

OS SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO

E OS

LUBRIFICANTES NOS EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS

A presença de um circuito de lubrificação prende-se com a necessidade que há de **reduzir o atrito entre duas peças que têm movimento relativo e que exercem determinada carga entre si.**

Mesmo as superfícies que aparentam um aspeto perfeitamente polido têm rugosidades que, caso não houvesse lubrificação, entrariam em contacto durante o movimento, aumentando o atrito.

A intensidade do atrito depende da pressão de contacto entre as superfícies e da sua velocidade relativa, o que conduz à libertação de calor das peças, sua dilatação e, conseqüente, aumento da pressão de contato e sua fusão ("gripagem").

Para reduzir o atrito entre os diferentes elementos em movimento, o que diminui as perdas mecânicas e contribui para preservar o rendimento do motor, é fundamental a presença de um sistema de lubrificação que interponha entre as superfícies em movimento uma fina camada de óleo que evite o contato de metal com metal.

O termo lubrificar deriva do latim “**lubrificare**” que significa **escorregar**.

Departamento de Agronomia

Para além da lubrificação o **óleo contribui** para:

- a **estanquicidade entre as várias peças**, especialmente entre o cilindro e os segmentos;
- a **refrigeração do motor**;
- a limpeza, pela **remoção de impurezas** que resultam da aspiração do ar e das limalhas que se desprendem das peças, especialmente na fase de rodagem;
- **proteção contra a corrosão**;
- a **diminuição do ruído**, pois funciona como amortecedor entre as peças.

Noções sobre atrito e lubrificação

Atrito é a resistência que se opõe ao movimento relativo de duas superfícies, real ou virtualmente em contato.

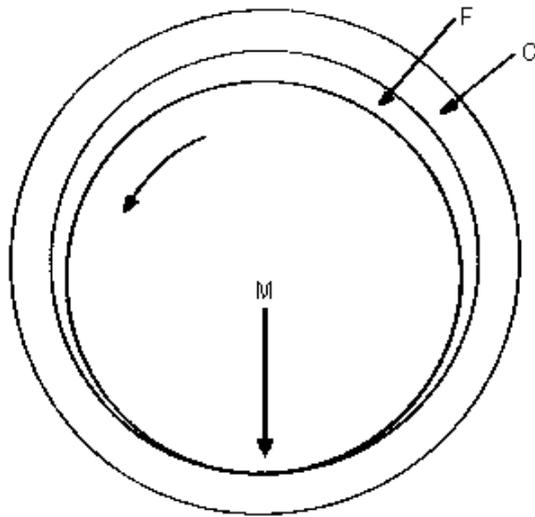
Quando duas superfícies comprimidas uma contra a outra, são animadas de movimento relativo desenvolve-se, em cada uma delas, forças tangenciais ou de atrito que se opõem ao movimento e que, de um modo geral, se procuram reduzir ao mínimo.

Estas resistências que se opõem ao movimento provocam o desgaste das superfícies e absorvem uma quantidade substancial de energia, quase integralmente transformada em calor e irremediavelmente perdida.

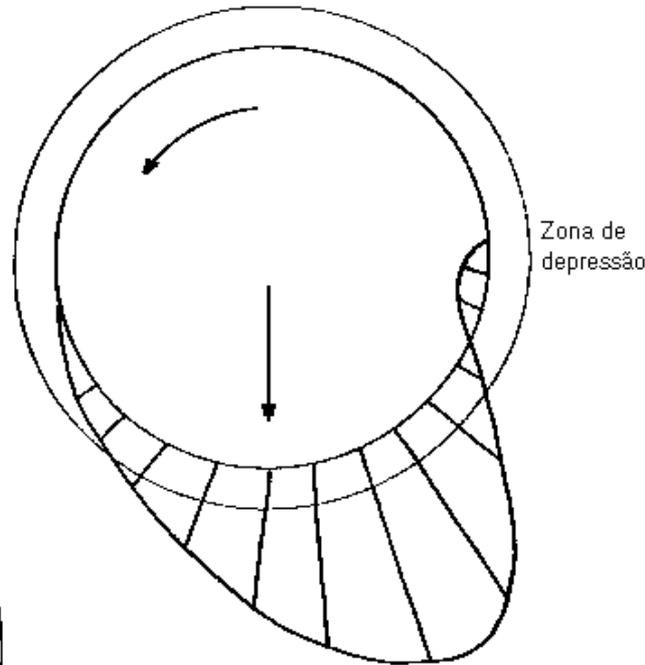
Noções sobre atrito e lubrificação (cont)

Quando entre as superfícies em movimento relativo não há interposição de lubrificante diz-se que o **atrito é seco ou direto**, obedecendo então o fenómeno às leis de Coulombs.

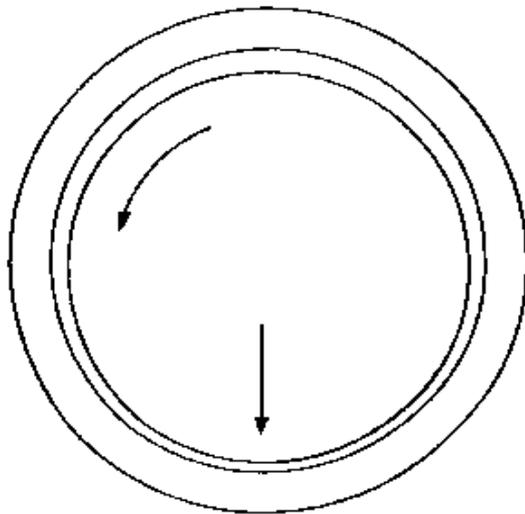
Quando, pelo contrário, se interpõe um lubrificante entre as superfícies em movimento relativo, diz-se que o **atrito é indireto**. O lubrificante é, em parte, retido pelas superfícies em contacto dando origem à formação de uma película de grande tenacidade.



A

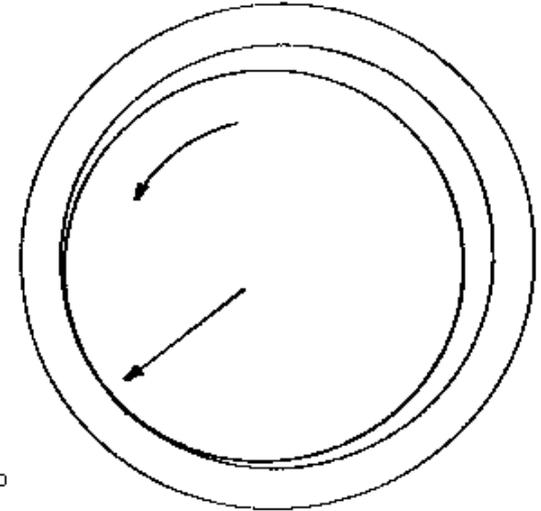


B



C

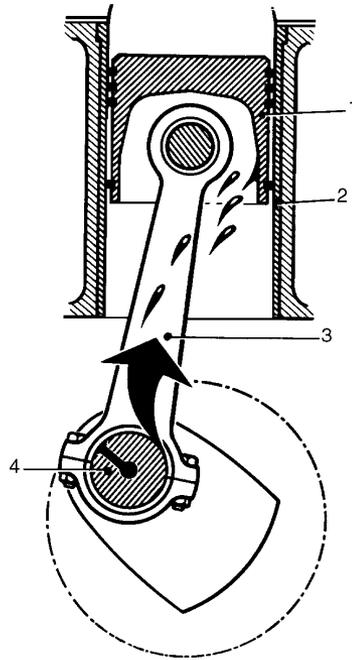
Diagrama de pressões num moente



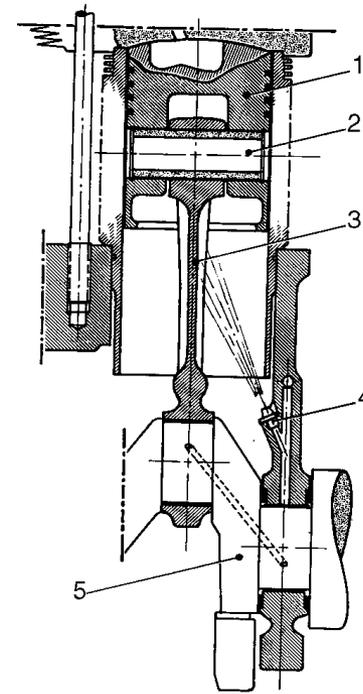
D

Departamento de Agronomia

Sistemas de lubrificação dos motores a quatro tempos



A



B

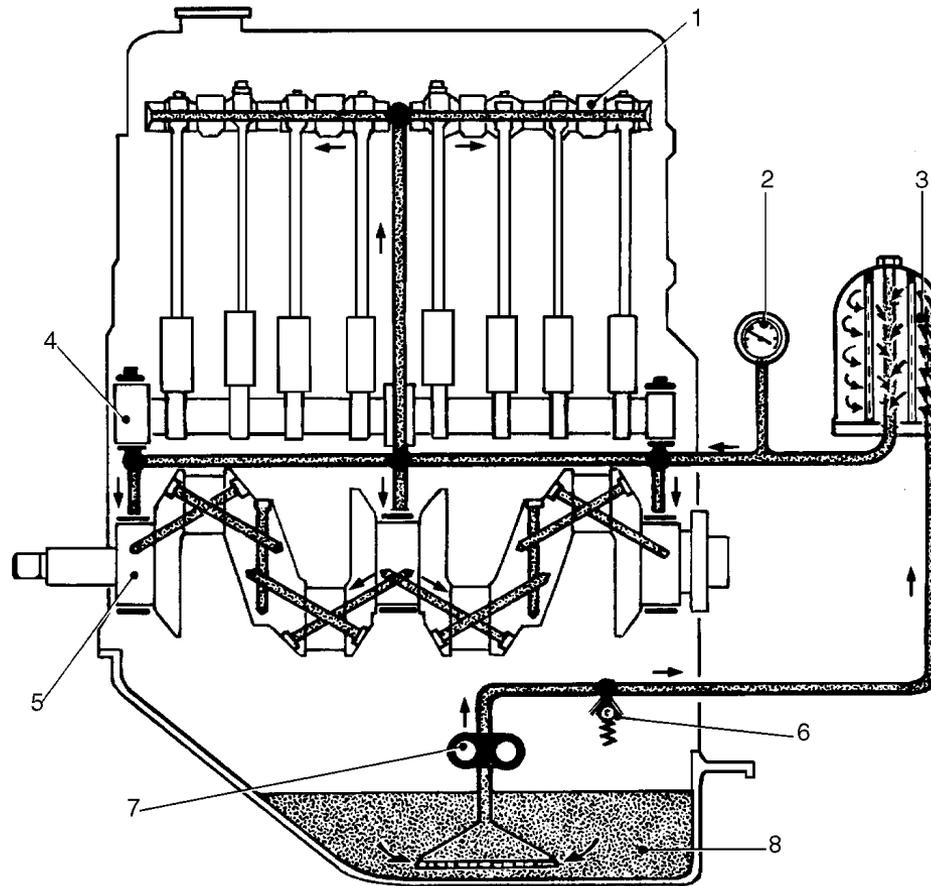
Lubrificação e refrigeração das paredes dos cilindros por **projeção do óleo dos moentes da cambota** (A) e **por um injetor alimentado pela canalização que atravessa a cambota** (B).

