

Class.	APOSTILA
Curr.	F 41 p
Tombo	1645564



O            P E T R Ó L E O

a) ORIGEM: O petróleo é uma mistura de muitos compostos dos elementos básicos - CARBONO e HIDROGÊNIO - formando os chamados Hidrocarbonetos, composições químicas muito complexas.

Uns supõem ser o petróleo resultante dos gases originados da decomposição de certos minerais no interior da terra, os quais, sujeitos a grandes pressões e temperaturas, teriam se liquefeito. Todavia, a teoria mais aceita é a de que o petróleo seja de origem orgânica, isto é, teria se originado de plantas, animais e peixes que ficaram soterrados por cataclismas que convulsionaram a Terra nas épocas primitivas. Tais elementos teriam se "deteriorado" anaeròbiamente, sendo o petróleo o resultado desta "deteriorização".

b) OCORRÊNCIA: Três condições são essenciais para que exista um depósito economicamente explorável de petróleo:

- 1- a existência de uma rocha porosa que funcione como rocha armazém;
- 2- a existência de rochas impermeáveis, ao petróleo, que cubram as rochas armazém e evitem a subida do petróleo para camadas superiores (abaixo existe quase sempre água salgada);
- 3- para evitar a migração lateral é necessário que tenha havido o aparecimento de uma FALHA (geològicamente falando) que tenha colocado as camadas em discordância, tapando a rocha permeável com a rocha impermeável.

N O T A:- tipos de rochas armazém:

ARENITOS e CALCÁREOS

tipos de rocha impermeáveis:

ARGILAS e XISTOS.

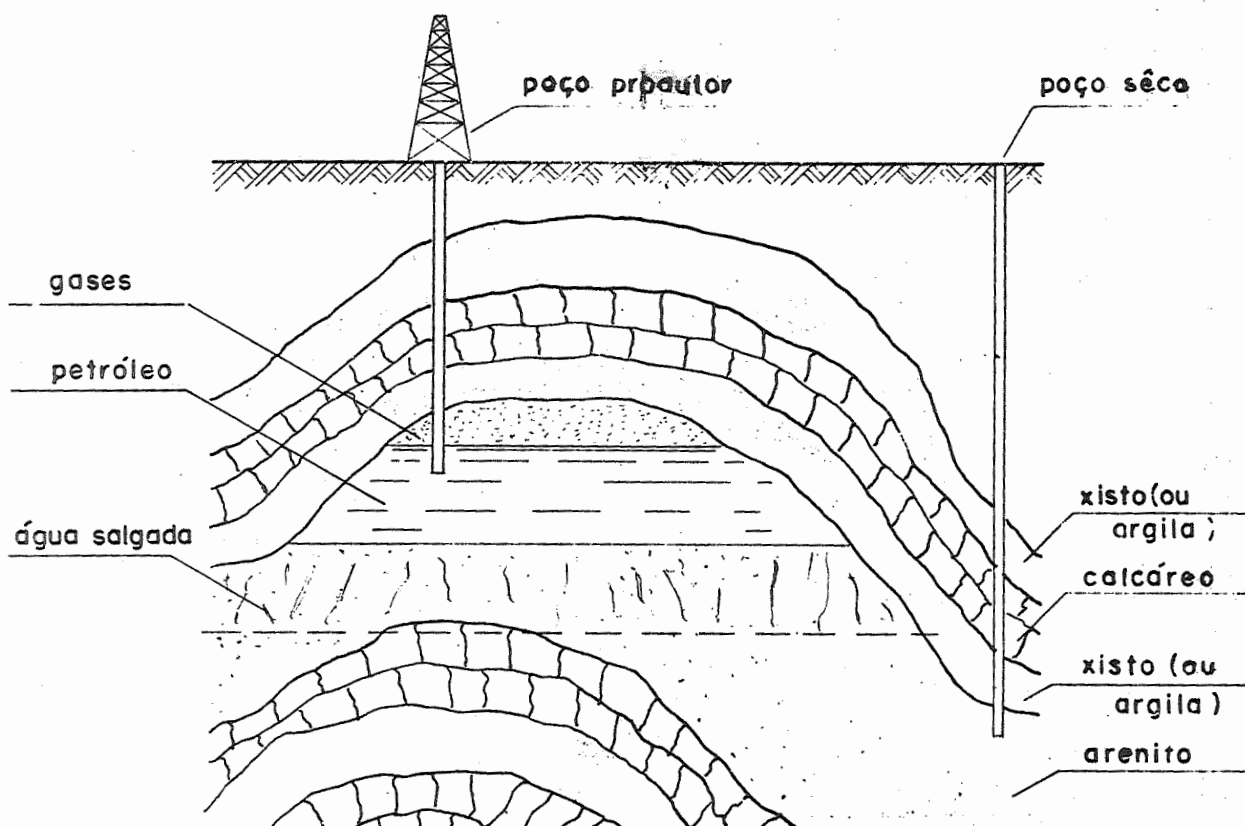


fig. 1

OBS:- A expressão "lençol de petróleo" é equívoca, pois sugere a idéia de um lago de petróleo localizado em grutas ou espaços vazios de rochas nos sedimentos geológicos, o que não corresponde à realidade; o petróleo embebe as rochas porosas permeáveis, chamadas rochas armazém, sem que seja necessária uma descontinuidade oclusa nos sedimentos geológicos. De um modo geral, o petróleo, depois de migrar, estabiliza-se nas rochas que foram dobradas.

c) CLASSIFICAÇÃO DOS CRÚS: No estado em que é extraído da Terra, o petróleo é chamado petróleo BRUTO ou, simplesmente, CRU; é um líquido de corpo variando do bastante fluido até o mais viscoso e de cor variando entre verde-escura, marron e até preta, muito raramente de cor ambar transparente.

A "base" de um petróleo descreve a natureza química dos seus principais constituintes. Distinguimos três (3) principais variedades de crús segundo o componente predominante, porquanto os crús não são inteiramente de uma só base existindo sempre alguma porcentagem de uma base nas outras.

(base parafínica) 1) CRÚS DE BASE PARAFÍNICA: nos quais predominam os hidrocarbonetos saturados parafínicos desde a metana até as parafinas sólidas; existem, ao lado destes, pequenas quantidades de hidrocarbonetos naftênicos e aromáticos.

Ex:- petróleo da Pensilvânia.

Algumas características (\*) dos parafínicos.

- Grau API .....  $\pm 30^\circ$
- Resíduo de carbono .... = alto quando comparado com naftênicos
- Ponto de fulgor ..... = alto quando comparado com naftênicos
- Ponto de Fluidéz ..... = alto.
- Índice de Viscosidade.. =  $90 \pm 10$

(\*) Estas e outras características serão definidas adiante.

2) CRÚS DE BASE NAFTÊNICA: também chamados de base asfáltica, onde predominam os hidrocarbonetos naftênicos. Seu protótipo é o petróleo de Cáucaso. Podem conter boa proporção de hidrocarbonetos parafínicos.

Algumas características dos naftênicos:

- Grau API .....  $\pm 20^\circ$
- Resíduo de Carbono ..... baixo
- Ponto de Fulgor ..... baixo
- Ponto de Fluidéz ..... baixo
- Índice de Viscosidade ..... 0

3) CRÚS DE BASE MISTA: É um tipo intermediário - entre os de base parafínica e os de base naftênica. Ex.: petróleo da Rumânia.

NOTA:- Poderemos, ainda, distinguir um quarto tipo, de importância bem menor, que seria o petróleo de base AROMÁTICA. Ex:- petróleo do Hapão.

## II - R E F I N A Ç Ã O

O petróleo, tal como vem do subsolo, é uma matéria prima bruta; deve, portanto, receber uma série, muitas vezes longa, de tratamentos a fim de que a enorme quantidade de hidrocarbonetos que o compõem, seja separada em frações que possuam propriedades desejadas. Normalmente isto é feito por meio de uma DESTILAÇÃO FRACIONADA.

A destilação aplicada a uma mistura líquida homogênea de várias espécies químicas é um processo físico-químico de fracionamento que aplica a vaporização e a condensação.

