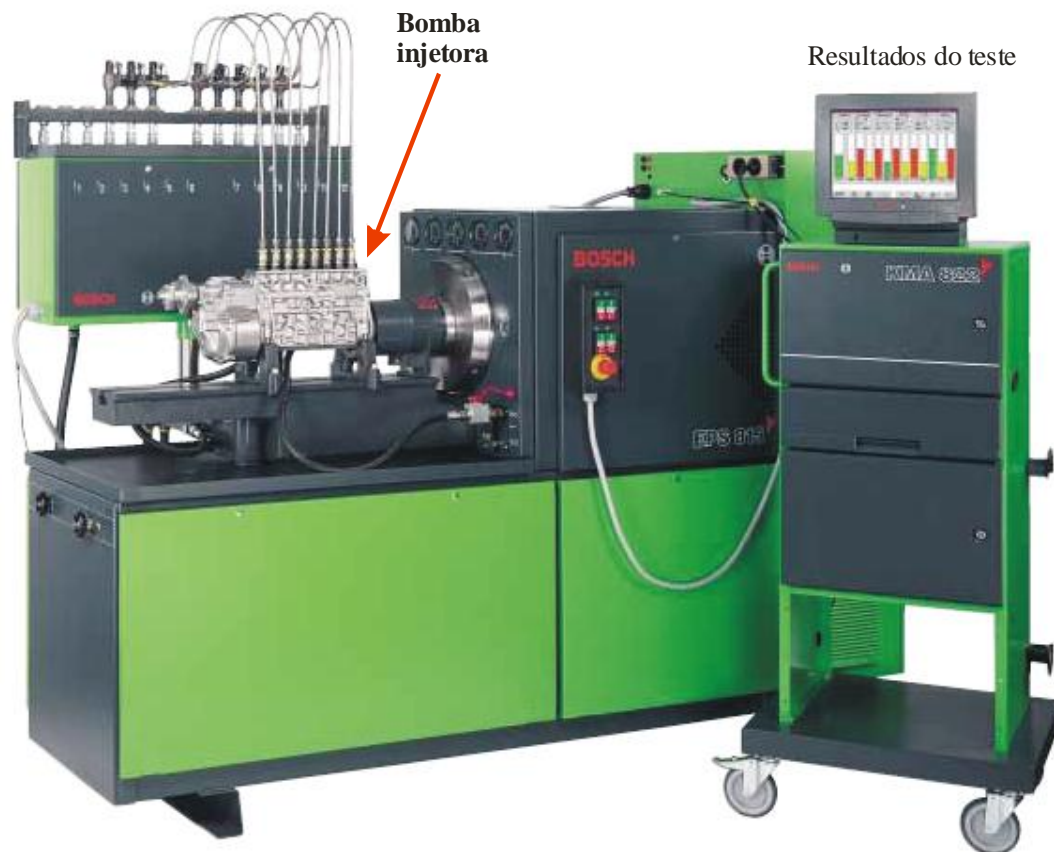


Figura 19. Bancada Bosch para regulagem eletrônica de bombas injetoras.

Bicos injetores

Os bicos injetores estão localizados no cabeçote e têm como principal função pulverizar o combustível na massa de ar quente dentro da câmara de combustão. O combustível é pulverizado em torno de 1300-2000 bar em gotas de 20-100 μm . Após a injeção o bico fecha-se rapidamente impedindo o retorno de gases da combustão.

Unidade injetora

A unidade injetora é um sistema de injeção diesel composto por uma bomba de alta pressão e um bico injetor com válvula solenóide (Figura 20). Cada cilindro apresenta uma unidade injetora localizada entre as válvulas de admissão e descarga. Devido a isso há uma redução das tubulações de alta pressão. Nesse sistema a pressão é controlada pela válvula solenóide e mantida acima de 2000 bar.



Figura 20. Unidade injetora Bosch com bomba e válvula solenóide para controle da pressão de injeção. Disponível em: <http://www.boschautoparts.co.uk/>. Acesso em: 04/04/2006.

Quadro 2. Tabela para conversão de unidades usuais de pressão

Unid.	Pascal, Pa	Bar, bar	Atmosfera, atm	Torre, mmHg	Pound per square inch, psi
1 Pa	$\equiv 1 \text{ N/m}^2$	10^{-5}	$9,8692 \times 10^{-6}$	$7,5006 \times 10^{-3}$	$145,04 \times 10^{-6}$
1 bar	100 000	$\equiv 10^6 \text{ dyn/cm}^2$	0,98692	750,06	14,504
1 at	98 066,5	0,980665	0,96784	735,56	14,223
1 atm	101 325	1,01325	$\equiv 101 325 \text{ Pa}$	760	14,696
1 torr	133,322	$1,3332 \times 10^{-3}$	$1,3158 \times 10^{-3}$	$\equiv 1 \text{ mmHg}$	$19,337 \times 10^{-3}$
1 psi	6 894,76	$68,948 \times 10^{-3}$	$68,046 \times 10^{-3}$	51,715 torr	$\equiv 1 \text{ lbf/in}^2$
1 kgf.cm⁻²	98 066,5	0,980665	0,96784	735,56	14,223

Exemplo: $2000 \text{ kgf.cm}^{-2} = 28445 \text{ psi} = 196,131 \text{ MPa} = 1961,33 \text{ bar}$.