A: 1- Êmbolo 2- Camisa 3- Biela 4- Cambota

B: 1- Êmbolo 2- Eixo do êmbolo 3- Biela 4- Injetor de óleo 5- Cambota

Constituição de um sistema de lubrificação

- o cárter;
- a bomba de óleo;
- as condutas de óleo
- as válvulas de regulação;
- os filtros;
- o permutador de calor;
- os órgãos de controlo e de segurança.



Circuito de lubrificação de um motor

1- Eixo dos balancetes 2- Manómetro 3- Filtro (montado em série) 4- Árvore de cames 5- Cambota 6- Válvula de descarga 7- Bomba de óleo 8- Cárter de óleo

O cárter

O cárter, fabricado em aço ou alumínio, **é o reservatório onde se acumula o óleo**. Tem na sua parte inferior um **bujão para remoção do óleo** e, na sua periferia, **várias palhetas para aumentar a superfície de contacto com o ar exterior**, o que facilita o seu arrefecimento por radiação.

Nos equipamentos que funcionam em declives acentuados o cárter deve apresentar um compartimento interior, que está sempre parcialmente cheio, onde se encontra a conduta de aspiração, para que a alimentação nunca seja interrompida.

A bomba de óleo

As bombas de óleo utilizadas nos sistemas de lubrificação são **bombas volumétricas**, ou seja, **o volume de óleo em cada rotação mantém-se constante, dependendo o seu débito da dimensão e regime da bomba.**

As bombas de óleo são, geralmente, **bombas de carretos** e atingem regimes bastante elevados pois não têm válvulas de admissão ou de saída.

Nas bombas de carretos o **débito depende do regime de funcionamento** e as fugas dependem da viscosidade do óleo e da sua temperatura.

Aspira o óleo do cárter através de uma conduta que tem na extremidade um **filtro de rede metálica** que retém as impurezas de maior dimensão.

A bomba de óleo (cont)

O débito da bomba, que é função da potência do motor, deve permitir, **logo que o motor começa a funcionar, alimentar todos os pontos de lubrificação, quaisquer que seja a viscosidade do óleo e o regime do motor.**

As condutas de óleo

As condutas de óleo, que podem ser **exteriores** ao motor ou **perfuradas** em determinadas peças deste, devem ter um diâmetro que permita o escoamento do óleo com o mínimo de perdas de carga e riscos de entupimento e uma alimentação rápida dos pontos a lubrificar.

As **condutas exteriores**, fabricadas em cobre ou aço, são fixas por forma a evitar trepidações.

As **condutas interiores** são perfuradas no bloco motor e na cambota.

As válvulas de regulação

As válvulas de **regulação ou de descarga**, permitem regular o débito e pressão do circuito de óleo; **a pressão varia segundo o quadrado do regime**, ou seja, **quando o regime aumenta duas vezes a pressão aumenta quatro**, o que faz com que a sua variação seja muito grande.

Como é necessário uma pressão bastante alta a baixos regimes, quando estes são elevados a pressão atinge valores que podem provocar ruturas nas condutas, filtros ou perdas significativas de potência.

Para se evitar a rutura das condutas quando a pressão atinge valores de **3 - 5 bar**, as válvulas deixam passar o óleo para um circuito de retorno.

Os filtros

Os filtros de óleo têm como função **reter as impurezas** que podem ser:

- **resíduos resultantes da combustão**, de fugas do sistema de refrigeração por água ou dos permutadores de calor, etc.
- **metais provenientes do desgaste do motor**;
- **sílica resultante da fundição de peças** (bloco motor) ou aspiradas do ar e não retidas pelos filtros de ar;
- **impurezas diversas** que penetram pelo orifício de enchimento do cárter ou pela admissão do ar.

Os filtros (cont)

A capacidade dos filtros deve ser suficientemente pequena para se encherem rapidamente quando da sua substituição, mas sem originar perdas de carga importantes.

A presença dos filtros provoca perdas de carga variáveis conforme a sua constituição, débito de óleo e sua viscosidade.

Considerando a forma como os filtros são montados no circuito tem-se:

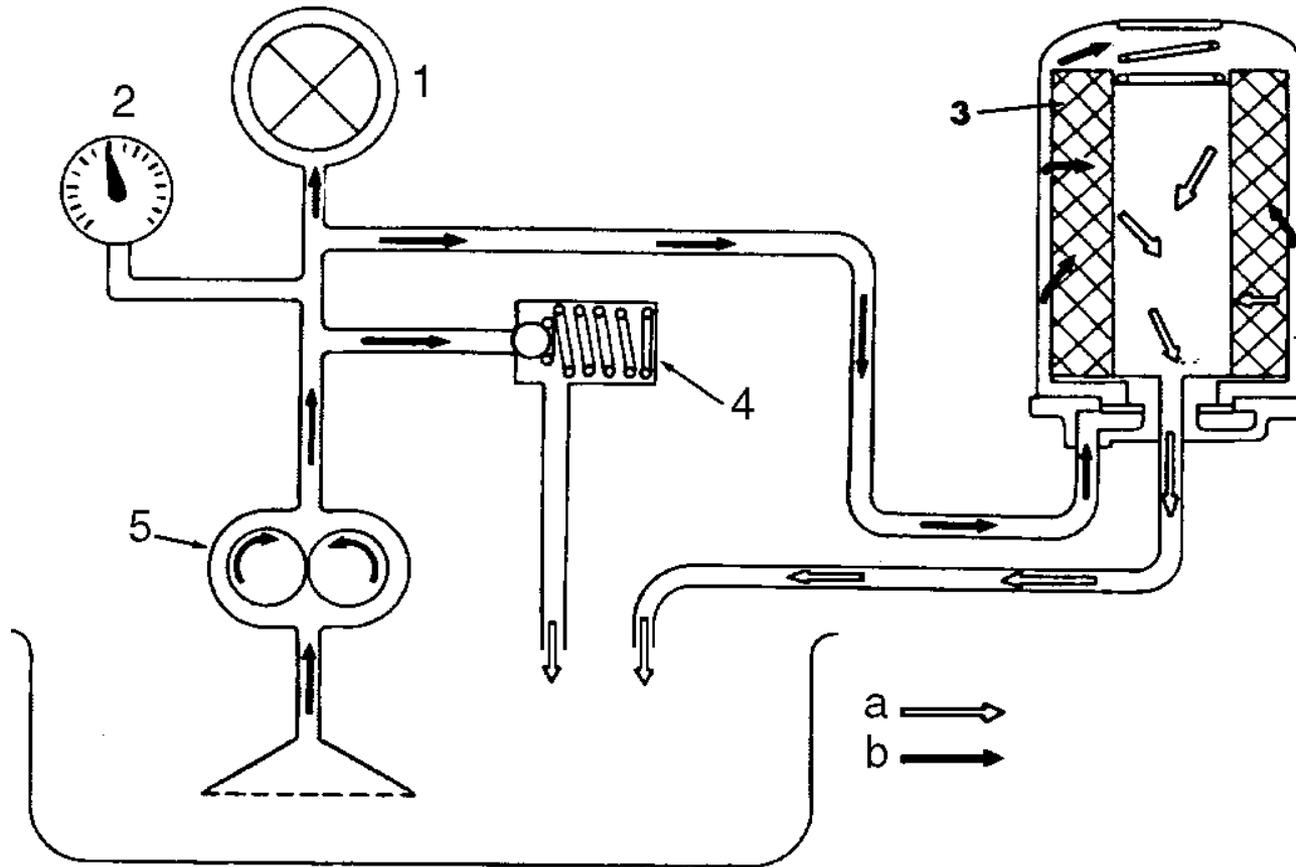
- filtros em **paralelo** (derivação);
- filtros em **série**.

Os filtros (cont)

Filtros em paralelo

Quando os filtros estão colocados em **paralelo** (derivação), existem duas alternativas para o trajeto do óleo, uma que **conduz o óleo para os pontos de lubrificação** e outra que o **conduz para o cárter através do filtro**.

O volume de **óleo que passa no filtro representa cerca de 5 - 10% do óleo do circuito**, o que implica que uma partícula possa circular entre 10 - 20 vezes sem ser filtrada. Atendendo a este tipo de limitação as bombas utilizadas apresentam um débito relativamente elevado.



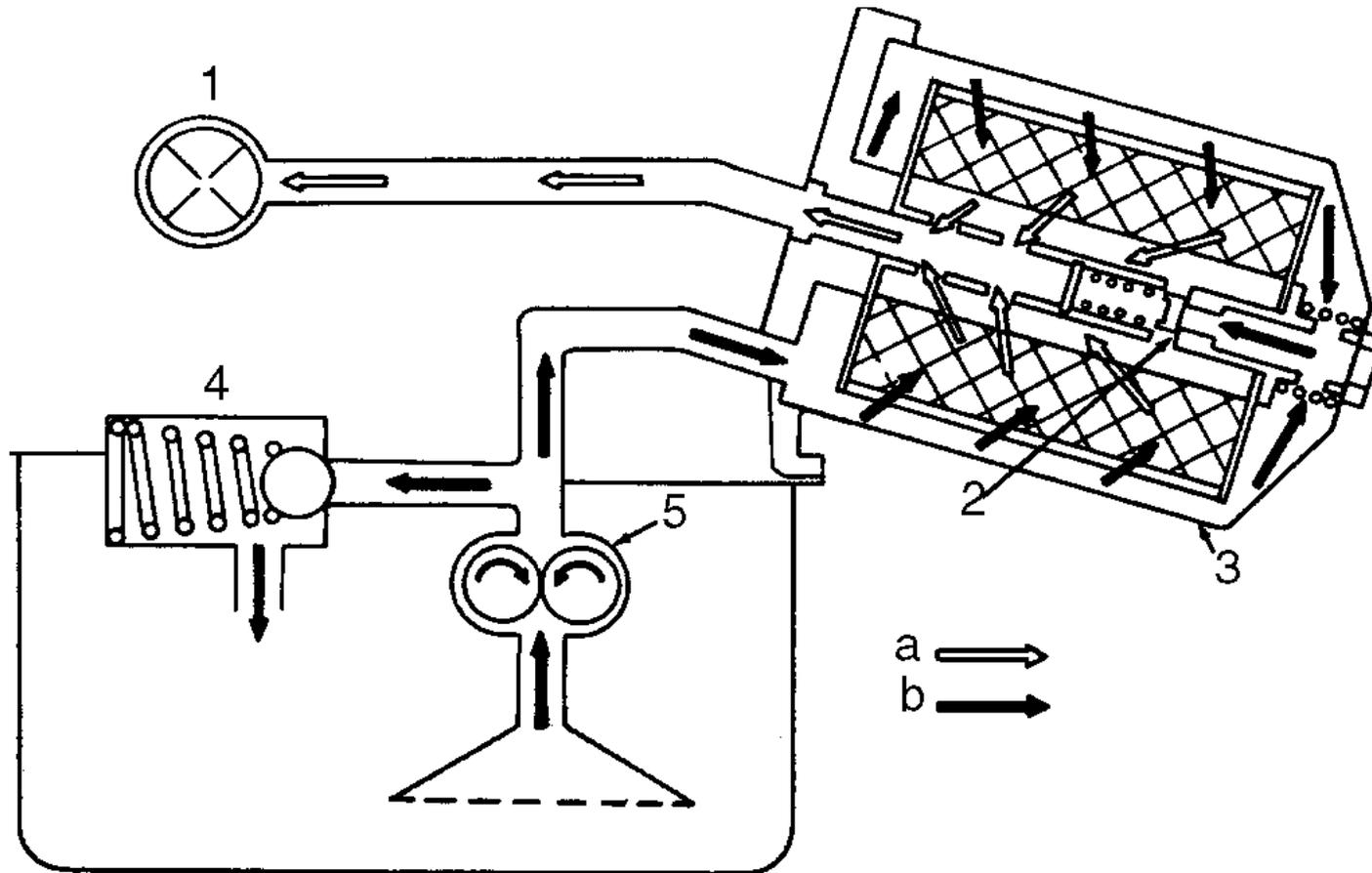
Circuito de lubrificação com o **filtro montado em paralelo**.
1- Chumaceira a lubrificar 2- Manómetro 3- Filtro 4- Válvula de
descarga 5- Bomba de óleo
a- óleo filtrado b- óleo não filtrado

Os filtros (cont)

Filtros em série

Nos circuitos de lubrificação com os **filtros em série**, também designados por circuitos de lubrificação de **débito total**, todo o óleo proveniente da bomba é filtrado antes de atingir os órgãos a lubrificar, pelo que a superfície filtrante é bastante elevada.