O petróleo bruto é uma mistura de um grande núme

mero de espécies químicas miscíveis que apresentam um intervalo muito extenso de temperaturas de ebulição. Esse todo é submetido a uma destilação fracionada contínua nas chamadas TORRES DE FRACIONAMENTO. Estas são torres (fig. 2) cilíndricas, com altura considerável, no interior das quais existe uma série

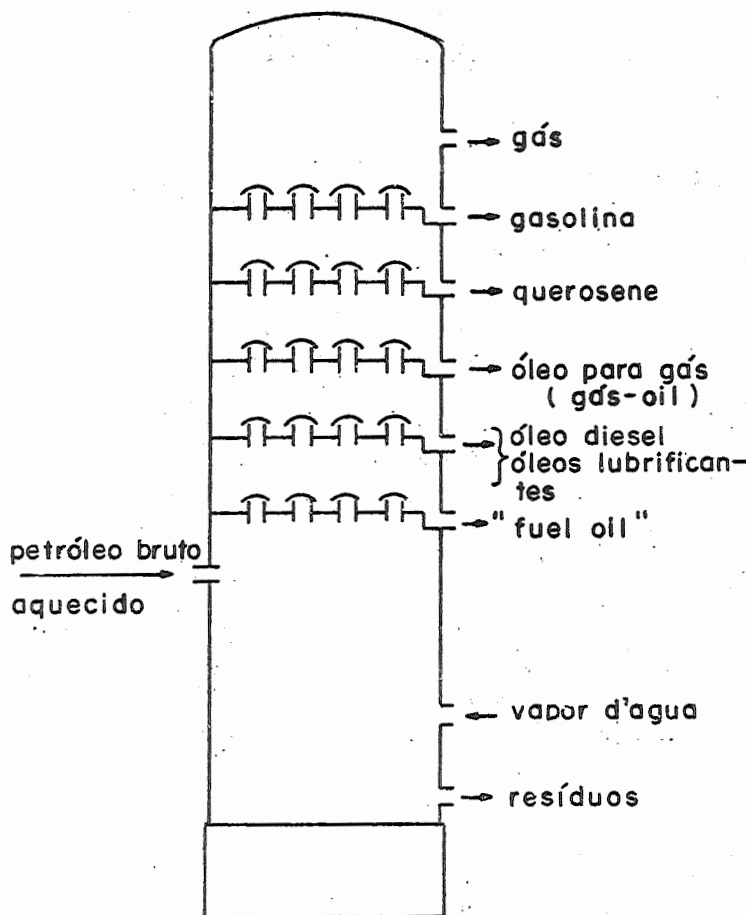


fig. 2

Representação esquemática de uma torre de fracionamento, mas logo que penetra na torre é expandido, pois a destilação é feita sob pressão atmosférica.

Geralmente, para obtenção de maiores quantidades de gasolina, submetem-se as frações mais pesadas à operação de "craqueamento" (CRACKING).

Os óleos lubrificantes ainda são destilados a vácuo a fim de evitar sua desintegração. Após isso, os óleos passam por uma série de tratamentos, por solventes, para eliminar certos hidrocarbonetos e impurezas indesejáveis.

de pratos superpostos e colocados horizontalmente em quase toda a sua altura. Quanto maior o número de pratos tanto mais "refinado" é a operação, isto é, tanto melhor são separados os produtos ou grupos de espécies químicas podendo-se obter "cortes" ou frações cujos pontos de ebulição estejam compreendidos dentro de limites cada vez mais estreitos.

Conforme mostra a figura, o crú é aquecido externamente à TÔRRE entrando nela à temperaturas entre  $300^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ . Para que não haja pré-vaporização o petróleo

está sob certa pressão,

### III - ESPECIFICAÇÕES, ENSAIOS E SUA SIGNIFICAÇÃO

Para facilitar a padronização e aquilatar o valor dos métodos de ensaios para quaisquer espécies de materiais, foram organizadas, nos diversos países, sociedades tais como a ASTM (American Society for Testing Material) nos USA. e a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) no Brasil. A ASTM publica, anualmente, um manual em que são descritos os métodos de ensaio para os diversos produtos, inclusive para produtos de petróleo; edita também um folheto, sobre estes métodos, onde a marcha aconselhada para executar cada um dos ensaios, é descrita de forma sumária.

Estes ensaios, além de servirem como um controle da qualidade do produto por parte dos fabricantes, servem também como especificações de compra por parte dos consumidores. É, entretanto, evidente que as especificações não podem revelar tudo o que interessa acerca da qualidade do produto, pois, na prática existem diferenças quanto ao comportamento dos diversos óleos que passam despercebidas aos métodos de ensaios comuns.

Todavia o surgimento dessas especificações teve o grande mérito de limitar o número de produtos solicitados, pois o usuário tem que se ater ao uso daqueles produtos que fazem parte da "linha" dos fabricantes, a menos que esteja disposto a arcar com o preço de um produto "fora de série".

Vejamos algumas das especificações mais importantes:

III. 1 - VISCOSIDADE: É a principal propriedade de um óleo lubrificante. A viscosidade é a consequência do atrito interno de um fluido, isto é, da resistência que um fluido oferece ao movimento. No caso dos óleos relaciona-se também com sua capacidade de suportar cargas.

Em qualquer máquina ou motor, sob determinadas condições de funcionamento, devemos considerar a viscosidade correta do óleo lubrificante como da mais alta importância para a obtenção de resultados satisfatórios.

A VISCOSIDADE pode ser definida como sendo "a medida da resistência oferecida por qualquer fluido (líquido ou gás) ao movimento ou escoamento". Quanto mais viscoso o fluido,

maior a resistência que êle oferece ao movimento. Por exemplo, se tomarmos 2 frascos iguais, um contendo água e outro contendo mel e os virarmos de boca para baixo, a água escoará rapidamente ao passo que o mel, cuja viscosidade é comparativamente muito maior, fluirá lentamente.

Somente concebendo a viscosidade como resistência é que poderemos entender sua influência na sustentação de um eixo ou na demora da partida de um motor em tempo frio.

1. a- Unidade Teórica da Viscosidade: A resistência ao movimento não varia apenas com as características do líquido, mas também, com a velocidade e a área de contato, ou "superfície molhada" que se desloca. Esta resistência é medida em termos da força exercida sobre uma película de área e espessura bem definidas, animada de uma determinada velocidade.

Suponhamos uma placa plana polida de área A que se desloca, graças à ação de uma força F, com velocidade V em relação a outra superfície plana maior, da qual está separada por um filme de lubrificante de espessura h.

A viscosidade absoluta ( $\eta$ ), do lubrificante pode ser calculada pela fórmula:

$$\eta = \frac{F}{A} \cdot \frac{h}{V}$$

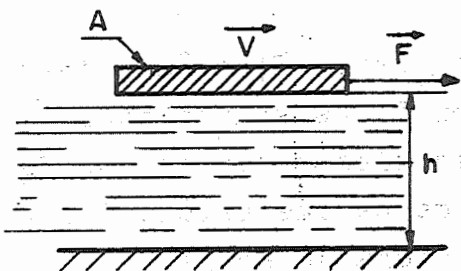


fig. 3

No sistema C.G.S.,  $\eta$  é dada em "POISES". Por ser esta unidade muito grande, usa-se, normalmente, seu submúltiplo, o "centipoise".

Outro modo, de mais fácil realização, para se determinar a viscosidade absoluta, é pela medida em tubos capilares com o auxílio da Lei de POISEUILLE:

$$\eta = \frac{\pi P r^4}{8 L V}$$

onde:-

$\eta$  = viscosidade absoluta em poises.

P = diferença de pressão entre as extremidades do tubo, em dina/cm<sup>2</sup>.

r = raio do tubo, em cm.

L = comprimento do tubo, em cm.

V = volume que fluiu em 1 segundo, em cm<sup>3</sup>.

Medindo-se o tempo em segundos (T) necessário para que um certo volume (v) do líquido, flua através do capilar, a viscosidade absoluta, em poises, pode ser calculada pela equação:

$$\eta = \frac{\pi P r^4 T}{8 L V}$$

#### 1.b - Medidas práticas da Viscosidade:

Devido à dificuldades na determinação da viscosidade pelos métodos acima, na prática ela é determinada em função do grau de facilidade com que o líquido escorre, a uma dada temperatura, sob a ação da gravidade (excepcionalmente, sob uma dada pressão). Tal procedimento é lógico porquanto o grau de fluidez de um líquido é inversamente proporcional à resistência por ele oposta ao movimento. Em consequência, geralmente a viscosidade é conhecida em unidade de tempo (segundos) embora seja uma força ou resistência.