Pressão						
psi	in H ₂ O	in Hg	mm H ₂ O	mm Hg	kg/cm ²	kPa
28445.	788224	57915.	xxxxxxxx	xxxxxxxx	2000	196131

SISTEMA DE ARREFECIMENTO

Carlos Alberto Alves Varella¹

INTRODUÇÃO

O sistema de arrefecimento é um conjunto de dispositivos eletromecânicos que controla a temperatura dos motores de combustão interna. Os motores de combustão

interna são máquinas térmicas relativamente ineficientes. Segundo (Barger, Liljedahl, Carleton, & McKibben, 1966), apenas 35% do calor total da combustão é transformado em trabalho efetivo. O restante (65%) é liberado para o meio ambiente por radiação direta, perdas por atrito, gases da descarga e pelo próprio sistema de arrefecimento. O trabalho mecânico é o trabalho útil mais o trabalho para vencer resistências. A Figura 21 ilustra o balanço térmico típico de um motor diesel de combustão interna.

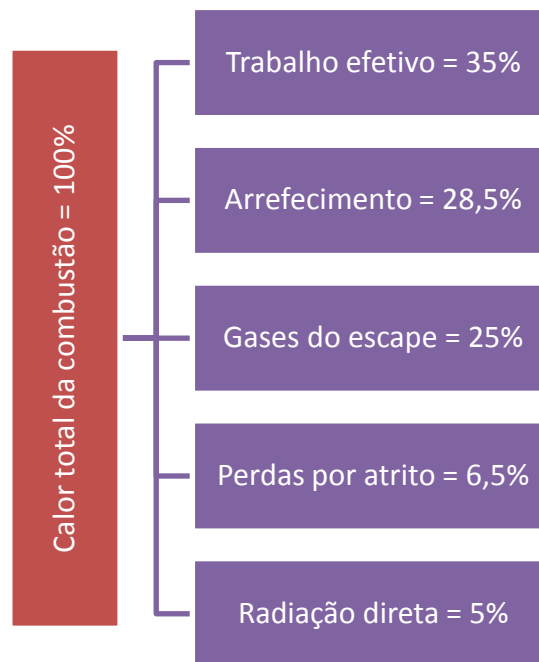


Figura 21. Balanço térmico típico de um motor diesel de combustão interna.

Função do sistema de arrefecimento

O Sistema de arrefecimento tem como objetivo retirar o excesso de calor do motor mantendo a temperatura na faixa de 85-95°C.

Meios arrefecedores

Os meios arrefecedores usados são o **ar** e a **água**. O meio arrefecedor entra em contato com as partes aquecidas do motor, absorver calor e transfere para o meio ambiente.

Vantagens do ar

- Torna mais simples o projeto e a construção do sistema.
- É facilmente disponível e não requer reservatórios e tubulações fechadas para sua condução.
- Não é corrosivo e não deixa incrustações.
- Não se evapora e não se congela para as mais severas condições de funcionamento do motor.

Desvantagens do ar

- Baixa densidade, havendo necessidade de um volume muito maior de ar do que de água para retirar 1 caloria do motor;
- Baixo calor específico, isto é, baixa capacidade de transferir calor entre um sistema e sua vizinhança.
- Temperatura não é uniforme no motor e ocorre a formação de “Pontos Quentes”..
- Não existe um dispositivo para controlar a temperatura do motor nas diversas rotações.

Quadro 3. Quantidades de ar e água para retirar 1 caloria do motor

Meio arrefecedor	Calor específico, cal.°C ⁻¹	Quantidade, g
Ar	0,2380	4,2
Água	1,0043	1,0

Tipos de sistemas de arrefecimento

1. SISTEMA A AR de Circulação Livre ou Forçada.
2. SISTEMA A ÁGUA de Camisa aberta ou por evaporação, de circulação fechada com torre de arrefecimento e o de Circulação Aberta com Reservatório.
3. SISTEMA AR E ÁGUA de Termossifão e de **Circulação Forçada** (tipo comumente usado nos motores de tratores de média e alta potência).

Sistema de arrefecimento a ar

O sistema de arrefecimento a ar pode ser de circulação livre ou forçada. É o tipo de sistema utilizado em motores de dois tempos empregados em pequenas máquinas que são transportadas pelo próprio operador, normalmente costais.

Aletas

Localizadas na parte externa do cabeçote e do bloco com a finalidade de aumentar a superfície de contato entre o motor e o meio arrefecedor. As aletas devem estar sempre limpas e nunca devem ser pintadas, pois poeira e tinta dificultam a dissipação do calor.

Ventoinha

Produção de corrente de ar entre o meio ambiente e o motor. A ventoinha força uma corrente de ar através das aletas para aumentar a transferência de calor entre o motor e o meio ambiente.

Dutos e defletores

Condução e orientação da corrente de ar na direção das aletas de arrefecimento.

Vantagens do sistema a ar

- Construção Simples
- Menor peso por CV
- Manutenção simples

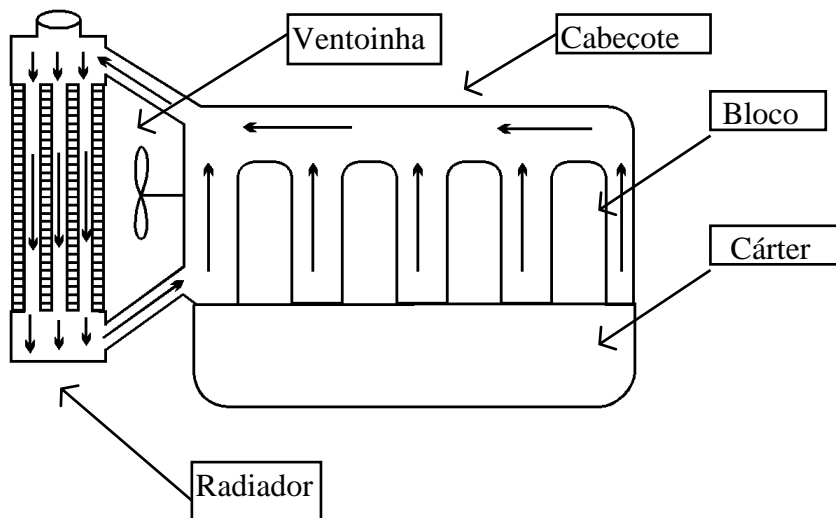
Desvantagens do sistema a ar

- Difícil controle da temperatura
- Desuniformidade de temperatura do motor
- São facilmente susceptíveis de superaquecimento
- Exigem constante limpeza das aletas, principalmente em trabalhos agrícolas.