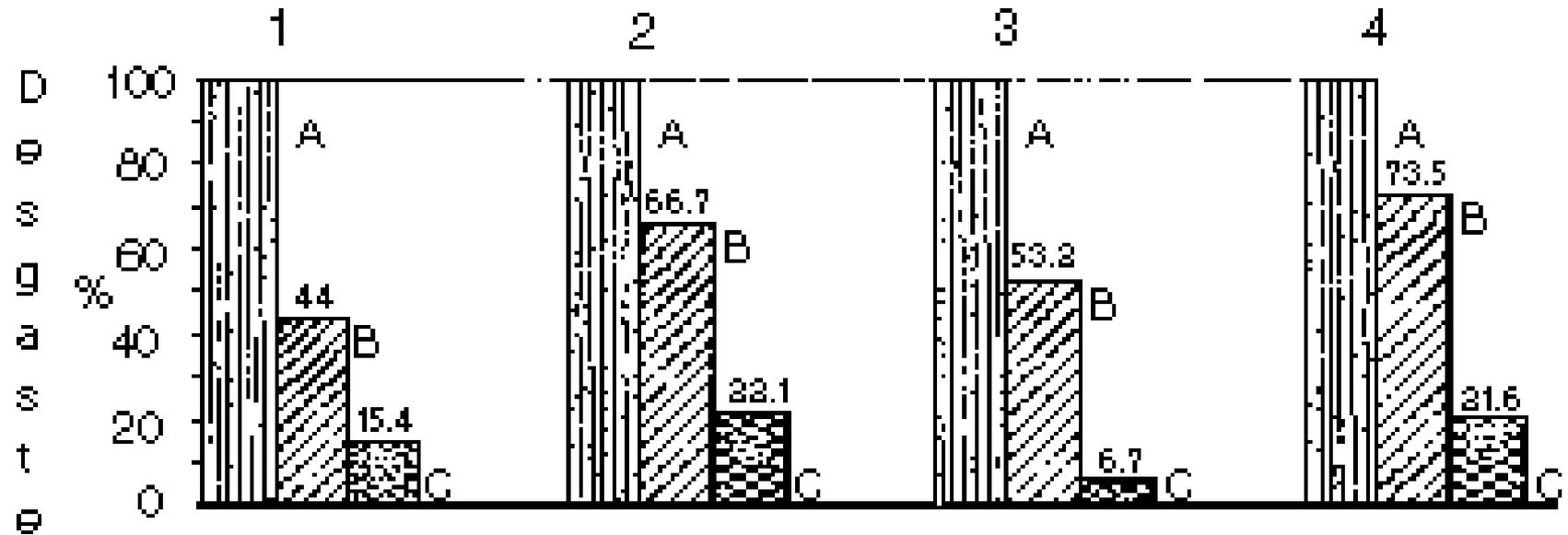
Nestes circuitos, no caso de obstrução do filtro, a válvula de descarga deste abre-se, sendo o óleo conduzido para o cárter sem ser filtrado.



Circuito de lubrificação com o **filtro montado em série**.

1- Chumaceira a lubrificar 2- Válvula de derivação 3- Filtro 4- Válvula de descarga 5- Bomba de óleo a- óleo filtrado b- óleo não filtrado

Departamento de Agronomia



Comparação entre os desgastes (%) observados em diferentes partes do motor com diferentes tipos de montagem de filtros.

1- Camisas 2- Casquilhos da cambota 3- Casquilhos da biela 4- Êmbolos

A- Sem filtros B- Filtros montados em paralelo C- Filtros montados em série

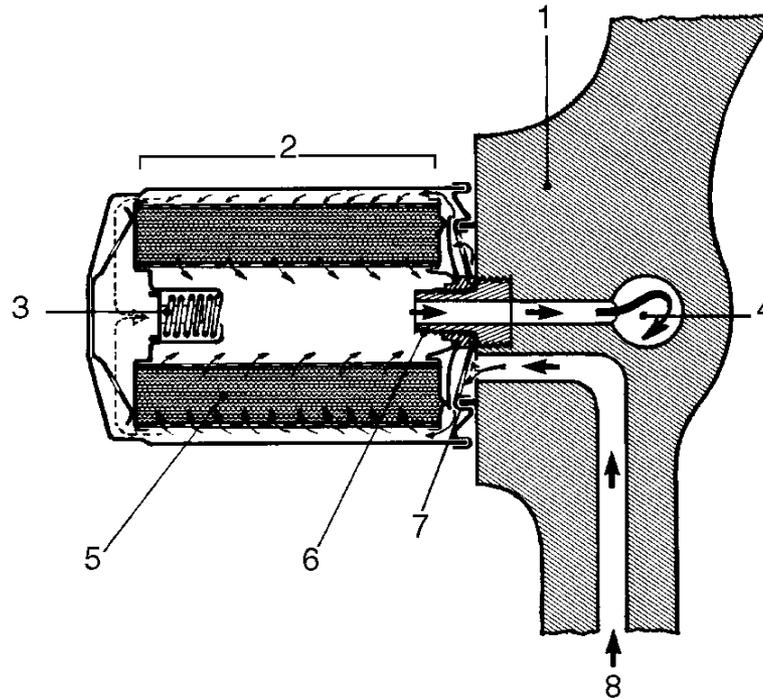
Filtros

Filtros de papel

Os filtros de papel são caracterizados por o elemento filtrante (cartucho) ser constituído por papel impregnado de resina, em que a superfície de filtração é proporcional ao seu débito, e por uma armadura metálica perfurada envolvente.

Filtro de óleo monobloco - o elemento filtrante forma um conjunto com o corpo do filtro, que se enrosca diretamente no bloco motor.

No primeiro caso apenas o elemento é substituível e, no segundo, é todo o conjunto.



Representação de um corte de um **filtro de óleo monobloco**

A: 1- Bloco motor 2- Elemento filtrante monobloco 3- **Válvula de descarga (derivação)** 4- Saída do óleo para as diferentes partes do motor 5- Papel filtrante 6- Rosca 7- Junta do filtro 8- Chegada de óleo

Filtros centrífugos

Os filtros centrífugos utilizam a velocidade de circulação do óleo e a forma da trajetória do fluido para, a partir da massa das impurezas, fazer a sua separação do óleo.

Estes filtros são de dois tipos:

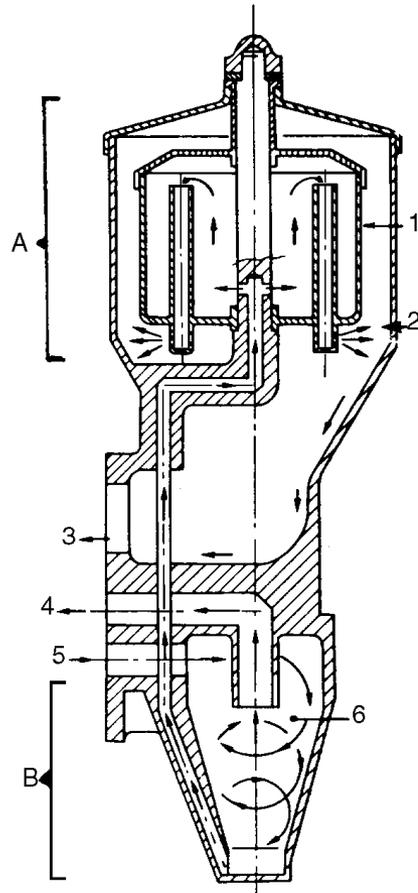
- giratórios,
- fixos.

Os **filtros giratórios** têm uma cuba cheia de óleo, que gira como reação ao débito de óleo que sai a grande velocidade de dois pulverizadores diametralmente opostos; o regime da cuba depende do diâmetro dos orifícios dos pulverizadores e da sua distância assim como da viscosidade e temperatura do óleo.

Filtros giratórios (cont)

Como resultado do movimento da cuba as impurezas do óleo são centrifugadas, ficando "coladas" à sua parede, saindo o óleo filtrado pelos pulverizadores.

Os filtros centrífugos fixos, do tipo ciclone, têm um corpo em forma de cone invertido ao qual chega o óleo, segundo uma trajetória tangencial, saindo filtrado pela parte superior central; o movimento de rotação a que o óleo é sujeito obriga à deposição das impurezas no fundo do corpo.



Representação de um conjunto de dois filtros centrífugos, um do tipo giratório e outro do tipo fixo.

A- Filtro centrífugo giratório

B- Filtro centrífugo fixo

1- Cuba rotativa 2- Pulverizador 3- Saída de óleo do filtro giratório 4- Saída de óleo do filtro fixo para o circuito 5- Entrada de óleo 6- Separação das partículas em suspensão no óleo.

Filtros magnéticos

Os filtros magnéticos apresentam discos (superfícies) magnetizadas que atraem as **partículas metálicas** em suspensão no óleo.



O permutador de calor

Os permutadores de calor são, normalmente, utilizados nos motores de potência mais elevada, ou nos motores em que a refrigeração do óleo é insuficiente.

Este elemento, que tem como função dissipar o calor absorvido pelo óleo durante o seu trajeto no circuito de lubrificação, **é fundamental nos motores sobrealimentados devido à existência de partes do motor com temperaturas muito elevadas.**

O permutador de calor (cont)

Nos motores mais rotativos dos tratores (2200 - 2500 rpm) o óleo motor atinge temperaturas de ± 100 °C podendo, em condições desfavoráveis, chegar aos 140 °C.