Existem vários aparelhos (VISCOSIMETROS) para medir a viscosidade. Os mais importantes são os seguintes:

#### I - VISCOSIDADE SAYBOLT (SSU) E FUROL (SFU)

O procedimento correto para a determinação da viscosidade Saybolt consta da norma D-88-53 da ASTM. Aqui vamos resumir o processo:

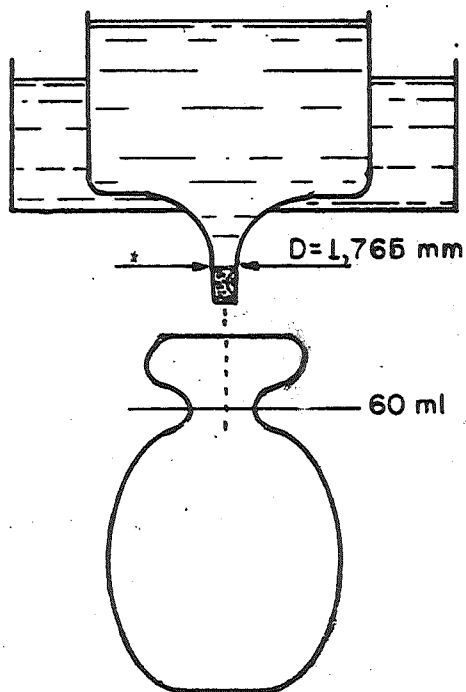


fig 4

Enche-se o recipiente superior da figura 4 com o óleo a ser testado e eleva-se a temperatura do banho até uma temperatura de ensaio pré-determinada. - No caso as temperaturas de ensaio usuais são: 100°F(37,3°C), 130°F (54,4°C) e 210°F(98,8°C) Atingida esta temperatura, retira-se a rólha e cronometra-se o tempo, em segundos, que o óleo leva para preencher o frasco receptor até a marca de 60 ml. O número de segundos representa a viscosidade Saybolt

à temperatura do ensaio.

Ex:- 150 SSU (Seconds Saybolt Universal)  
ou 150 SUS (Saybolt Universal Seconds)

No caso da viscosidade FUROL o procedimento é o mesmo com a diferença de que o diâmetro do tubo de descarga é 10 vezes maior (D = 17,65mm) resultando um tempo, em segundos, aproximadamente 10 vezes menor.

Ex: 800 SSU ≈ 80 SFU (Seconds Furol Universal)

## II - VISCOSIDADE REDWOOD

A única diferença em relação ao processo Saybolt é que o volume medido é de 50 ml ao invés de 60 ml.

## III - VISCOSIDADE ENGLER (graus Engler)

Neste método mede-se o tempo, em segundos, gasto para que 200 ml do óleo passe através um conduto estreito. Este tempo é convertido em graus Engler dividindo-se seu valor pelo do tempo gasto, por um igual volume de água, para escoar-se nas mesmas condições à temperatura de 20°C (êste último tempo é estimado em 51 segundos).

Ex: Tempo = 510 seg para escoar 200 ml do óleo

$$^{\circ}E = \frac{510}{51} = 10 \rightarrow 10^{\circ} E$$



# TABELA I

## TEMPERATURA 100° F

Saybolt	Redwood	Engler	Cinematíca	Saybolt	Redwood	Engler	Cinematíca	Saybolt	Redwood	Engler	Cinematíca
32	30	1.11	1.83	175	154	5.03	37.52	680	597	19.37	147.2
34	31.5	1.17	2.39	180	159	5.16	38.73	700	614	19.94	151.5
36	33	1.27	3.00	185	163	5.30	39.84	720	631	20.50	155.8
38	34.5	1.28	3.63	190	167	5.44	40.95	740	649	21.07	160.2
40	36	1.34	4.28	195	172	5.58	42.06	760	667	21.64	164.5
42	37.5	1.39	4.91	200	176	5.72	43.16	780	685	22.21	168.8
44	39	1.45	5.53	205	180	5.86	44.26	800	702	22.78	173.2
46	41	1.50	6.16	210	185	6.00	45.36	850	746	24.20	184.0
48	42.5	1.55	6.78	215	189	6.14	46.45	900	790	25.63	194.8
50	44	1.60	7.39	220	193	6.28	47.54	950	833	27.05	205.6
52	46	1.65	8.00	225	198	6.42	48.63	1 000	877	28.48	216.5
54	47.5	1.71	8.62	230	202	6.56	49.72	1 100	966	31.33	238.1
56	49	1.76	9.24	235	207	6.70	50.8	1 200	1 053	34.18	259.7
58	51	1.82	9.87	240	211	6.84	51.9	1 300	1 140	37.03	281.4
60	53	1.87	10.50	245	215	6.98	53.0	1 400	1 228	39.88	303.0
62	54.5	1.92	11.12	250	219	7.12	54.1	1 500	1 316	42.72	324.7
64	56	1.97	11.75	260	228	7.41	56.2	1 600	1 404	45.57	346.3
66	58	2.03	12.37	270	237	7.69	58.4	1 700	1 491	48.42	368.0
68	60	2.08	13.00	280	246	7.97	60.5	1 800	1 579	51.3	389.6
70	61.5	2.13	13.62	290	254	8.25	62.7	1 900	1 667	54.1	411
72	63	2.18	14.25	300	263	8.54	64.9	2 000	1 775	56.9	433
74	65	2.24	14.87	310	272	8.82	67.1	2 100	1 842	59.8	454
76	67	2.29	15.50	320	281	9.10	69.3	2 200	1 930	62.7	476
78	68.5	2.35	16.12	330	289	9.39	71.4	2 300	2 018	65.5	498
80	70	2.40	16.75	340	298	9.67	73.6	2 400	2 106	68.4	519
82	72	2.46	17.37	350	306	9.96	75.7	2 500	2 193	71.2	541
84	74	2.51	18.00	360	315	10.25	77.9	2 600	2 281	74.0	563
86	75.5	2.56	18.62	370	324	10.53	80.1	2 700	2 369	76.9	584
88	77	2.61	19.25	380	333	10.82	82.2	2 800	2 456	79.7	606
90	79	2.67	19.87	390	342	11.10	84.4	2 900	2 544	82.6	628
92	81	2.72	20.50	400	351	11.39	86.6	3 000	2 632	85.4	649
94	82.5	2.78	21.12	410	360	11.67	88.7	3 100	2 720	88.3	671
96	84	2.83	21.75	420	369	11.96	90.9	3 200	2 808	91.1	693
98	86	2.89	22.37	430	377	12.24	93.1	3 300	2 895	94.0	715
100	88	2.94	23.00	440	386	12.52	95.2	3 400	2 983	96.8	736
105	92	3.09	24.25	450	395	12.81	97.4	3 500	3 071	99.7	758
110	96	3.23	25.50	460	404	13.09	99.5	3 600	3 158	102.5	780
115	101	3.37	26.75	470	412	13.38	101.7	3 700	3 246	105.4	801
120	105	3.51	28.00	480	421	13.67	103.9	3 800	3 334	108.2	823
125	110	3.65	29.25	490	430	13.96	106.0	3 900	3 421	111.1	845
130	114	3.78	30.50	500	439	14.25	108.2	4 000	3 509	113.9	866
135	118	3.92	31.75	520	456	14.81	112.5	4 500	3 948	128.2	975
140	123	4.06	33.00	540	473	15.38	116.9	5 000	4 386	142.4	1 083
145	127	4.20	34.25	560	490	15.95	121.2	5 500	4 825	156.6	1 190
150	132	4.33	35.50	580	508	16.52	125.5	6 000	5 264	170.9	1 299
155	136	4.47	36.75	600	526	17.09	129.9	7 000	6 141	199.3	1 515
160	141	4.61	38.00	620	544	17.66	134.2	8 000	7 018	227.8	1 732
165	145	4.75	39.25	640	562	18.23	138.5	9 000	7 896	256.3	1 948
170	150	4.89	40.50	660	579	18.80	142.8	10 000	8 772	284.8	2 166

Os resultados obtidos pelo método Engler são mais precisos que os anteriores, isto é, os seus erros são menos sensíveis.

NOTA:- Nesta altura gostaríamos de fazer uma observação sobre "densidade relativa" e "peso específico".

- "peso específico" é o peso da unidade de volume da substância, isto é, se pesarmos um corpo de volume determinado, obteremos o peso específico da substância que o compõe, dividindo o peso do corpo pelo seu volume. Tem, por conseguinte, unidade de medida. (Por exemplo, no sistema C.G.S., esta unidade é gramas por centímetro cúbico).

- "densidade relativa" é uma relação entre os pesos de iguais volumes da substância e da água; como toda relação, é representada por um número puro, isto é, não tem unidade de medida.

Entretanto, como na prática o número que mede o peso específico é igual ao número que mede a densidade relativa de uma substância, à mesma temperatura, não faremos distinção entre os dois, empregando-os indiferentemente.