Sistema de arrefecimento ar-água

Utiliza em conjunto o AR e a ÁGUA como meios arrefecedores. A ÁGUA absorve o calor excedente dos cilindros do motor, e através de um radiador, transfere calor ao AR.

Termossifão



A vantagem do termossifão é a simplicidade. As desvantagens são:

- Exige camisas e tubulações mais amplas para facilitar a circulação da água.
- Se a água se encontrar abaixo do nível normal haverá formação de bolsões de ar acarretando superaquecimento.

Circulação forçada

Utiliza em conjunto ar e água como meios arrefecedores. A água circula sob pressão, absorve calor excedente dos cilindros e através de um radiador transfere calor ao ar (Figura abaixo).

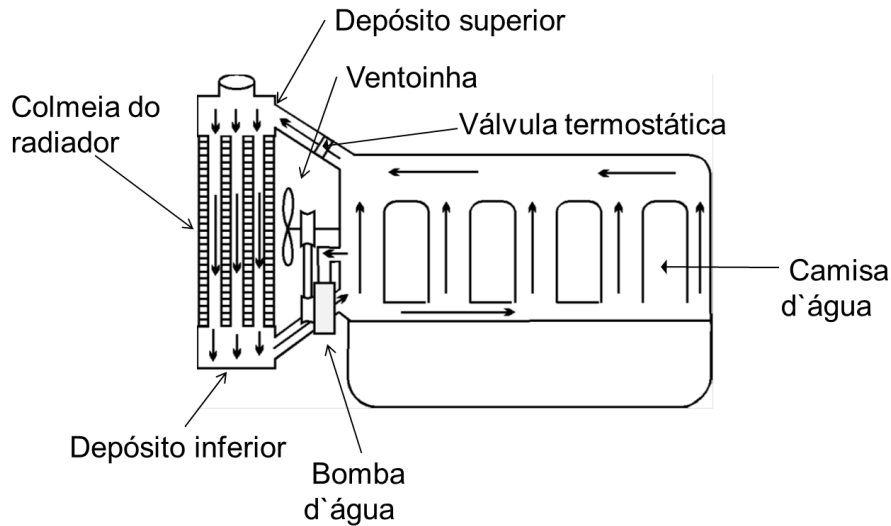


Figura 2. Sistema de arrefecimento de circulação forçada.

Sistema utilizado nos motores de tratores agrícolas. Semelhante ao sistema do tipo termossifão. As principais características do sistema são: possui bomba centrífuga que promove circulação de água sob pressão; ventoinha para circulação forçada do ar através da colmeia do radiador; válvula termostática para controle da temperatura.

A quantidade de água neste sistema pode ser reduzida consideravelmente, pois a água circula sob pressão e com maior velocidade que no termossifão. A Figura abaixo ilustra o fluxo da água de arrefecimento do motor no sistema de circulação forçada.

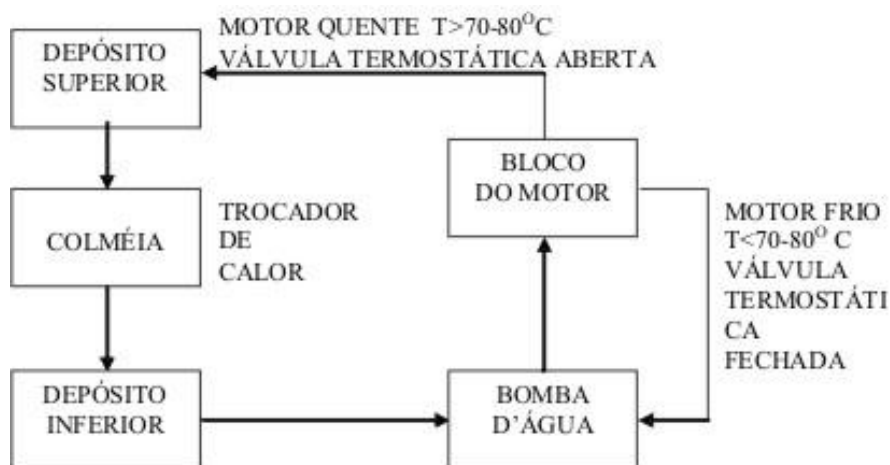


Figura. Fluxo da água de arrefecimento do motor no sistema de circulação forçada.