Temperaturas altas favorecem a sua **oxidação** devido ao contacto com o ar e vapor de água resultantes da combustão e **acidificação** com os produtos ácidos resultantes da combustão incompleta do gasóleo e da formação de compostos oxigenados de enxofre e azoto.

O permutador de calor (cont).

Considerando a posição relativamente ao circuito de lubrificação, os permutadores podem ser montados em **paralelo** (derivação) ou em **série**.

Permutador montados em paralelo - é alimentado através de um **termóstato** que evita que o óleo o atravessasse quando a sua temperatura é baixa; o permutador **só é atravessado quando o óleo atinge os 70°C**.

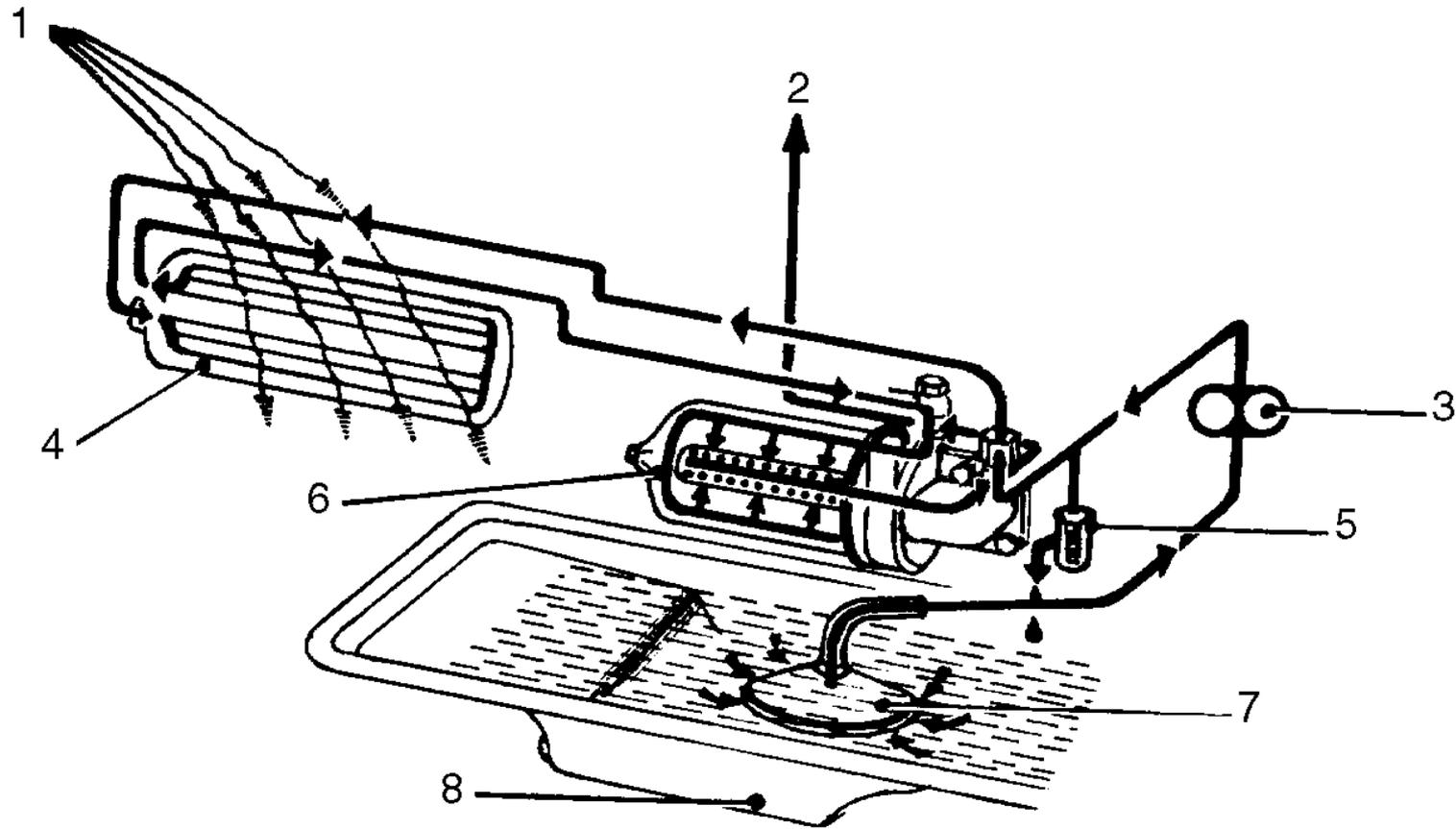
Esta situação evita perdas de carga elevadas pois, por exemplo, a perda de carga de 0.1 bar originada num permutador quando o óleo está a 80°C, sobe para os 8 bar quando a temperatura baixa para 0°C.

O permutador de calor (cont).

Permutador montados em série - nesta situação **o permutador é atravessado pelo óleo, mesmo quando este está frio**; neste caso, o líquido de refrigeração, que aquece mais rapidamente que o óleo, faz com que este atinja mais depressa a temperatura de funcionamento.

Quando a água aquece o óleo, o filtro deve estar colocado depois do permutador, para que a temperatura do óleo seja a mais alta possível, diminuindo-se assim as perdas de carga;

Quando a água refrigera o óleo, o filtro deve estar antes do permutador.



Circuito de lubrificação com **permutador de calor montado em série** num motor refrigerado a ar.

1- Corrente de ar proveniente da turbina 2- Saída de óleo 3- Bomba de óleo 4- **Radiador do óleo** 5- Válvula de descarga 6- Filtro de óleo 7- Filtro de rede metálica 8- Cárter do óleo

Órgãos de controlo e de segurança

Os órgãos de controlo e de segurança **permitem ao operador conhecer o estado de funcionamento do sistema de lubrificação e indicar o aparecimento de qualquer anomalia.**

Vareta do óleo onde se encontra gravado o "**mín**" e o "**máx**" ou seja, o nível mínimo e máximo que o óleo deve ter no cárter.

Manómetro, que pode ser mecânico ou elétrico, **indica o valor da pressão do óleo na conduta principal do bloco.**

Os **manómetros mecânicos** (clássicos) têm uma peça deformável em função da pressão do óleo, que está ligada a uma agulha de leitura.

Órgãos de controlo e de segurança (cont)

Os **manómetros elétricos** são constituído por um captor que transforma a pressão do óleo num sinal elétrico, que é transmitido a um recetor, colocado no painel de controlo, que converte esse sinal numa indicação visual.

Avisador luminoso compreende um captor calibrado com um dado valor, semelhante a um interruptor, que é acionado pela pressão do óleo; **se a pressão desce para além de um valor mínimo, o interruptor fecha-se deixando passar corrente elétrica que acende uma lâmpada colocada no painel de instrumentos.**

Os sistemas de lubrificação dos motores a dois tempos a gasolina

A lubrificação dos motores a dois tempos pode ser feita:

- **misturando óleo ao combustível**
- **utilizando um circuito de óleo separado.**

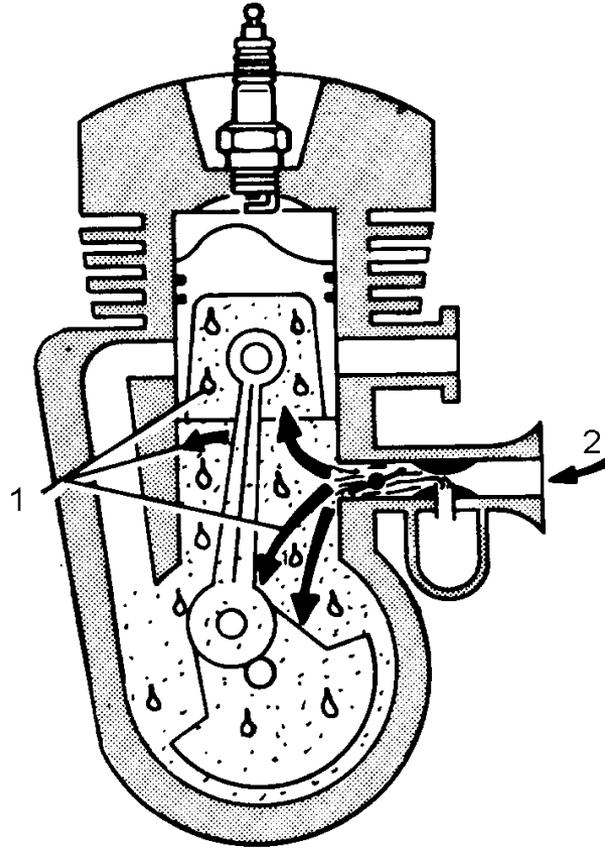
Lubrificação com mistura prévia de óleo

Este tipo de lubrificação implica que haja uma mistura prévia de óleo com o combustível, **2 a 5 % de óleo**, e que este esteja perfeitamente misturado com aquele e que conserve as suas características.

Considerando que o óleo aumenta o teor de resíduos carbonosos há tendência para utilizar concentrações baixas (**2 - 3%**) devendo-se, nestes casos, preparar muito bem a mistura, **utilizar óleos próprios para esse efeito** e ter em atenção a refrigeração do motor.

Departamento de Agronomia

Os sistemas de lubrificação dos motores a dois tempos a gasolina (cont)



Lubrificação de um motor a dois tempos em que o **óleo é misturado com a gasolina**

1- Deposição do óleo 2- Entrada de gasolina + óleo

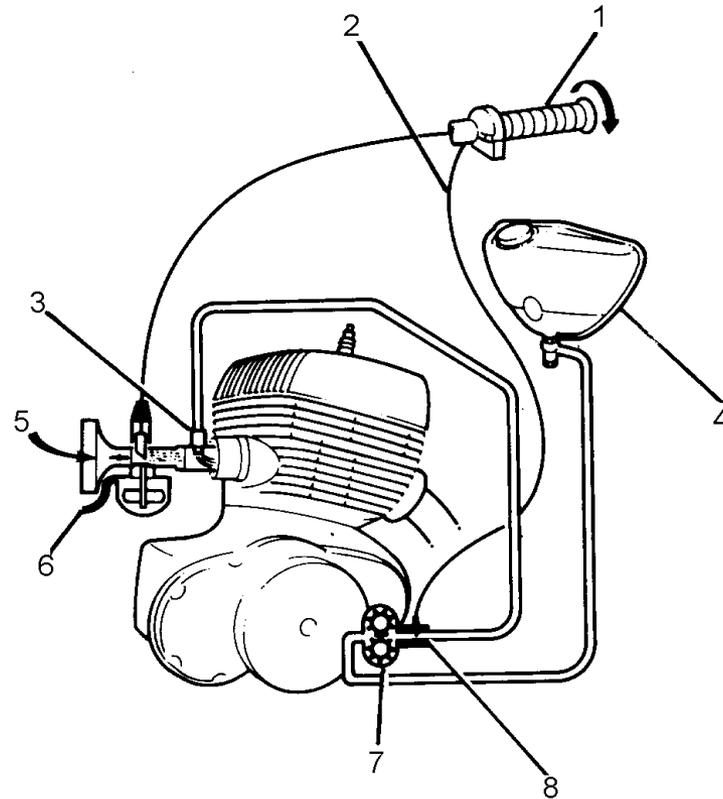
Os sistemas de lubrificação dos motores a dois tempos a gasolina (cont)

Lubrificação com circuito de óleo separado

Os motores em que a lubrificação é efetuada com um circuito de óleo separado **utilizam apenas gasolina sendo a mistura feita no coletor de admissão.**

Departamento de Agronomia

Os sistemas de lubrificação dos motores a dois tempos a gasolina (cont)



Lubrificação de um motor com **circuito de óleo separado**

- 1- Comando do combustível e óleo
- 2- Comando do débito de óleo
- 3- Difusor do óleo
- 4- Reservatório do óleo
- 5- Ar
- 6- Gasolina
- 7- Bomba de óleo
- 8- Doseador

Propriedades principais dos lubrificantes

- grau de viscosidade
- índice de viscosidade

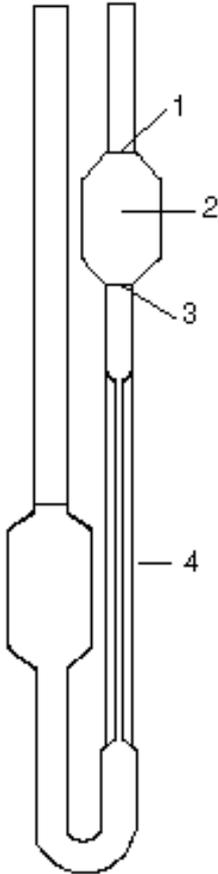
Grau de viscosidade- o grau de viscosidade de um óleo, a uma dada temperatura, é a resistência oposta pelo óleo a qualquer escorregamento interno das suas moléculas. Um líquido viscoso escoa-se com dificuldade e um líquido fluido escoa-se com facilidade.