#### IV - VISCOSIDADE CINEMÁTICA

Nos métodos anteriores, o óleo escorre pela ação do próprio peso e é a diferença de peso específico que faz variar a velocidade de escoamento independentemente da viscosidade que é o principal objetivo do ensaio. Por conseguinte, o valor da viscosidade, obtido em função do tempo de escoamento do líquido, não representa sua viscosidade absoluta e sim uma relação entre esta e o peso específico do líquido em questão, pois quanto maior for o peso específico menor será o tempo de escoamento.

A essa relação entre a viscosidade absoluta de um líquido e sua densidade (precisamente seu peso específico) dá-se o nome de "viscosidade cinemática"

Portanto,

$$\text{VISCOSIDADE CINEMÁTICA} = \frac{\text{VISCOSIDADE ABSOLUTA}}{\text{DENSIDADE}}$$

unidade: "CENTISTOKES"

O aparelho normalmente usado para a determinação da viscosidade cinemática é o "Viscosímetro de Ostwald modificado". O procedimento vem descrito na norma D-445-53-T da ASTM. Como os demais viscosímetros, o aparelho é mergulhado em um banho de aquecimento para manter a temperatura do óleo constante durante a prova.

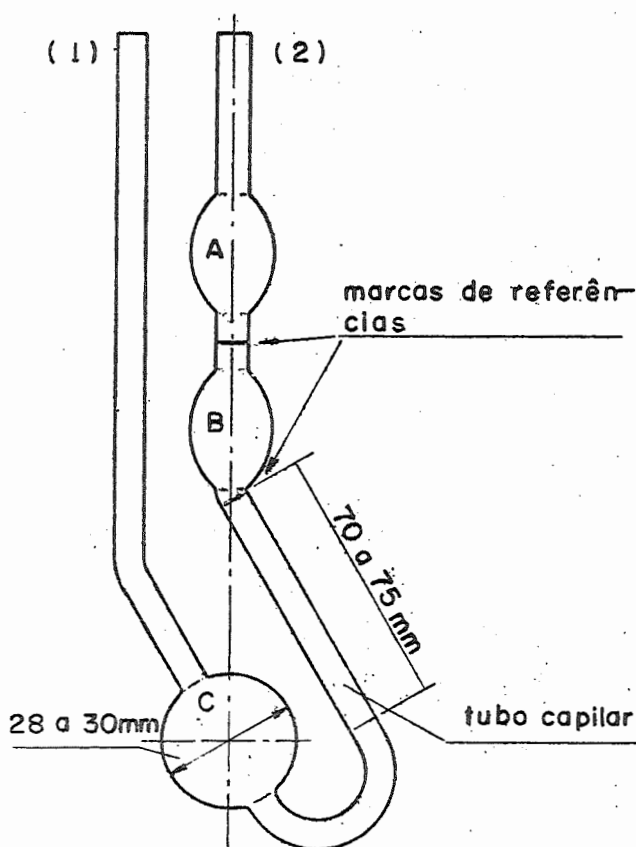


fig-5

A marcha geral para o ensaio é a seguinte:-

- com o aparelho voltado para baixo, mergulha-se uma das extremidades (2) na amostra a ensaiar e, por sucção na outra extremidade (1), faz-se penetrar um volume de óleo suficiente para encher os bulbos A e B até a referência de nível no tubo capilar. Volta-se o aparelho à sua posição normal, colocando-o, depois, dentro do banho de aquecimento, de tal forma que o bulbo A fique imerso. O óleo escorre, então, para o bulbo C do aparelho. Quando fôr atingida a temperatura desejada, aspira-

-se o óleo por sucção na extremidade (2) até que seu nível superior fique aproximadamente 1/4" acima da marca existente entre os bulbos A e B. Interrompe-se aí a aspiração e registra-se o tempo, em segundos, que o nível superior do óleo leva para descer desde a marca situada entre os bulbos A e B até a que se encontra logo abaixo do bulbo B. O número anotado, multiplicado por uma constante do aparelho representa a viscosidade cinemática do óleo, em centistokes, à temperatura do ensaio.

Este valor, multiplicado pela densidade do óleo, à mesma temperatura, nos dá sua viscosidade absoluta, em centipoises.

A viscosidade cinemática pode também ser convertida a segundos Saybolt, Redwood ou graus Engler através de tabelas e ábacos.

(vide tabela) -I-

### III.2 - (IV) - ÍNDICE DE VISCOSIDADE

Os líquidos, em geral, sofrem alterações na sua viscosidade inversamente proporcionais às variações da temperatura. Exemplificando, a água, próxima ao ponto de congelamento, é quatro vezes mais viscosa do que quando está próxima ao ponto de ebulição.

Entre os óleos estas variações são bastante diversificadas dependendo do tipo de óleo em questão. O ÍNDICE DE VISCOSIDADE é um meio convencional de se exprimir o grau de variação da viscosidade de um óleo qualquer em função da mudança na viscosidade de dois tipos de óleo previamente escolhidos para referência e que diferem muito quanto a esta característica.

Convencionou-se atribuir o valor  $IV = 0$  para o tipo escolhido que "perdia" rapidamente sua viscosidade com o aumento da temperatura, e atribuir o valor  $IV = 100$  para o tipo escolhido que "perdia" lentamente sua viscosidade com o aumento da temperatura.

Com o desenvolvimento da tecnologia conseguiram-se, entretanto, óleos que "perdem" sua viscosidade muito mais rapidamente que o óleo padrão que tem  $IV = 0$ , assim como conseguiram-se óleos que "perdem" sua viscosidade muito mais lentamente que o óleo padrão que tem  $IV = 100$ . Daí encontrarmos, hoje em dia, óleos com, por exemplo,  $IV = -20$  ou  $IV = +130$ .

Conhecendo-se a viscosidade de um óleo a  $100^{\circ}F$  e a  $210^{\circ}F$ , seu  $IV$  pode ser calculado por meio de tabelas publicadas pela ASTM. Existem também diversos gráficos preparados para esse fim.

Em síntese, quanto mais alto o  $IV$  de um óleo, menor a variação de sua viscosidade com a temperatura e vice-versa.

-vide ábacos-

### III.3 - EFEITO DA PRESSÃO NA VISCOSIDADE

A viscosidade dos óleos lubrificantes cresce com o aumento da pressão. Alguns óleos, à temperatura ambiente, têm sua viscosidade multiplicada por um fator da ordem de 2,3 quando submetidos a uma pressão da ordem de 5000psi ( $\sim 350Kg/cm^2$ ).

Outras correlações entre pressão e viscosidade são:

a) Óleos de menor viscosidade são menos afetados pela pressão do que os óleos de maior viscosidade.

b) O mesmo aumento na pressão terá um efeito maior na viscosidade a altas pressões do que a baixas pressões.

c) Um aumento na pressão aumentará o IV de um óleo; os óleos de base naftênica mostram um aumento relativo, do IV, maior que os de base parafínica.

### III. 4 - C Ô R

A determinação da cor dos óleos só é útil para o fabricante controlar a produção e a uniformidade do produto. Para outros fins, a cor não tem importância prática. Antigamente considerava-se que a cor clara indicava uma viscosidade baixa, mas hoje é possível a obtenção de óleos lubrificantes de cor clara e de viscosidade muito alta.

A cor permite, até certo ponto, identificar a base dos óleos. Assim, os de base parafínica, por luz refletida, têm uma cor ou fluorescência verde, enquanto os naftênicos dão reflexos azulados. No entanto, pode-se imitar essa cor verde com a adição de certos corantes, de modo que, sem um esclarecimento adicional sobre os outros característicos de um óleo, a cor possui um valor muito limitado como meio de identificação da base.