Partes constituintes

Radiador

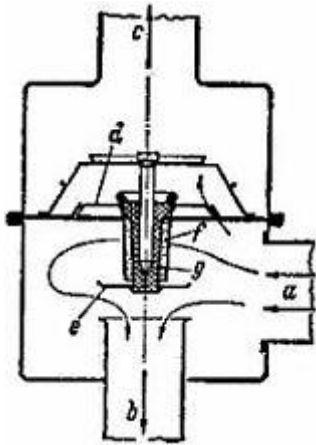
Trocador de calor entre a água e o ar. A água do sistema de arrefecimento do motor deve ser limpa e livre de agentes químicos corrosivos tais como cloretos, sulfatos e ácidos. A água deve ser mantida levemente alcalina, com o valor do pH em torno de 8,0 a 9,5. Qualquer água potável boa para beber pode ser tratada para ser usada no motor. O tratamento da água consiste na adição de agentes químicos inibidores de corrosão. A qualidade da água não interfere no desempenho do motor, porém a utilização de água inadequada por longo prazo pode resultar em danos irreparáveis. A formação de depósitos sólidos de sais minerais, produzidos por água com elevado grau de dureza, que obstruem as passagens, provocando restrições e dificultando a troca de calor, são bastante freqüentes. Água muito ácida pode causar corrosão eletrolítica entre materiais diferentes. O tratamento prévio da água deve ser considerado quando, por exemplo, for encontrado um teor de carbonato de cálcio acima de 100 ppm ou acidez, com pH abaixo de 7,0. O sistema de arrefecimento, periodicamente, deve ser lavado com produtos químicos recomendados pelo fabricante do motor. Geralmente é recomendado uma solução a base de ácido oxálico ou produto similar, a cada determinado numero de horas de operação.

Bomba água

Promove a circulação forçada da água. Fica acoplada no eixo da ventoinha. Succiona água do depósito inferior para o interior do motor.

Válvula termostática

Controla a temperatura através do fluxo de água do motor para o radiador. Começa a se entre 70-80°C. Possui em seu interior um líquido termostático.É falsa a idéia de que a eliminação da válvula termostática melhora as condições de arrefecimento do motor. Muitos mecânicos, ao se verem diante de problemas de superaquecimento do motor, eliminam a válvula termostática, permitindo que o motor trabalhe abaixo da temperaturas ideal em condições de pouca solicitação.



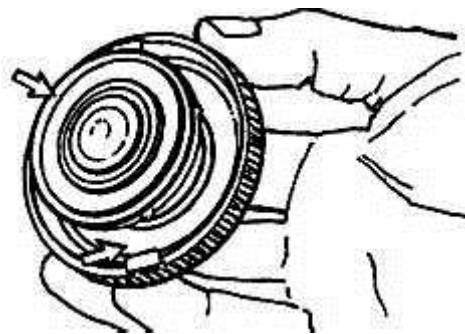
VÁLVULA TERMOSTÁTICA PARA CONTROLE DO FLUXO DE ÁGUA DE ARREFECIMENTO

a = afluxo; **b** = saída fria; **c** = saída quente; **d** = prato da válvula do lado quente com frestas de vedação para deixar escapar o ar durante o abastecimento; **e** = prato da válvula lado frio; **f** = enchimento de cera; **g** = vedação de borracha; o curso da válvula depende da variação de volume do material elástico (cera) durante a fusão ou solidificação.

A pressão interna do sistema é controlada pela válvula existente na tampa do radiador (ou do tanque de expansão) que, em geral, é menor que 1,0 atm. É recomendado manter a pressurização adequada do sistema de arrefecimento de acordo com as recomendações do fabricante do motor.

TAMPA DO RADIADOR COM VÁLVULAS DE SOBRE-PRESSÃO E DE DEPRESSÃO.

a = válvula de sobre-pressão; **b** = molas de a; **c** = tubo de descarga; **d** = válvula de depressão; **e** = tampa.



Ventoinha

Força a passagem do fluxo de ar através da colmeia do radiador.

Mangueiras

Condução da água do radiador até a bomba d'água e do motor para o radiador.

Camisas d'água

Superfície externa a parede dos cilindros, a qual forma galerias por onde a água circula retirando calor excedente do motor.

Elementos do radiador

Depósito superior: depósito de água proveniente do motor.

Depósito inferior: depósito de água após resfriada pela passagem pela colméia do radiador.

Colméia: região central constituída de capilares verticais e aletas horizontais.

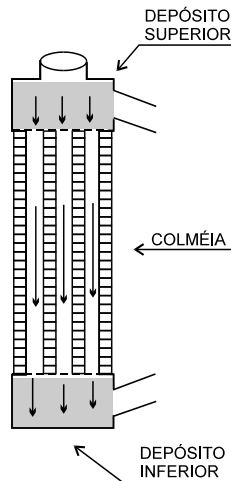


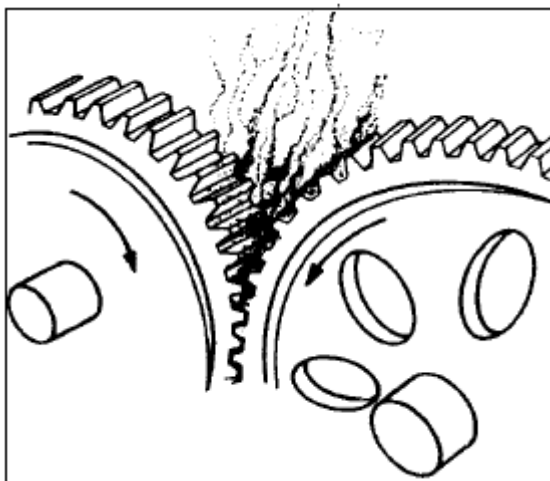
Figura. Elementos do radiador: depósito superior, depósito inferior e colméia.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

Carlos Alberto Alves Varella¹

INTRODUÇÃO

O sistema de lubrificação tem como função distribuir o óleo lubrificante entre as partes móveis do motor com objetivo de diminuir o desgaste, o ruído e auxiliar no arrefecimento do motor. Nos motores de quatro tempos o óleo lubrificante é armazenado no cárter e o fluxo de óleo é feito sob pressão através de galerias existentes no motor. Nos motores de dois tempos do ciclo Otto o óleo lubrificante fica misturado com o combustível no tanque.