A viscosidade varia com a temperatura, pressão e natureza do líquido, sendo uma característica que depende das condições de trabalho, e que é definida por duas grandezas físicas, ou seja, pela sua viscosidade dinâmica e viscosidade cinemática.

Propriedades principais dos lubrificantes (cont)

Viscosidade dinâmica mede-se com um viscosímetro rotativo que determina o binário resistente criado pelo óleo introduzido entre um cárter (estator) e um rotor, que tem uma velocidade de rotação constante; é medida em **mPa.s**.

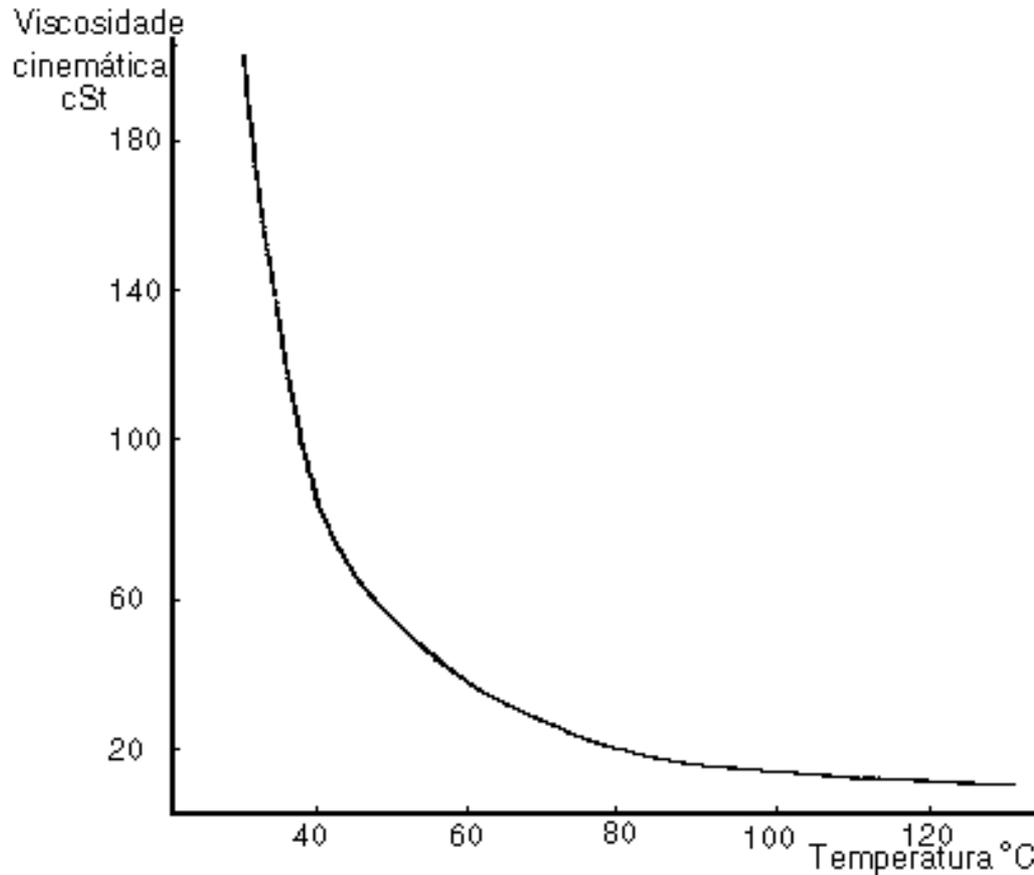
Viscosidade cinemática mede-se a partir do tempo de escoamento de um dado volume de óleo, mantido a uma determinada temperatura, através de um orifício de diâmetro conhecido; é medida em **mm²/s**. (Norma AFNOR T 60-100).



Representação esquemática de um viscosímetro

1- Traço superior 2- Bolbo

3- Traço inferior 4- Tubo capilar



Variação da viscosidade com a temperatura

Propriedades principais dos lubrificantes (cont.)

O **índice de viscosidade** (V.I.) de um óleo é um **valor empírico** que **estabelece uma relação entre a variação que a viscosidade sofre com a temperatura, e as variações idênticas de dois óleos de referência, um relativamente sensível (V.I.=0) e outro relativamente insensível (V.I.=100)**, tomando-se como base as viscosidades medidas às temperaturas de 100 e 210° F (37,8 e 98,9° C).

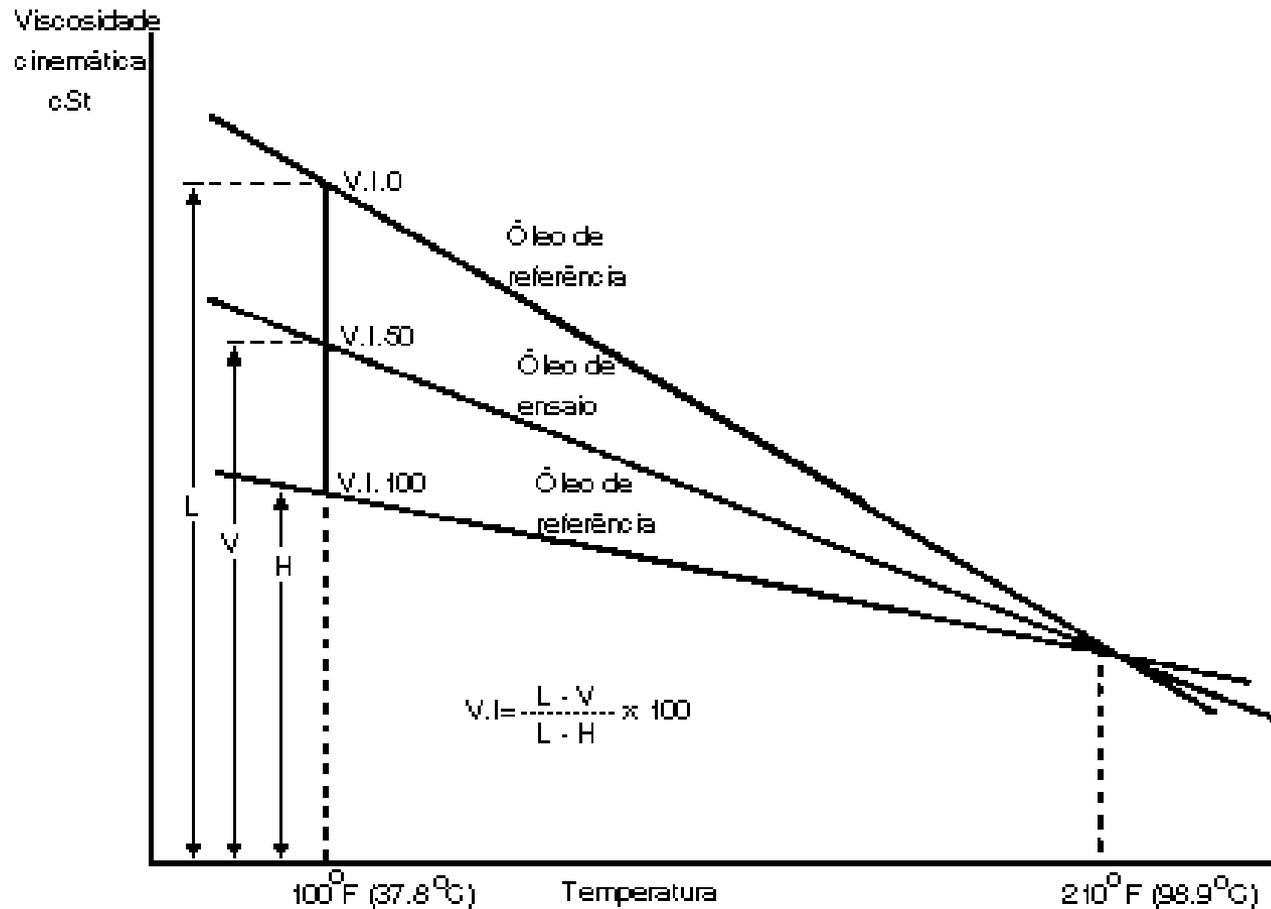
É possível produzir óleos mais sensíveis à temperatura do que os que se encontram abrangidos pela referência V.I.=0, e outros menos sensíveis do que os que figuram com a referência V.I.=100 devido, sobretudo, à introdução de novos aditivos, obtendo-se assim **valores de índice de viscosidade abaixo de zero ou acima de 100**, respetivamente.

Propriedades principais dos lubrificantes (cont.)

O óleo proveniente do **Golfo do México** tem um **baixo índice de viscosidade** e o da **Pensilvânia (centro dos EUA)** um **índice alto**.

Importante:

O **índice de viscosidade** de um óleo lubrificante é **menos relevante** quando este se destina a motores que não estejam sujeitos a frequentes arranques a baixas temperaturas.



Cálculo do índice de viscosidade

Aditivos

- de **proteção**;
- de **limpeza**;
- de **alteração da sensibilidade do óleo**.