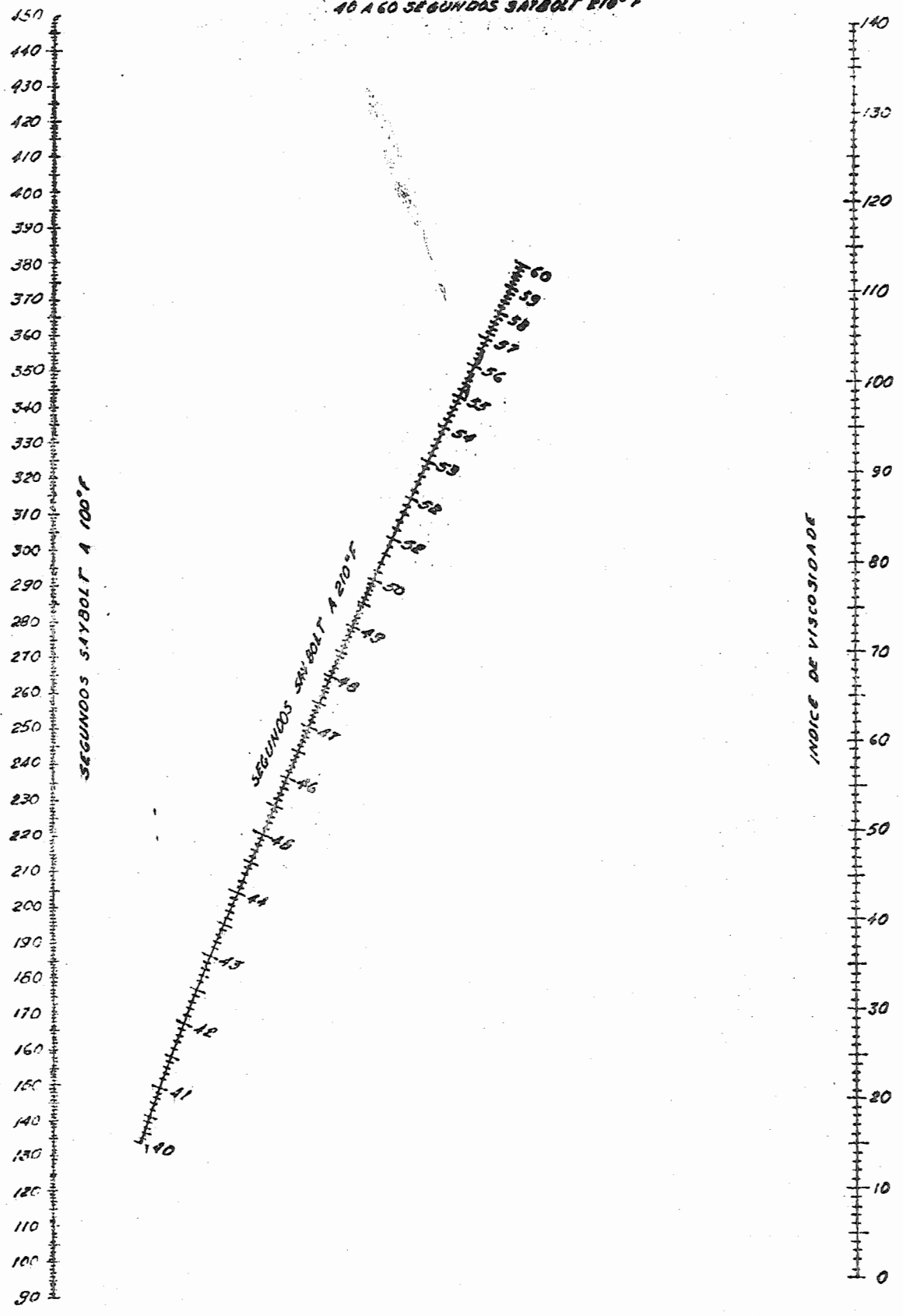
A cor pode ser determinada por transparência (contra a luz) ou por reflexão (luz refletida). As variações da cor dependem da natureza dos crús, da viscosidade e dos métodos e formas de tratamento empregados durante o refino.

Os métodos geralmente empregados para a determinação da cor consistem na comparação da cor do óleo com uma série de vidros coloridos. Um desses métodos é o do COLORIMETRO-ASTM; seus vidros são numerados, a partir do nº 1 para o mais claro até o nº 8 para o mais escuro. Quando a cor do óleo fica entre a de dois números consecutivos, deve-se classificá-la por aproximação.

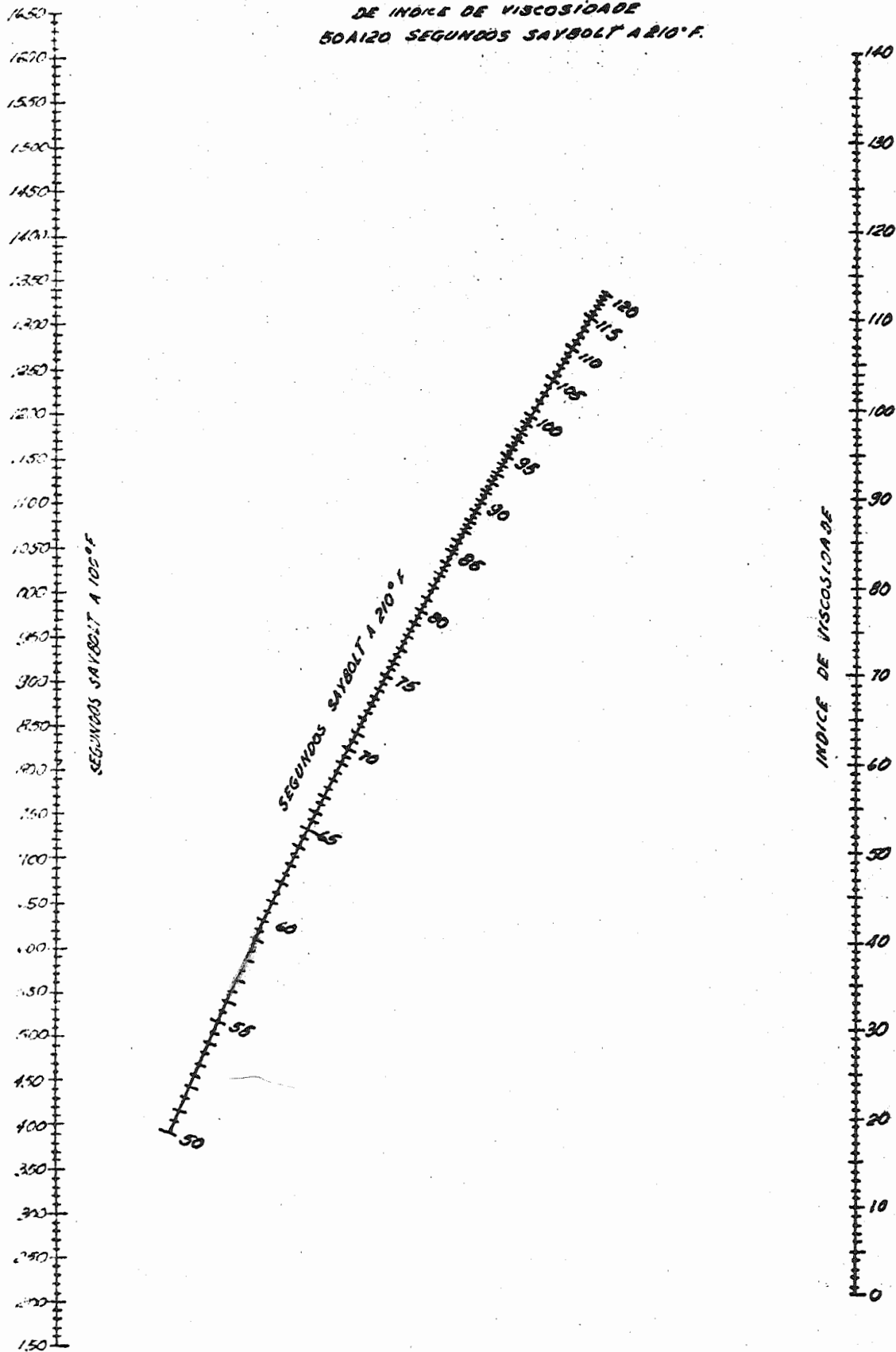
### III. 5 - PONTOS DE FULGOR E DE INFLAMAÇÃO

O ponto de fulgor é a temperatura à qual um produto de petróleo aquecido, desprende vapores suficientes para