Óleos lubrificantes

São fluidos utilizados na lubrificação dos motores e no sistema de transmissão dos tratores. Deve-se sempre utilizar o óleo lubrificante recomendado pelo fabricante. Óleos com viscosidades acima da recomendada (grossos) não penetram nas folgas, deixando de executar a lubrificação, por sua vez óleos com viscosidades abaixo da recomendada (finos) escorrem entrem as folgas não realizando a lubrificação.

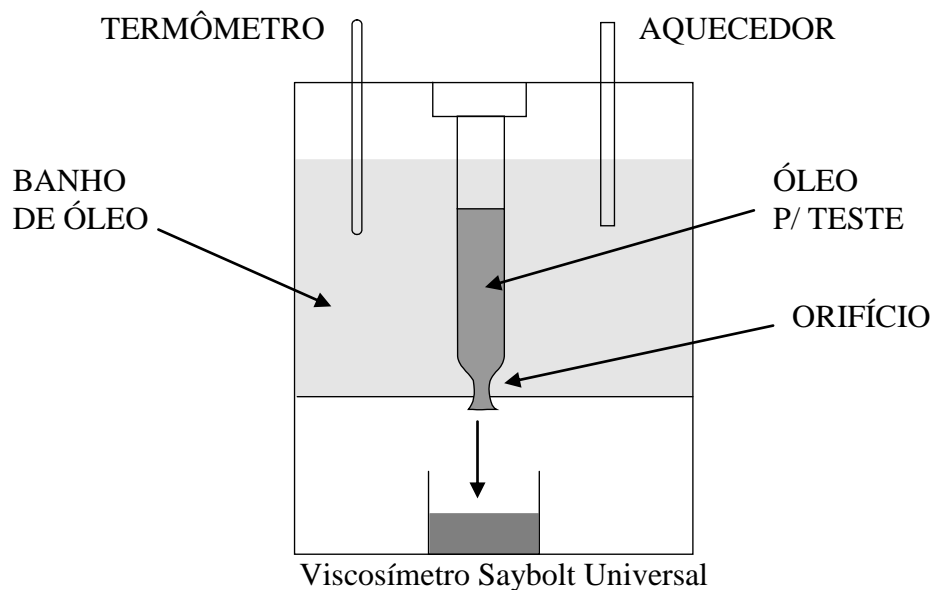
Funções dos óleos lubrificantes

- 1- Diminuir o atrito com conseqüente diminuição do desgaste das partes em contato;
- 2- Atuar como agente de limpeza, retirando os carvões e partículas de metais que se formam durante o funcionamento do motor;
- 3- Realizar um resfriamento auxiliar do motor;
- 4- Impedir a passagem dos gases da câmara de combustão para o cárter, completando a vedação entre os anéis do pistão e a parede do cilindro;
- 5- Reduzir o ruído entre as partes em funcionamento;
- 6- Amortecer os choques e as cargas entre os mancais.

Para que o óleo lubrificante possa atingir os objetivos acima deve atender as especificações de VISCOSIDADE e de QUALIDADE indicadas pelo fabricante do motor.

Viscosidade

A viscosidade é a resistência que um óleo impõe ao seu escoamento. É o tempo em segundos, para que uma certa quantidade de óleo, numa dada temperatura, escoe através de um orifício de formato e dimensões padronizados.



Classificação SAE

Em função da relação linear existente entre viscosidade e temperatura medidas no viscosímetro Saybolt Universal a Society of Automotives Engeneers (SAE) elaborou uma classificação numérica dos óleos lubrificantes conhecida como “SAE”. A viscosidade do óleo lubrificante vem estampada na lata que o embala. Quanto maior o número mais alta é a viscosidade do óleo.

CLASSIFICAÇÃO SAE

CÁRTER	TRANSMISSÃO
SAE 5W	SAE 75
SAE 10W	SAE 80
SAE 20W	SAE 90
SAE 30	SAE 140
SAE 40	SAE 250
SAE 50	

Qualidade

Baseada na **CLASSIFICAÇÃO API** do Instituto Americano de Petróleo em função das condições em que o óleo deve ser usado. Define os aditivos.

Classificação API

Motores do ciclo Otto

AS - Serviços leves

SB - Serviços médios

SC - Serviços pesados e intermitentes

SD - Serviços pesados e contínuos

SE - Serviços muito pesados e velocidades elevadas e contínuas

SF - Serviços extremamente pesados em grandes velocidades

Motores do ciclo Diesel

CS - Serviços leves

CB - Serviços médios

CC - Serviços pesados

CD - Serviços muito pesados

Geralmente os óleos de baixa viscosidade contêm aditivos anti-congelantes, identificados pela letra “W” (Winter = Inverno). Existem óleos monoviscosos (SAE-30) e também óleos multiviscosos (SAE 10W-40) que atendem as necessidades de uso dentro da faixa que o código especifica (SAE 10-20-30-40).