Aditivos de proteção:

- aditivos de **untuosidade**, melhoram a aderência do filme de óleo;
- aditivos de **extrema - pressão (EP)**, combinam-se com a superfície do metal para formar uma película escorregadia que evita a colagem das peças sujeitas a grandes pressões e temperaturas. As substâncias mais utilizadas nestes aditivos são **compostos de enxofre**, cloro ou fósforo-zinco, que atacam as irregularidades das superfícies formando compostos facilmente destacáveis, dando origem a um filme sólido inorgânico muito tenaz que não é esmagada pelas altas pressões nem rompido pelas altas velocidades;

Aditivos

Aditivos de proteção (cont):

- aditivos **antidesgaste**, reduzem o desgaste rápido das peças provocado, por exemplo, pelo **enxofre**. Estes aditivos eliminam o desgaste que resulta do rompimento do filme de lubrificante, ficando as superfícies metálicas em contato direto.
- aditivos **antiferrugem**, evitam a oxidação das peças fabricadas com metais ferrosos;
- aditivos **anticorrosão**, neutralizam os ácidos corrosivos derivados do ácido sulfúrico resultante do enxofre existente nos combustíveis, formando uma película protetora.

Aditivos (cont)

Aditivos de limpeza

- aditivos **detergentes e dispersantes**, mantêm o motor mais limpo pois retêm em suspensão os resíduos resultantes da combustão, carbono e impurezas. Os aditivos detergentes **soltam ou impedem a formação de produtos de oxidação** (água, resinas, etc.) que tendem a depositar-se nas superfícies metálicas, dada a sua insolubilidade nos lubrificantes, mantendo-as em suspensão e os dispersantes mantêm as partículas em **suspensão** a fim de as conduzir para os filtros antes que elas se depositem.

Aditivos de alteração de sensibilidade

- aditivos de **adesividade** para melhorar a **coesão** das partículas do óleo;
- aditivos para **diminuir o ponto de congelação** por forma a **facilitar o arranque a frio** do motor;
- aditivos para **melhorar a viscosidade** tornando o óleo **menos sensível à variação da temperatura** (aumento do índice de viscosidade);
- aditivos **antiemulsionantes**, que **favorecem a rutura do filme de óleo** que envolve as bolhas de ar.

Aditivos de alteração de sensibilidade (cont)

- aditivos **antioxidantes**, que impedem a oxidação do óleo a altas temperaturas sobre as partes quentes do motor. **A oxidação do óleo provoca depósitos (resinas, vernizes, etc.)** sobre os êmbolos originando produtos agressivos às chumaceiras e moentes;
- aditivos para **melhorar o cheiro e a cor**, por forma a identificar os óleos ou evitar falsificações.

Classificação dos lubrificantes

1- Classificação dos óleos para motores a quatro tempos.

Os óleos para os motores a quatro tempos são classificados **em função da:**

A - viscosidade;

B - condições de serviço.

A- Classificação com base na viscosidade

Nos motores alternativos, a viscosidade do óleo é o factor mais importante no respeitante a desgaste, estanquicidade, economia de lubrificante e formação de depósitos e é um factor a considerar quanto à facilidade com que pode ser feito o arranque do motor.

Classificação com base na viscosidade (cont)

O objetivo é dispor de uma **viscosidade adequada** às temperaturas normais de regime para assegurar a formação de uma película que evite o contacto metálico e assegurar um consumo reduzido de óleo.

Uma **viscosidade excessiva**, a baixas temperaturas, contribui para um arranque difícil provocando dispêndio inútil de combustível e desgaste.

As normas de viscosidade determinam o grau de viscosidade e o índice de viscosidade.

Classificação com base na viscosidade (cont)

A viscosidade elevada tem uma influência favorável sobre:

- a **estanquicidade** entre os êmbolos e os cilindros e mantém um filme de óleo com uma espessura suficiente e contínua, resistente às altas pressões que se fazem sentir no topo dos êmbolos;
- a **redução do consumo de óleo**, conservando uma certa liberdade de movimento aos segmentos nas suas sedes.

Classificação com base na viscosidade (cont)

A viscosidade elevada tem uma influência desfavorável sobre:

- a **rapidez de circulação** e portanto da lubrificação imediata das peças e sobre a refrigeração dos órgãos mais afastados e mais quentes (eixo dos êmbolos, guias das válvulas, etc.);
- a **energia absorvida** para o pôr em movimento, especialmente a baixas temperaturas.

Classificação com base na viscosidade (SAE)

Segundo a viscosidade os óleos **dividem-se em duas séries (classes,** conforme a temperatura a que ela é determinada:

- **Óleos de inverno**, referenciados pela letra W, que é a inicial da palavra inglesa "Winter";
- **Óleos de verão**, tendo cada uma delas vários graus, definidos por gamas de viscosidade determinadas a uma dada temperatura.

Classificação com base na viscosidade (SAE)

- **óleos de inverno** determina-se a **viscosidade dinâmica** a temperaturas compreendidas entre **- 5 e - 30 °C**;
- **óleos de verão** determina-se a **viscosidade cinemática** a **100 °C**.

Óleos de inverno

O objetivo essencial dos é garantir uma fluidez suficiente que facilite o arranque dos motores a temperaturas baixas

Óleos de verão

O objetivo é apresentarem uma viscosidade suficientemente alta nas condições normais de utilização.

Departamento de Agronomia

Especificações SAE para os óleos motor da série de Inverno

Grau SAE	Viscosidade dinâmica máxima		Temperatura de	Viscosidade
	mPa.s	a °C	bombagem	
			°C	mínima a 100 °C (mm ² /s)
0 W	3250	- 30	- 35	3.8
5 W	3500	- 25	- 30	3.8
10 W	3500	- 20	- 25	4.1
15 W	3500	- 15	- 20	5.6
20 W	4500	- 10	- 15	5.6
25 W	6000	- 5	- 10	9.3

Especificações SAE para os óleos motor da série de Verão

Grau SAE	Viscosidade cinemática a 100 oC
	mm ² /s
20	5.6 - 9.3
30	9.3 - 12.5
40	12.5 - 16.3
50	16.3 - 21.9
60	21.9 - 26.1

Departamento de Agronomia

Cada número S.A.E. corresponde a uma certa amplitude de viscosidade com limites expressos no Sistema Internacional, pelo mili-pascal-segundo (mPa.s) ou milímetro quadrado por segundo (mm^2/s) - viscosidade dinâmica e cinemática, respetivamente.

A viscosidade medida nos **óleos de inverno** (viscosidade dinâmica) e nos **óleos de verão** (viscosidade cinemática) implica que um **óleo SAE 20 W** não tenha a mesma viscosidade que um **óleo SAE 20**.

$1 \text{ mPa.s} = 1 \text{ cP}$ e $1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt}$.

Departamento de Agronomia

A viscosidade de um óleo é tanto mais alta quanto maior é o número que define a sua classe S.A.E., ou seja:

- um óleo S.A.E. 30 é mais viscoso que um óleo S.A.E. 20
- um óleo S.A.E. 20 W é mais viscoso que um óleo S.A.E. 10 W.

Deste sistema de classificação resulta que, por exemplo, não é possível um óleo ter a designação S.A.E. 20 e S.A.E. 40 simultaneamente, uma vez que os seus limites de viscosidade referidos a 100 °C não se sobrepõem.

Óleo multigraduado (multigrade)

Um óleo que pode ser ao mesmo tempo S.A.E. 20 W e S.A.E. 40, ou seja, que tem a mesma viscosidade quando classificado na série de inverno e na série de verão.

Departamento de Agronomia

Os **óleos multigraduados** constituem uma categoria particular dos óleos motores, uma vez que **são sempre designados por dois números S.A.E.** apresentando-se num só.

Exemplo:

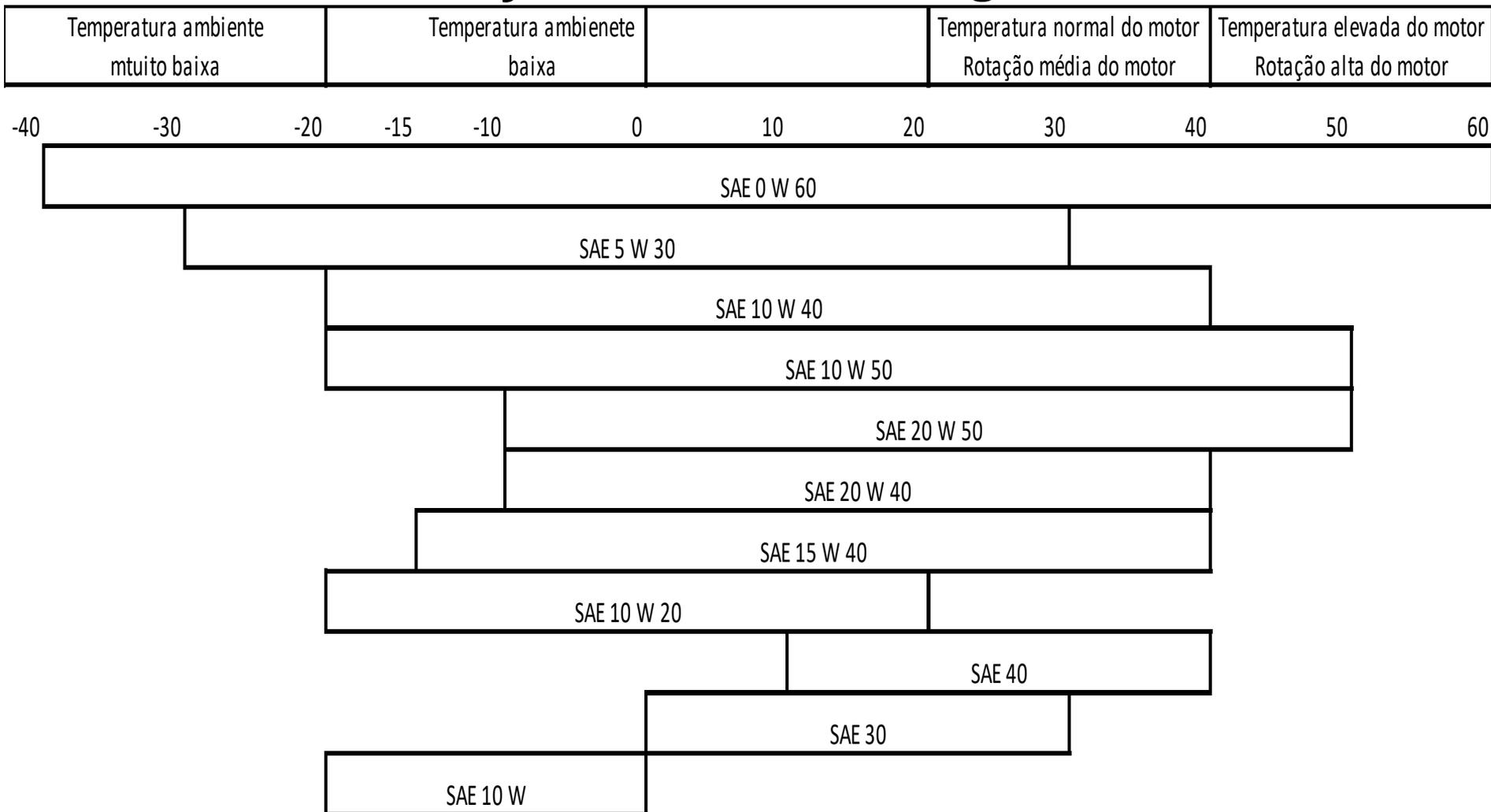
S.A.E. 10 W 30 designa um óleo de alto índice de viscosidade ao ponto de se manter suficientemente fluído a - 20 °C (S.A.E. 10 W) e não muito viscoso a 100 °C (S.A.E. 30).