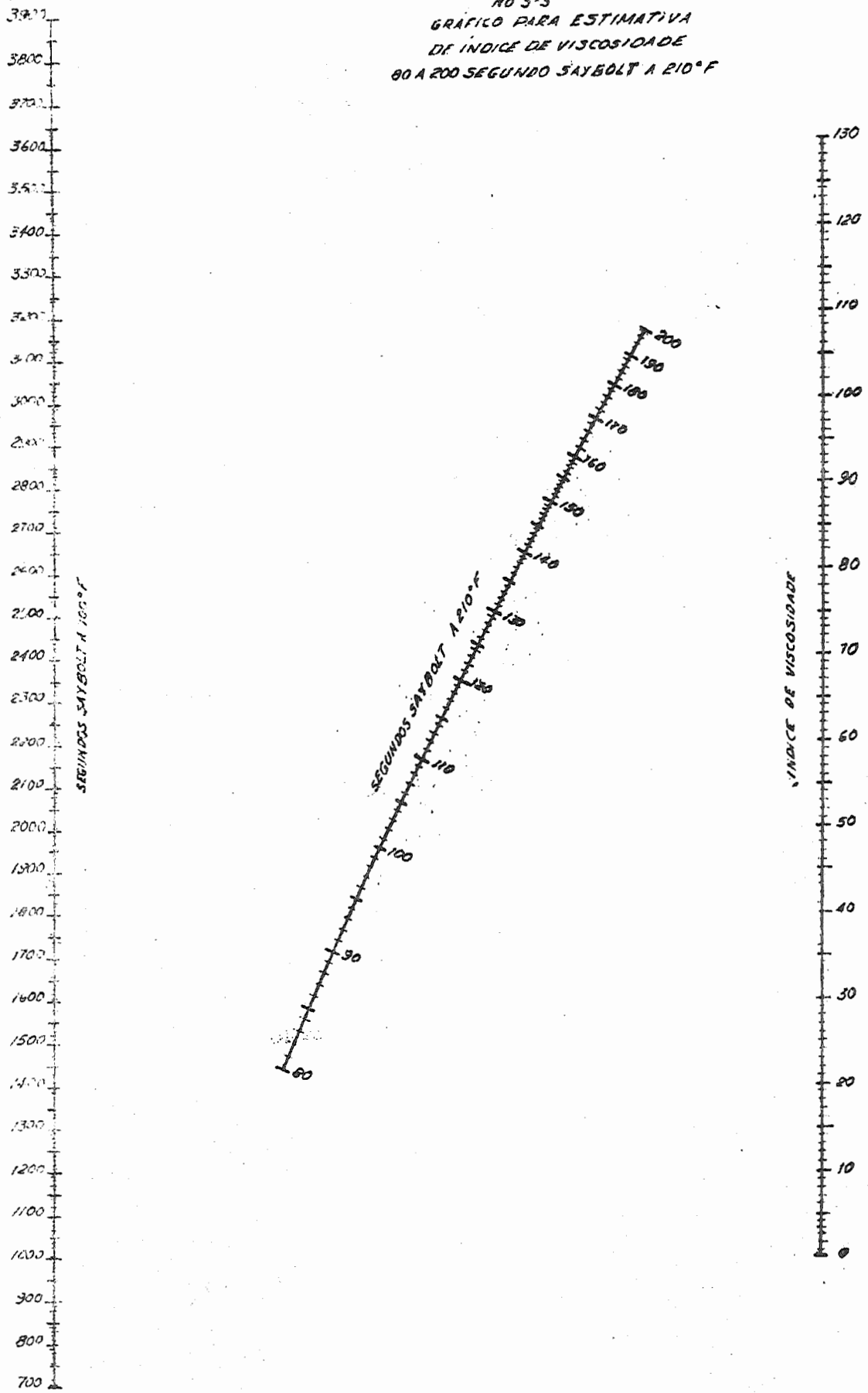
NO. 1-5  
 GRÁFICO PARA ESTIMATIVA  
 DE INDICE DE VISCOSIDADE  
 40 A 60 SEGUNDOS SAYBOLT 210° F



NO. 2-S  
 GRAFICO PARA ESTIMATIVA  
 DE INDICE DE VISCOSIDADE  
 50 A 120 SEGUNDOS SAYBOLT A 210° F.



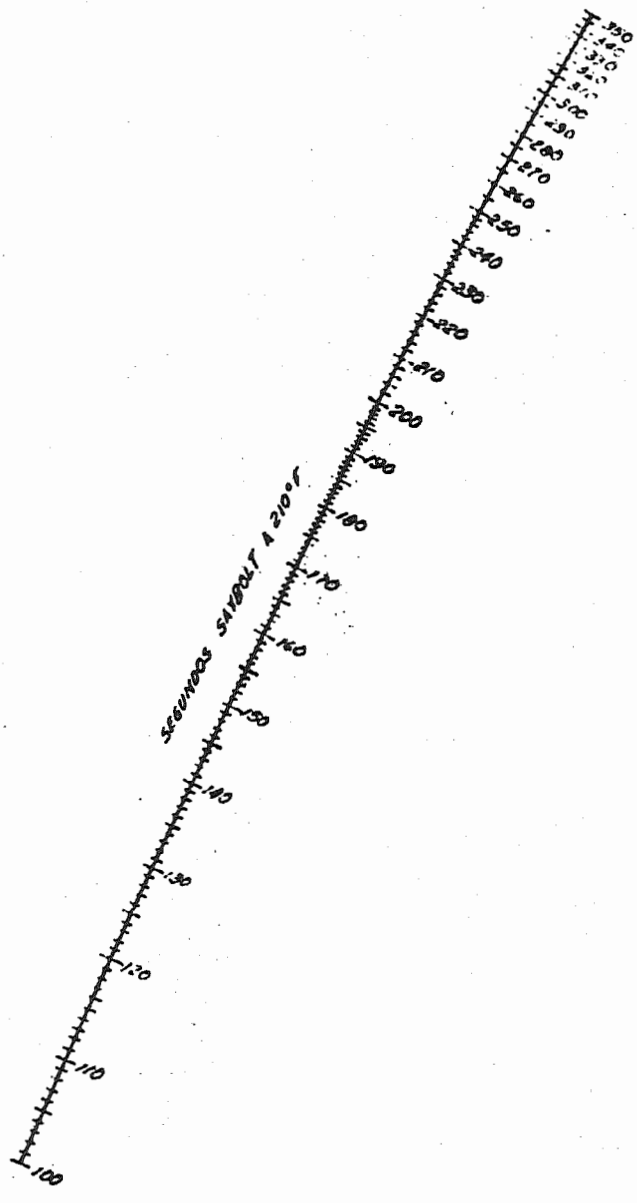
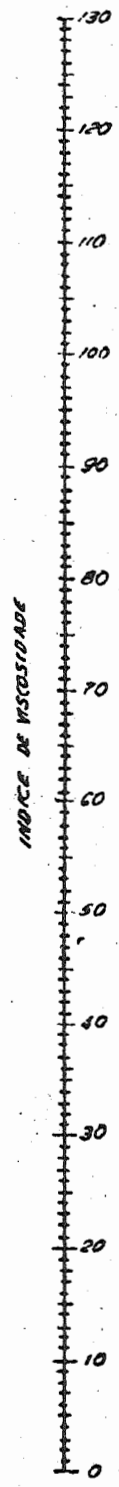
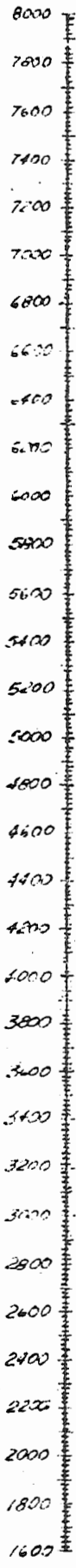
NO 3-5  
 GRÁFICO PARA ESTIMATIVA  
 DE ÍNDICE DE VISCOSIDADE  
 80 A 200 SEGUNDO SAYBOLT A 210° F



(N.710, 12.51)



NO. 4-S  
 GRÁFICO PARA ESTIMATIVA  
 DE ÍNDICE DE VISCOSIDADE  
 100 A 50 SEGUNDOS SAYBOLT 210°F



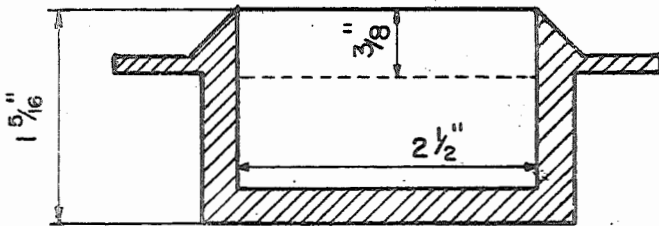
(MAYO, 1951)

A-30

formar com o ar uma mistura inflamável.

O ponto de inflamação é a temperatura à qual o produto aquecido queima continuamente durante certo tempo.

Geralmente êsses pontos são determinados por meio do aparelho CLEVELAND para ensaio em "vaso aberto" (existe também a determinação em vaso fechado) composto de um vaso de bronze, com rebordo largo na boca, e medindo 2 1/2" de diâmetro interno e 5/16" de profundidade. Para a prova (Ensaio 92-52 da ASTM) enche-se o vaso até 3/8" da borda superior. O aquecimento é feito colocando-se o vaso sôbre uma chapa que impede que quaisquer outros gases possam atingir o rebordo do vaso.