ADITIVOS:

Anti-oxidante

Anti-corrosivo

Amplificador de viscosidade

Detergentes

Anti-espumante

TIPOS DE SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO

Os sistemas de lubrificação são classificados de acordo com a forma de distribuição do óleo pelas diferentes partes do motor:

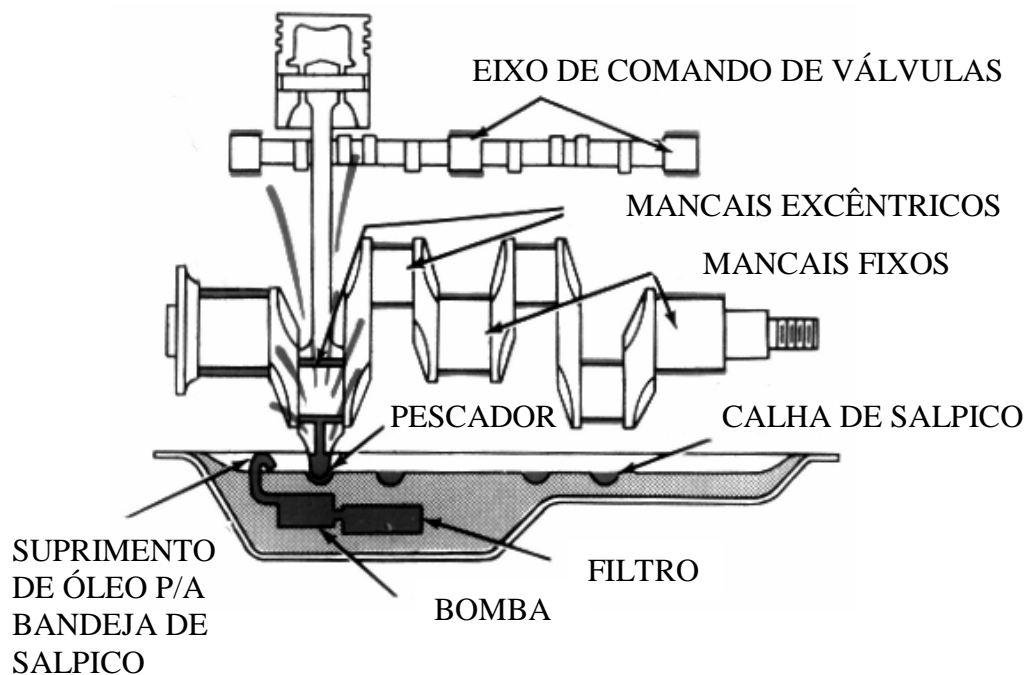
- sistema de mistura com o combustível;
- sistema por salpico;
- sistema de circulação e salpico;
- sistema de circulação sob pressão.

Sistema de mistura com o combustível

Utilizado nos motores de 2 tempos a gasolina. O óleo é mistura ao combustível na proporção de 1:20 a 1:40.

Sistema por salpico

Este sistema é mais utilizado nos motores estacionários, monocilíndricos, de uso agrícola. Neste sistema o pé da biela apresenta um prolongamento afilado denominado pescador. Uma bomba alimenta com óleo o pescador. Ao girar o motor o óleo é borrifado pelo pescador nas paredes dos cilindros e nos demais órgãos que se acham encerrados na parte inferior do bloco.



Sistema de lubrificação por Salpico

Sistema de circulação e salpico

Neste sistema uma bomba força a passagem do óleo através de uma galeria principal contida no bloco do motor ao mesmo tempo em que abastece as calhas de lubrificação por salpico. Da galeria principal o óleo, sob pressão, é direcionado através do virabrequim, do eixo de cames e do eixo de balancins. O óleo que escapa dos eixos é pulverizado na parte superior das paredes dos cilindros, nos pistões e pinos das bielas.

SISTEMA DE CIRCULAÇÃO SOB PRESSÃO

Sistema utilizado nos motores de tratores agrícolas. Neste sistema o óleo, sob pressão, além de passar através dos eixos de manivelas, cames e balancins, ainda é forçado através dos pinos dos pistões. Os pinos dos pistões são lubrificados por galerias existentes nas bielas. As partes superiores dos cilindros e dos pistões são lubrificadas pelo óleo que escapa de furos existentes nas conexões das bielas com os pinos dos pistões e a parte inferior das paredes dos cilindros e dos pistões pelo óleo pulverizado de furos existentes nas conexões da árvore de manivelas com as bielas. Devido a longa distância e diversas

galerias percorridas pelo óleo neste sistema, o requerimento de pressão na maioria dos motores dos tratores varia de 15 a 40 psi, podendo em alguns casos chegar até 65 psi.

COMPONENTES

- Reservatório de óleo
- Bomba de óleo
- Galerias
- Filtro de óleo
- Válvula de alívio
- Manômetro
- Radiador de óleo (em alguns sistemas)

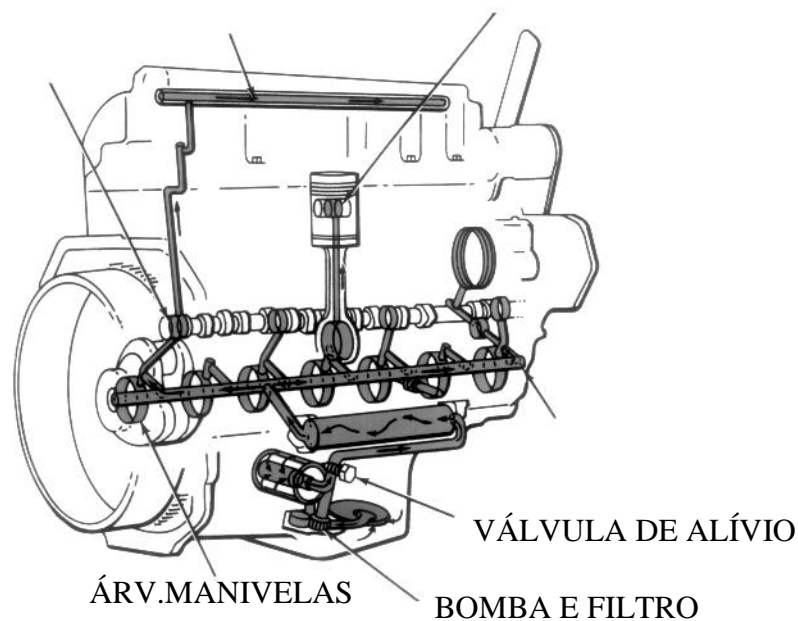


Figura 2. Sistema de lubrificação de circulação sob pressão

Reservatório de óleo: é o próprio cárter do motor.