Os óleos multigraduado têm por base um óleo de inverno ao qual se juntaram aditivos espessantes (viscosidade) que atuam quando a temperatura sobe, o que permite obter índices de viscosidade que variam de 90 a 180.

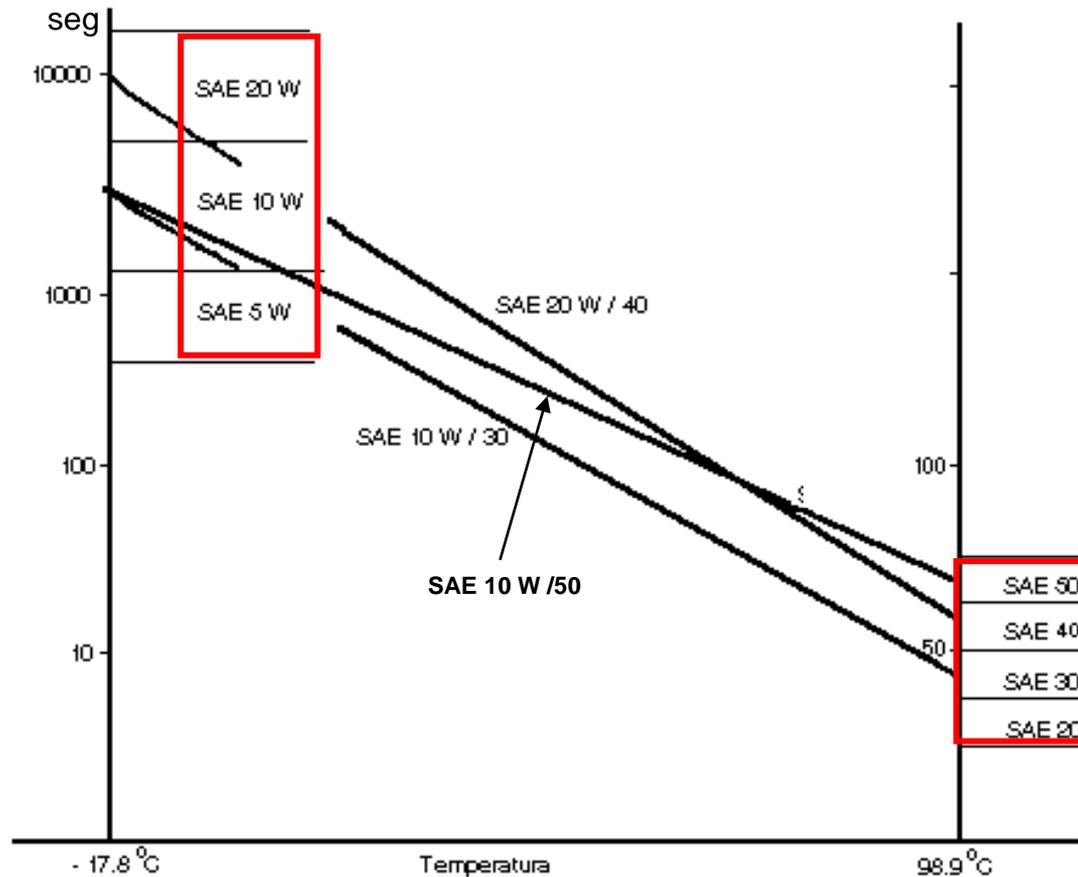
Um óleo multigraduado satisfaz simultaneamente:

- as exigências de utilização a baixas e altas temperaturas, pelo menos sob o ponto de vista da viscosidade, o que permite um fácil arranque a baixas temperaturas;
- as exigências para manutenção de um filme de óleo entre as peças, a altas temperaturas.

Identificação dos óleos multigraduados



Departamento de Agronomia



Comparação da variação da viscosidade a baixa e alta temperatura de três óleos multigraduados.

O óleo SAE 10 W 50 tem um índice de viscosidade mais elevado.

Nos eixos dos YY está representado o tempo de escoamento, em s

Departamento de Agronomia

- Índice de viscosidade dos óleos multigraduados

Classificação S.A.E.	Índice de viscosidade mínimo (*)
5W 20	122
5W 30	178
5W 40	207
5W 50	230
10W 30	134
10W 40	170
10W 50	180
15W 30	115
15W 40	138
15W 50	157
20W 30	
20W 40	113
20W 50	130

* O sistema criado em 1929 por Dean e Davis para determinação do índice de viscosidade e referido atrás (V.I. - Viscosity index) tornou-se inadequado para valores acima de 100. Um novo método, para determinações acima de V.I. 100, é actualmente empregue e é designado por Viscosity Index Extension (V.I.E.). Há continuidade entre os dois sistemas de tal modo que $V.I. = 100$ é equivalente a $V.I.E. = 100$.

B - Classificação com base nas condições de serviço

A viscosidade de um óleo e sua variação não é suficiente para a sua definição completa, pelo que é fundamental considerar as condições de utilização (serviço), cujos critérios são variáveis e de difícil determinação.

Alteração das características dos óleos

As condições de utilização dos óleos conduzem à sua alteração progressiva, nomeadamente a sua poluição, como resultado da acumulação de elementos sólidos, como partículas metálicas, elementos líquidos, água de condensação e das alterações químicas, por oxidação com a água e oxigénio do ar, e que resultam do contacto com as partes quentes dos motores.

Classificação com base nas condições de serviço (cont)

As condições de serviço são definidas em função das “performances” dos motores, sua tecnologia e condições de utilização, pelo que devem possuir propriedades anti-desgaste, extrema pressão, anti-acidez, anti-corrosão, etc.

Foi durante a segunda guerra mundial que se sentiu a necessidade de se complementar a classificação SAE tendo, para o efeito, o exército americano estabelecido as normas Mil.L, que mais tarde o “American Petroleum Institute” (A.P.I) adaptou a equipamentos civis.

Departamento de Agronomia

Classificação API dos óleos para motores a gasolina e gasóleo

Óleos para motores a gasolina		Óleos para motores a gasóleo	
Designação	Serviço	Designação *	Serviço
SA	Serviço suave	CA	Serviço ligeiro (motores atmosféricos)
SB	Serviço leve	CB	Serviço moderado (motores atmosféricos)
SC	Carros de 1964 a 1967	CC	Serviço médio (motores atmosféricos)
SD	Carros de 1968 a 1971	CD	Serviço severo (motores sobrealimentados)
SE	Carros a partir de 1971	CD II	Serviço severo (motores a dois tempos)
SF	Serviço muito severo	CE	Serviço muito severo (motores sobrealimentados)
SG	Serviço muito severo, óleos + aditivados	CF.4	Substitui a categoria CE depois de 1991

*

* A letra C dos óleos para motores a gasóleo corresponde à inicial da palavra “Comercial”.

Departamento de Agronomia

Classificação com base nas condições de serviço

Classificação C.C.M.C.

(atualmente ACEA- Associação dos Construtores Europeus de Automóveis)

A classificação C.C.M.C.([Comité dos Construtores do Mercado Comum](#)), que foi elaborada pelos principais construtores europeus, devido à diferença entre as características técnicas dos motores americanos em relação aos europeus, considera os seguintes tipos de óleos.

Tipos de óleo para motores a gasolina

Designação	Serviço
G.1	Semelhante ao definido para A.P.I. SE
G.2	Semelhante ao definido para A.P.I. SF
G.3	Semelhante ao G.2 mas menos viscoso

-

Tipos de óleo para motores a gasóleo

Designação	Serviço
D.1	Serviço normal, motores atmosféricos; corresponde à A.P.I. CC
D.2	Serviço normal, motores sobrealimentados. Serviço severo, motores atmosféricos; corresponde à A.P.I. CD
D.3	Serviço muito severo, motores atmosféricos e sobrealimentados; corresponde à A.P.I. CE
PD.1	Veículos ligeiros

-

Classificação C.C.M.C. (cont)

Depois de 1989, foram definidos dois novos tipos de óleos, D.4 e D.5 para motores Diesel utilitários, que substituíram os D.2 e D.3, desaparecendo o tipo D.1, e PD.2 para veículos de turismo, que substituiu o tipo PD.1; a grandeza do número do tipo de óleo corresponde à exigência do serviço.

Os óleos com a letra P antes do D, destinam-se ao sector automobilístico, para motores aspirados ou turbos.

A classificação C.C.M.C. é bastante semelhante à classificação A.P.I. distinguindo-se basicamente pela maior exigência relativamente ao desgaste dos cilindros, resistência ao corte e perdas por evaporação.

Departamento de Agronomia

Equivalências da classificação API e ACEA

APLICAÇÃO	API	ACEA	QUALIDADE
Motores a gasolina	SF	A1	Muito fraca
	SG		Muito fraca
	SH	A2	Fraca
	SI		Mediana
	SJ	A3	Boa
	SL	A4	Muito Boa
	SM	A5	Excelente
	SN		
Motores a Diesel (veículos ligeiros)	CC	B1	Fraca
	CD	B3	Mediana
	CE	B4	Muito Boa
	CF	B5	Excelente
Motores a Diesel (veículos pesados)	CG	E4	Fraca
	CH	E6	Mediana
	CI	E7	Muito boa
	CJ	E9	Excelente

ACEA- Associação dos Construtores Europeus de Automóveis

Classificação com base nas condições de serviço

Classificação MIL-L do exército americano

As especificações MIL-L são as mais utilizadas para escolha e indicação dos óleos destinados aos motores Diesel. A designação comporta as quatro letras MIL-L (Military Lubricant) seguidas de um número de quatro ou cinco algarismos e de uma letra.

As características (qualidades) exigidas em cada uma das normas podem ser assim resumidas:

- **Mil.L. 2104 A:** propriedades detergentes. Esta especificação substitui, em 1954, a antiga especificação Mil.L. 2104;

Classificação MIL-L do exército americano (cont)

- **Mil.L. 2104 B:** propriedades detergentes e propriedades dispersivas. Estes óleos podem ser utilizados em veículos que fazem grandes percursos, em tempo quente, ou pequenos trajetos, em tempo frio;
- **Mil.L. 46152 B:** reforço das propriedades de detergência e sobretudo de dispersão. Esta especificação substitui a especificação Mil.L. 46152, sendo os óleos recomendados para motores a gasolina ou gasóleo ligeiramente sobrealimentados, utilizados em trajetos curtos;
- **Mil.L. 45199 B:** propriedades detergentes elevadas. Esta especificação substituiu a Mil.L. 45199, sendo os óleos utilizados em motores diesel sobrealimentados de grande potência e em serviço severo;

Classificação MIL-L do exército americano (cont)

- **Mil.L. 2104 D**: propriedades de detergência e dispersivas elevadas. Esta especificação substituiu a Mil.L. 2104 C;
- **Mil. L. 46152 C**: tem características semelhantes à categoria Mil.L. 46152 B, mas os óleos são menos tóxicos. É equivalente à categoria A.P.I. SF/CC;
- **Mil.L. 46152 D**: esta categoria apareceu em 1988 e é equivalente à A.P.I. SG;
- **Mil.L. 2104 E**: tem propriedades elevadas de detergência e dispersividade. Apareceu em 1988, substituindo a categoria Mil.L. 2104 D.