A cada 5° F de aumento de temperatura, passa-se sôbre a superfície do óleo uma pequena chama. Registra-se como ponto de fulgor a temperatura em que se observa o primeiro lampejo. Continuando o aquecimento, obtém-se o ponto de inflamação quando toda a superfície do óleo entra em combustão ao contato com a chama; a queima deve perdurar, pelos, 5 segundos.

Note-se que, no ensaio descrito, o fulgor se dá logo após o desprendimento de qualquer quantidade pequena de vapor inflamável. Por exemplo, se a amostra em ensaio estiver misturada com uma quantidade muito pequena de combustível a evaporação dêste e, conseqüentemente o ponto de fulgor, dar-se-à a uma temperatura muito mais baixa do que a necessária para que o mesmo ocorresse com os componentes mais voláteis do óleo em teste.

Por isso os óleos retirados de um cârter apresentam, em geral, uma acentuada baixa do seu ponto de fulgor devida à contaminação com combustível. Como se vê, o ponto de fulgor não fornece o índice de volatilidade de um determinado óleo, mas apenas o dos seus componentes mais voláteis. A quantidade total de óleo evaporável, sob determinada temperatura, não pode ser indicada pelo ponto de fulgor pois, em alguns casos, os componentes voláteis contidos em um óleo pesado podem chegar unicamente a 1%, enquanto em outros, podem chegar ao dôbro

ou ao triplo; ambos poderiam ter o mesmo ponto de fulgor mas, na realidade, o segundo evaporaria uma quantidade três (3) vezes superior à do primeiro.

A prova do ponto de fulgor é importante para se julgar as condições de um óleo usado porque permite determinar o grau de diluição decorrente da mistura com combustível. Num óleo novo seu valor é relativo exceto quando se obtém um ponto de fulgor demasiadamente baixo em relação à viscosidade; isso poderia indicar que o produto não é homogêneo mas constituido por uma mistura de óleos muito voláteis com outros cuja temperatura de evaporação é muito elevada.

A grande maioria dos óleos lubrificantes existentes no mercado têm ponto de fulgor suficientemente elevado para atender às aplicações a que se destinam. Entretanto, apenas pela comparação dos respectivos pontos de fulgor não é possível determinar a superioridade de um produto sobre outro. Pode acontecer, por exemplo, que um óleo com alto ponto de fulgor não possua, em troca, estabilidade contra ações oxidantes favorecendo, por isso, a formação de sedimentos, vernizes, etc.

Quando se trata de selecionar óleos para cilindros de máquinas a vapor deve-se levar em conta que, durante as provas do ponto de fulgor, o óleo está em contato direto com o ar e que, ao contrário, no interior dos cilindros, o ar é completamente eliminado. Nestas condições pode acontecer que, entre dois óleos, o de mais baixo ponto de fulgor resista melhor à temperatura elevada no interior do cilindro, se possuir características gerais superiores.

### III. 6 - NÚMERO DE NEUTRALIZAÇÃO (ou número de acidez total)

Quase sem exceção, todos os produtos de petróleo contêm vestígios de ácidos orgânicos. Quando o óleo está em serviço na máquina, a quantidade desses ácidos pode aumentar de maneira considerável mas, dificilmente chegará a corroer os metais, salvo o caso, pouco frequente, de certas ligas especiais de metal duro empregados em alguns tipos de mancais.

Para se determinar o conteúdo de ácido presente no óleo faz-se sua neutralização com um álcali, KOH, empregando-se um reativo químico (indicador) que indica exatamente o

ponto em que os ácidos ficam totalmente neutralizados. O número de Neutralização é a quantidade de KOH, em miligramas, necessária para neutralizar o ácido contido em uma grama de óleo.

Se o óleo já é alcalino o ensaio toma o nome de Número de Neutralização de álcali e é feito com uma solução especial de  $H_2SO_4$ ; a quantidade de solução ácida necessária para neutralizar os álcalis contidos em uma grama da amostra é convertida no seu equivalente em miligramas de KOH e, sob esta forma, representa o número procurado.

Os óleos minerais puros têm, normalmente, números de Neutralização inferiores a 0,10 e, a miúdo, abaixo de 0,05 miligramas de KOH.

Os óleos aditivados dão, quase sempre, números de Neutralização mais altos tanto de ácidos quanto de álcalis. O emprego destes aditivos contribui, em geral, para aumentar a eficiência do óleo; o fato de um óleo apresentar mais alto número de Neutralização decorrente da adição dessas substâncias não é motivo para se supor que dê maus resultados na lubrificação. Por conseguinte, não se deve fixar limites muito baixos para o número de Neutralização nas especificações de óleos para motores e máquinas.

Esse ensaio pode ser útil no estudo de óleos usados especialmente nos problemas de corrosão dos mancais; mas é preciso notar que, devido às diferenças de natureza e de atividade dos ácidos orgânicos que se podem formar nesses óleos como resultado da oxidação em serviço e de outros fatores, não é possível prever se um óleo, com determinado número de Neutralização, é corrosivo ou não.

Um baixo índice de acidez num óleo novo não é garantia suficiente desse óleo não causar corrosão porque, se um lubrificante não tiver boa estabilidade química em serviço, oxidar-se-á rapidamente dando lugar à formação de ácidos cuja concentração pode vir a ser muito maior do que a existente em um outro óleo, com maior número de Neutralização quando novo, mas possuidor de alta estabilidade química, depois de trabalhar o mesmo tempo sob as mesmas condições.

### III.7 - NÚMERO DE SAPONIFICAÇÃO

De acordo com a A.S.T.M. o número de Saponificação é um índice da quantidade de gordura ou de óleo graxo presente em um óleo mineral novo.

Presentemente, os lubrificantes que contêm óleos - graxos e ácidos graxos, destinam-se, quase que exclusivamente, à lubrificação das máquinas a vapor. Por isso essa prova tem pouco valor prático, pois o número dessas máquinas decresce dia a dia.

O método experimental da A.S.T.M. para determinar o Número de Saponificação consiste, essencialmente, em medir o peso, em miligramas, de Hidrato de Potássio necessário para saponificar uma grama de óleo.

### III.8 - ENSAIO DE CORROSÃO (Lâmina de Cobre)

Os óleos lubrificantes, ao desempenharem suas funções, entram em contato com os mais diversos metais e suas ligas. Obviamente exige-se que os óleos não ataquem essas partes metálicas. Para se certificar disto costuma-se exigir que os mesmos satisfaçam determinados ensaios apropriados que dão uma indicação da tendência que os óleos têm em causar corrosão nos metais. A substância nociva mais comum, presente nos produtos do petróleo, é o Enxofre que ataca o cobre e a maioria de suas ligas.

Os ensaios com lâmina de cobre servem para determinar a presença de enxofre livre e compostos corrosivos de enxofre nos produtos de petróleo (ENXOFRE ATIVO). A determinação é feita pela descoloração de uma lâmina de cobre polida, de medidas padronizadas, imersa no óleo aquecido a 210°F, durante 3 horas.

Os resultados só podem ser interpretados como "positivo" ou "negativo", conforme o grau de descoloração da lâmina em comparação com outra lâmina de cobre polida.

### III.9 - PONTO DE FLUIDEZ

(ou ponto de congelação)

Para assegurar um fluxo contínuo de lubrificante aos lugares necessários, em tempo frio, os óleos devem manter o seu carácter fluido mesmo às temperaturas mais baixas que possam ocorrer em serviço.

A prova de fluidez (Ensaio padrão D-97-47 da A. S.T.M.) indica a temperatura mínima em que o óleo ainda flui.

Para êste ensaio usa-se um recipiente de vidro - de 1 1/4" de diâmetro o qual é cheio até uma altura de 2" a 2 1/4" com o óleo a ensaiar. Êste recipiente é colocado num banho de resfriamento que provoca o abaixamento progressivo da temperatura. Nas proximidades do ponto de fluidez previsto, verifica-se, a cada 5°F de abaixamento da temperatura, se o óleo tende ainda a fluir ou mover-se no recipiente.

A menor temperatura lida antes de o óleo cessar de fluir chama-se ponto de fluidez (ou ponto de congelamento) do óleo. Se, por exemplo, o óleo flui a -5°F e não flui mais a -10°F, o ponto de fluidez é -5°F.

As temperaturas correspondentes ao ponto de fluidez são sempre múltiplos de 5°F e nunca são dados valores intermediários.