Bomba de óleo: normalmente está localizada no reservatório de óleo lubrificante, pode ser acionada pelo movimento do eixo de manivelas ou pelo eixo pelo eixo de comando de válvulas. Sua função é suprir óleo lubrificante sob determinada pressão as diversas partes do motor.

As bombas de óleo na sua maioria são do tipo de engrenagens. Estas são constituídas por um par de engrenagens encerradas em uma caixa fechada. O óleo entra por um a das extremidades da caixa e é forçado a passar entre as engrenagens. A medida que as engrenagens giram é obtido o aumento de pressão.

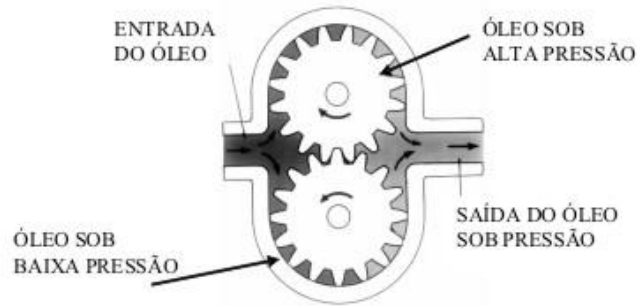


Figura 3. Bomba de engrenagens.

Galerias: são passagens localizadas no interior do bloco do motor por onde o óleo é bombeado até as partes a serem lubrificadas.

Filtro de óleo: localizado na parte externa do bloco do motor. Tem como função reter partículas indesejáveis visando promover a limpeza do óleo lubrificante. As impurezas reduzem significativamente a vida dos motores, desta forma os filtros devem sempre ser trocados de acordo com a recomendação do fabricante do trator.

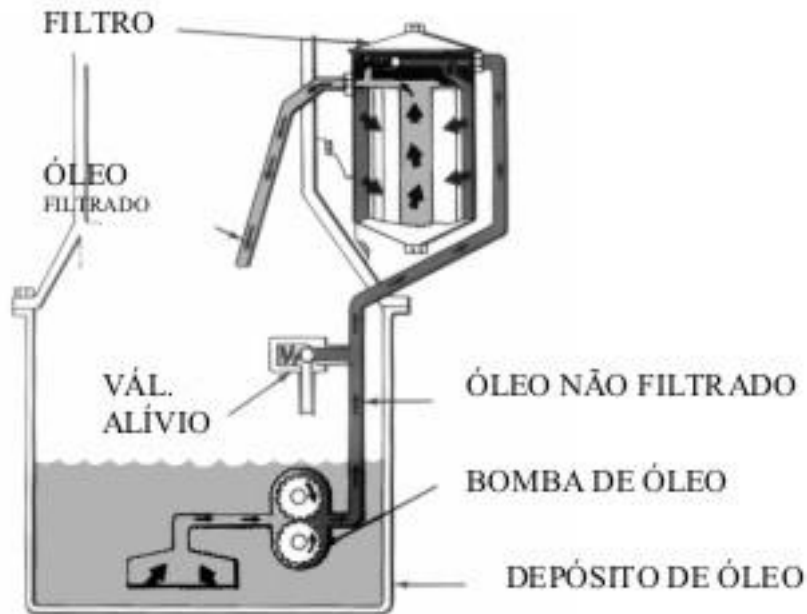


Figura 4. Localização do filtro de óleo lubrificante do motor de quatro tempos.

Válvula de alívio: localizada na linha de alta pressão do sistema. Tem como objetivo evitar que a pressão atinja valores acima do recomendado.

Manômetro: indica a faixa de pressão de funcionamento do sistema de lubrificação.

Radiador de óleo: alguns sistemas possuem o radiador de óleo que tem como função resfriar do óleo lubrificante do motor.

SISTEMA ELÉTRICO DOS MOTORES DIESEL

INTRODUÇÃO

O sistema elétrico tem como função auxiliar na partida do motor e controlar a iluminação do trator. Nos motores diesel o sistema elétrico não faz parte do funcionamento do motor.

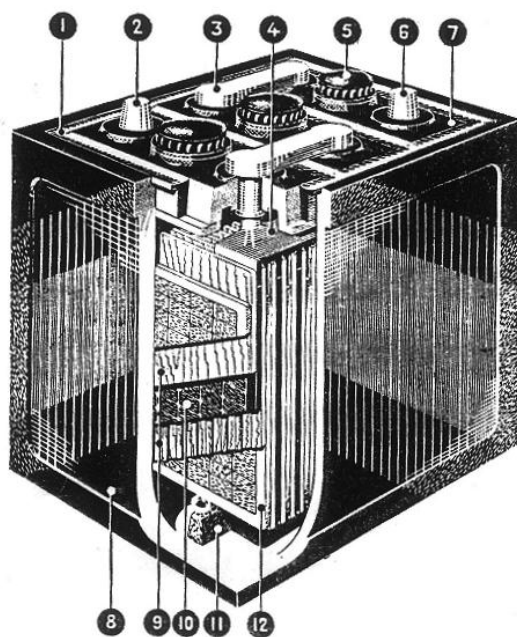
Componentes básicos

O sistema é basicamente constituído de bateria, motor de partida, alternador, cabos de distribuição, lanternas e faróis.