Equivalência entre as classificações Mil- L e API

Equivalência entre as classificações dos óleos para motores a gasolina

Classificação Mil.L.	Classificação A.P.I.
Mil.L.2104 A	CA
Mil.L.2104 A suplemento 1	CB
Mil.L.2104 B (1964)	CC
Mil.L.46152 A	SE/CC
Mil.L.46152 B	SF/CC
Mil.L.46199 B	CD
Mil.L.2104 C (1970)	SC/CD
Mil.L.2104 D (1983)	CD
Mil.L.46152 C (1987)	SF/CC
Mil.L.46152 D (1988)	SG
Mil.L.2104 E (1988)	CE

2 - Classificação dos óleos para motores a gasolina a dois tempos.

A opção na escolha dos óleos para motores a dois tempos é efetuada entre:

- os óleos motor a quatro tempos SAE 30 ou 40, API, SE ou SF que **podem ser utilizados em motores sujeitos a fracas cargas, sendo os aditivos que geralmente possuem inúteis ou mesmo prejudiciais, originando depósitos de carvão;**
- óleos especiais para diluição e óleos especiais semisintéticos ou sintéticos de base mineral que **são constituídos por óleos de baixa viscosidade aos quais se mistura um solvente.**

Classificação dos óleos para motores a gasolina a dois tempos (cont).

Os óleos para os motores a 2T podem ser classificados como óleos para “**serviço normal**” e “**serviço severo**”.

Serviço normal- indicados para motores de pequena cilindrada;

Serviço severo- maiores cilindradas e regimes rápidos (ex. motosserras).

Óleos especiais (classificação):

Estes óleos, são classificados pela TSC em quatro classes TSC 1 a TSC 4, devem ter as seguintes características:

- assegurar a lubrificação dos cilindros;
- queimarem-se totalmente, por forma a reduzir ao mínimo a formação de depósitos;
- evitarem o desgaste e corrosão das peças em movimento.

Classificação dos óleos para as transmissões mecânicas.

Devem ter uma **viscosidade conveniente e propriedades especiais de serviço**, capazes de retardar o desgaste das engrenagens, chumaceiras, rolamentos, válvulas, bombas, motores e êmbolos hidráulicos.

Estes óleos devem ser quimicamente estáveis de molde a evitar a formação de produtos, resultantes da sua deterioração, que os torna mais espessos e dão lugar a possíveis corrosões nas superfícies finamente acabadas dos dentes dos carretos, dos rolamentos, etc.

Classificação dos óleos para transmissões mecânicas (cont)

A maior parte dos óleos para **transmissões mecânicas** são:

- óleo para motores geralmente "multigraduados" com elevado índice de viscosidade (próximo de 140);
- **óleos especiais para transmissões mecânicas obtidos a partir de óleos base muito elaborados e com um índice de viscosidade compreendido entre 90 e 115 (ver quadro).**
- óleos especiais para transmissões hidráulicas ou mecânicas e hidráulicas combinadas.

Classificação dos óleos para transmissões mecânicas (cont).

A maior parte dos óleos para **transmissões mecânicas** são:

- óleo para motores geralmente "multigraduados" com elevado índice de viscosidade (próximo de 140);
- **óleos especiais para transmissões mecânicas obtidos a partir de óleos base muito elaborados e com um índice de viscosidade compreendido entre 90 e 115 (ver quadro).**
- óleos especiais para transmissões hidráulicas ou mecânicas e hidráulicas combinadas.

Departamento de Agronomia

Classificação dos óleos para as transmissões segundo a sua viscosidade (1977)

Grau SAE	Temperatura máxima para uma viscosidade dinâmica de 150.000 mPa.s	Viscosidade a 100 °C (mm ² /s)	
		mínima	máxima
70 W	- 55	4.1	-
75 W	- 40	4.1	-
80 W	- 26	7.0	-
85 W	-12	11.0	-
90	-	13.4	24
140	-	24.4	41
250	-	41.0	-

-

Departamento de Agronomia

Classificação dos óleos para transmissões mecânicas com base nas condições de serviço

Classificação A.P.I. de serviço

Classificação API dos lubrificantes para transmissões mecânicas

Tipo	Aplicação	Tipo de serviço
GL 1	Engrenagens helicoidais para transmissões manuais	Condições de serviço pouco severas
GL 2	Engrenagens sem-fim, engrenagens industriais	Condições de serviço mais severas
GL 3	Engrenagens helicoidais	Condições de carga e velocidade moderadamente severas
GL 4	Engrenagens hipoides	Condições severas de serviço, velocidades elevadas ou binários altos
GL 5	Engrenagens hipoides	Condições severas de serviço, velocidade elevada e baixo binário com choques
GL 6	Engrenagens hipoides	Redutores hipoides cujo deslocamento ultrapassa os 50 mm ou 25% do diâmetro da coroa

Só os óleos GL 1 são do tipo mineral puro, todos os outros são do tipo "extrema pressão" (E.P.)

Classificação dos óleos para transmissões mecânicas com base nas condições de serviço (cont)

Classificação MIL.L.

Para as transmissões mecânicas, estas especificações dizem respeito somente a óleos E.P., (extrema pressão) e distinguem dois tipos de serviço com exigências crescentes de eficácia dos aditivos anti-corrosão e extrema-pressão:

- **Mil.L.-2105** (equivalente à classe GL 4 A.P.I.). Convém à maior parte das **engrenagens helicoidais**, sensíveis a cargas elevadas;

Classificação dos óleos para transmissões mecânicas com base nas condições de serviço (cont)

Classificação MIL.L.

- **Mil.L.-2105B** (equivalente à classe GL 5 A.P.I.). Esta especificação está reservada para engrenagens muito sensíveis a cargas elevadas tais como alguns pares cónicos e redutores finais de tratores que trabalham com bruscas variações de esforço;
- **Mil.L.2105 C** (equivalente aos óleos SAE 75 W, 80 W, 90, 85 W e 140). São óleos semelhantes aos anteriores mas mais resistentes à formação de emulsões e depósitos, e mais detergentes;
- **Mil.L. 2105 D**, são óleos semelhantes aos anteriores mas menos tóxicos.

Óleos para transmissões hidráulicas e para transmissões hidrocínéticas

General Motor:

- **ATF** tipo **A** sufixo **A**: óleos utilizados nos ligadores hidráulicos, conversores de binário, direções assistidas e transmissões automáticas;
- **HTF** tipo **C 2**: correspondente aos óleos anteriores mas apresentando maiores índices de resistência à oxidação e aquecimento e não alterarem a borracha;
- **HFT** tipo **C 3**: especificação em vigor depois de 1977 e corresponde às características dos óleos anteriores juntando-se ainda a neutralidade relativamente às juntas, propriedades antiferrugem e proteção contra o desgaste;
- **ATF** «Dexron II D»: óleo semelhante ao **ATF** tipo **A** sufixo **A**, mas mais severo;
- **ATF** «Allison C4».

ATF- automatic transmission fluid.

Ford:

Relativamente à Ford as especificações são **Ford M 2C 185 A** para veículos a partir de 1988.

Óleos para transmissões hidrostáticas

Classificação baseada na viscosidade:

No que se refere à sua classificação existe uma classificação baseada na viscosidade, definida na Norma ISO 3448, que prevê oito classes de viscosidade, expressos em mm^2/s , com uma variação de $\pm 10\%$, à temperatura de $40\text{ }^\circ\text{C}$.

Estas classes são, referenciadas pelos números 15, 22, 32, 46, 68, 100, 120 e 150, que se referem a uma dada gama de viscosidade cinemática, definida em $\text{mm}^2.\text{s}^{-1}$ e determinada a $40\text{ }^\circ\text{C}$.

Estes números não têm uma ligação direta com as viscosidades SAE.

Departamento de Agronomia

Classificação dos óleos hidrostáticos conforme a viscosidade.

Classe	Viscosidade a 40° C. (mm ² .s ⁻¹)	
	Mínima	Máxima
15	13.5	16.5
22	19.8	24.2
32	28.8	35.2
46	41.4	50.6
68	61.2	74.8
100	90.0	110.0
150	135.0	165.0

Óleos para transmissões hidráulicas

Classificação de serviço:

- **óleos HH** que são óleos minerais simples que se podem oxidar, acidificar e produzir depósitos que perturbam os circuitos;
- **óleos HL** que são óleos HH com características antioxidantes e anticorrosivas melhoradas, o que permite triplicar o tempo de utilização;
- **óleos HR** que são do tipo HL, mas com um elevado índice de viscosidade;
- **óleos HM** que são óleos HR mas com aditivos antidesgaste para resistir às pressões elevadas;
- **óleos HV** que são óleos HM a que se juntaram aditivos de viscosidade que permitem uma resistência do filme de óleo às altas temperaturas.

Óleos multifuncionais

Os óleos multifuncionais (universais) permitem a sua utilização nos motores, transmissões e sistemas hidráulicos.

As principais características destes óleos relacionam-se por um lado, com o grau de viscosidade, índice de viscosidade, propriedades antioxição, anticorrosão, etc., que são fáceis de obter, e por outro, com as propriedades de extrema pressão (EP) e viscosidade, que são mais difíceis de conciliar.

Óleos multifuncionais (cont)

Estes óleos são geralmente óleos motor com um nível de qualidade **Mil.L. 2104 C ou D**, aos quais se juntam aditivos para satisfazer as exigências EP das transmissões mais correntes.

Quando, para além das três aplicações anteriores, os óleos podem também ser utilizados nos travões e embraiagens, designam-se por super-universais.

Estes são óleos multigraduados com um elevado índice de viscosidade, correspondente ao óleo motor **Mil. L. 2104 C** e ao óleo para transmissões **Mil. L. 2105 B**, com propriedades detergentes, EP e fluidez hidráulica suficiente para garantir uma boa lubrificação.

Massas lubrificantes

Massa lubrificante (ou massa consistente) é o **produto resultante da dispersão de um agente espessante (gel) num lubrificante líquido**, ficando com uma consistência de sólida a semifluida, podendo ainda conter outros ingredientes destinados a conferir-lhe propriedades especiais, nomeadamente aditivos anti - oxidantes, extrema - pressão e anti - corrosivos.

As massa apresentam relativamente aos óleos as seguintes características:

- assegurarem a proteção dos mecanismos contra impurezas exteriores;
- aderirem bem às superfícies metálicas sujeitas a atrito;
- resistirem bem à humidade e chuva;
- assegurarem uma boa resistência às altas temperaturas e pressões.

O lubrificante, que tem um baixo grau de viscosidade, representa cerca de 3/4 da massa lubrificante.

Departamento de Agronomia

Classificação das massas segundo a consistência

Grau NLGI	Penetração na massa	Designação da massa
000	445 - 475	muito fluída
00	400 - 430	fluída
0	355 - 385	semifluida
1	310 - 340	muito mole
2	265 - 295	mole
3	220 - 250	média
4	175 - 205	dura
5	130 - 160	muito dura
6	85 - 115	extra-dura

-
NLGI- National Lubricating Grease Institute