Bateria

A bateria (Figura 1) tem como principal função acumular energia elétrica suficiente para assegurar a partida do motor e, se for o caso, completa a alimentação de outros componentes quando a energia produzida pelo alternador não for suficiente.

A energia elétrica é acumulada na bateria através de transformações químicas de materiais especiais que compõem a bateria. Essas transformações são reversíveis. Assim, quando a corrente é em sentido contrário, os materiais transformados, retornam a sua composição inicial.



1. Pasta de vedação;
2. Pino polar negativo;
3. Barra de acoplamento dos elementos do acumulador;
4. Ponto polar (de montagem das placas de sinal idêntico);
5. Bujão;
6. Pino polar positivo;
7. Tampa da bateria;
8. Cuba;
9. Calço de madeira (separador);
10. Placa positiva;
11. Suporte;
12. Placa negativa.

Figura 1. A bateria e seus componentes.

Motor de partida

O motor de partida (Figura 2) tem como função acionar o volante para dar início ao funcionamento do motor. São motores elétricos que recebem energia da bateria e entram em contato com o volante, girando o virabrequim até que haja a combustão em um dos cilindros do motor. Por esta ocasião a mistura é queimada, entrando o motor em funcionamento.

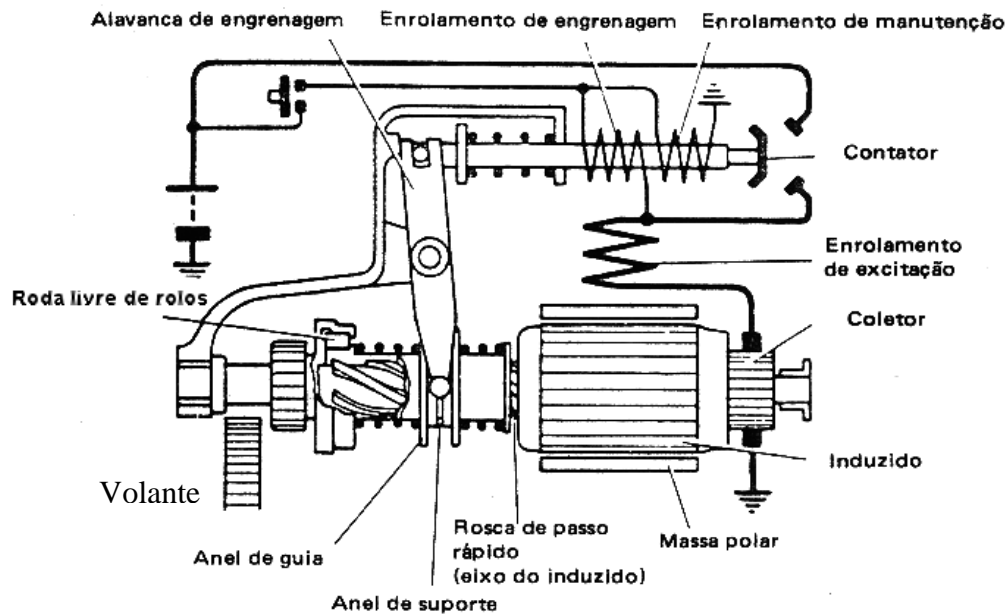


Figura 2. Motor de partida e seus componentes.

Alternador

O alternador (Figura 3) é o gerador de energia elétrica. Funciona utilizando a energia mecânica fornecida pela rotação da árvore de manivelas do motor (Figura 4). Transforma a energia mecânica em energia elétrica, a qual vai suprir a bateria para a partida do motor e iluminação do trator.



Figura 3. Alternador: gerador de energia elétrica.

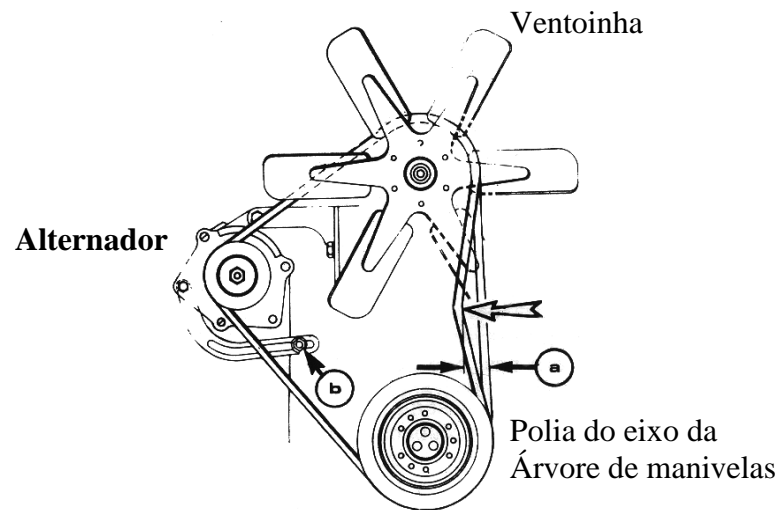


Figura 4. Transferência do movimento da árvore de manivelas para o alternador.

Referências bibliográficas

REIS, A.V.; MACHADO, A.L.T.; TILLMANN, C.A.C.; MORAES, M.L.B. **Motores, tratores, combustíveis e lubrificantes**. Pelotas: UFPel, 1999. 315 p.

HEMAIS, C.A. Polímeros e a indústria automobilística. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 13, nº 2, p. 107-114, 2003.