O ponto de fluidez de um óleo é influenciado por muitos fatores, tais como:

- velocidade de resfriamento: quanto mais rápido o resfriamento mais alto o ponto de fluidez.
- tamanho e forma do reservatório (volume de óleo e altura da coluna).
- natureza da estrutura física do óleo quando solidificado.

### III. 10 - PONTO DE ANILINA

O ponto de anilina de um produto de petróleo é a temperatura mínima à qual volumes iguais, de anilina e do produto, são completamente solúveis.

A estrutura molecular da anilina é semelhante à estrutura dos compostos aromáticos e naftênicos. Os compostos-parafínicos e iso-parafínicos têm uma estrutura da cadeia diferente daquela da anilina.

A anilina é facilmente solúvel em compostos que possuam estrutura semelhante à sua. Em consequência os compostos aromáticos e naftênicos formam soluções com a anilina a baixas temperaturas resultando em um baixo ponto de anilina. - Por outro lado os compostos parafínicos necessitam um aquecimento relativamente alto para formarem soluções com a anilina resultando em um alto ponto de anilina.

Portanto, o ponto de anilina ajuda a identificar o tipo de óleo que é requerido para uma particular finalidade. Um consumidor pode especificar um baixo ponto de anilina para obter um óleo de base aromática ou naftênica, ou especificar um alto ponto de anilina para obter um óleo de base parafínica.

Entretanto o ponto de anilina fornece somente uma simples indicação da "parafinicidade" ou da "aromaticidade" do óleo; ela não nos fornece a quantidade ou a identidade dos vários tipos de componentes parafínicos ou naftênicos que existem no óleo.

É crença geral que os óleos parafínicos afetam menos os retentores de borracha (quer natural, quer sintética) do que os óleos naftênicos. Entretanto, experiências realizadas mostraram que o ponto de anilina não pode ser tomado como um critério universal no selecionamento de um óleo para ser usado em contato com retentores de borracha. Óleos com o mesmo ponto de anilina podem ter composições de hidrocarbonetos diferentes e diferirem consideravelmente no seu efeito em relação à borracha. A melhor maneira para se determinar o efeito de um óleo sobre diferentes tipos de retentores é testá-lo sob condições semelhantes às de serviço.

### III. 11 - RESÍDUO DE CARVÃO CONRADSON

Este ensaio foi criado para calcular um índice da quantidade de resíduo que o óleo poderia deixar nos motores de combustão interna e em outras máquinas quando submetido à evaporação por altas temperaturas de serviço. O ensaio (descri

to pelo Método Padrão D-189-52 da ASTM) consiste em fazer evaporar uma pequena quantidade do óleo, impedindo-se, durante o ensaio, que o ar entre em contato com a amostra; evita-se assim, a combustão do óleo.

Realizado o ensaio pesa-se a quantidade de resíduo restante no vaso usado na experiência. O RESÍDUO DE CARVÃO é representado como porcentagem do resíduo final em relação ao peso inicial da amostra (10 gramas).

A objeção mais importante a este ensaio é que as condições existentes no aparelho Conradson, para produzir o resíduo, não se verificam em máquina alguma. Um óleo pode deixar pouco resíduo se fôr submetido a altas temperaturas na ausência de ar, mas, num motor, a temperaturas iguais ou mais baixas e em contato com o oxigênio e o combustível, esse mesmo óleo pode formar depósitos carbonosos e gomosos muito prejudiciais.

Os óleos de determinado tipo, refinados por métodos comuns, deixam maior porcentagem de resíduo do que outros de igual origem, refinados por meio de solventes.

Os óleos de origem naftênica produzem menos quantidade de resíduo do que os parafínicos e, em geral, quanto mais enérgico é o tratamento de refinação de um óleo tanto mais baixa será sua "porcentagem de carvão Conradson". Via de regra, entre os óleos de mesma base, o resíduo de carbono aumenta com a viscosidade.

Os valores Conradson constituem informação interessante se forem considerados em conjunto com outros elementos tais como, a base do "crú", o método de refino, a viscosidade, etc.

### III. 12 - PONTO DE GÔTA

O ponto de gôta de uma graxa pode ser definido - como a temperatura à qual a primeira gôta de graxa "desprende-se" da quantidade restante da amostra, sob as condições de ensaio.

Para o ensaio do ponto de gôta, a amostra de graxa é colocada em uma cuba especial, que possui um orifício no fundo, a qual é colocada em um banho de aquecimento. Com o au-



mento da temperatura a graxa vai "amolecendo" e penetrando no orifício da cuba, quando a 1ª gota cai pelo orifício lê-se à temperatura a qual representa o "ponto de gota".

Esta especificação é sumamente importante porquanto limita o emprêgo da graxa para a quase totalidade de suas aplicações.

### III. 13 - CONSISTÊNCIA (PENETRAÇÃO)

A consistência pode ser definida como uma medida da resistência relativa que uma graxa oferece a uma mudança permanente em sua forma e é usada para classificar as graxas, da mesma forma como a viscosidade é usada para classificar os óleos. A consistência de uma graxa depende grandemente da quantidade de sabão que ela contém.

A consistência de uma graxa é medida por meio do "PENETRÔMETRO" o qual consiste de um pêso em forma de cone (padronizado) o qual é ligado por meio de uma haste a um ponteiro que percorre um mostrador graduado em décimos de milímetro. Quando se o cone (a partir do repouso) sôbre a superfície da amostra de graxa, o mesmo, pela ação de uma carga padronizada, penetrará uma certa profundidade a qual é registrada no mostrador. O número de décimos de milímetro que o cone penetrar é dito "grau de penetração" da graxa. Por exemplo se o cone penetrar 280 décimos de milímetro, diz-se que a graxa tem um grau de penetração 280.

A temperatura do ensaio deve ser de 25°C, a amostra da graxa é de tamanho padronizado e a carga deve agir durante 5 segundos.

Os ensaios são feitos com a graxa "NÃO TRABALHADA" e com a graxa "TRABALHADA". No 2º caso a graxa é batida em um batedor especial que visa reproduzir, no laboratório, as condições que a graxa enfrentará em serviço. Evidentemente os ensaios com a graxa "trabalhada" indicam uma penetração maior do que os ensaios com a graxa "não trabalhada" e seus valores - obviamente, são de maior importância prática.

O NLGI (National Lubricating Grease Institute) - elaborou uma classificação de acordo com o grau de penetração-

(graxa trabalhada) das graxas.

PENETRAÇÃO (trabalhada)	Nº NL GI
355 ~ 385	0
310 ~ 340	1
265 ~ 295	2
220 ~ 250	3
175 ~ 205	4
130 ~ 160	5
85 ~ 115	6

00 400-430  
000 445-475

Obs:- Existem ainda graxas com maior penetração que a de Nº NLGI 0; são as de nº NLGI 00 e 000. Contudo são de peque na importância prática.

#### IV - TERMINOLOGIA DO PETRÓLEO

##### IV. 1 - GRAU API

Em relação aos produtos de petróleo existem 2 maneiras para se expressar a relação entre um volume de determinado produto e um volume igual de água:

- a primeira é a DENSIDADE, isto é, o resultado da comparação dos 2 volumes iguais (do produto e da água) à mesma temperatura, geralmente 15,5°C (60°F).

- a segunda, empregada unicamente para os produtos de petróleo, é a DENSIDADE API expressa em graus e referida a uma escala convencional na qual a densidade da água corresponde a 10 graus e a dos líquidos mais leves, a números maiores.

A conversão à densidade API faz-se pela seguinte fórmula:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\text{densidade a } 15,5^{\circ}\text{C}} - 131,5$$

A tabela seguinte nos dá alguns valores em  $^{\circ}\text{API}$  e equivalentes em densidade, calculados de acordo com a fórmula acima:-

°API	DENSIDADE	°API	DENSIDADE
10	1,000	40	0,825
15	0,966	45	0,802
20	0,934	50	0,780
25	0,904	55	0,759
30	0,876	60	0,739
35	0,850		

#### IV.2 - PODER ANTI-DETONANTE DE UMA GASOLINA

##### a) O FENÔMENO DO "KNOCK"

Nos motores de combustão interna quanto maior a taxa de compressão, maior é o rendimento térmico e a eficiência e, por conseguinte, menor é o consumo de combustível para uma dada potência desenvolvida pelo motor.

Entretanto, nos motores até hoje construídos, a potência cresce até um máximo e então cae, rapidamente, com o aumento da taxa de compressão.

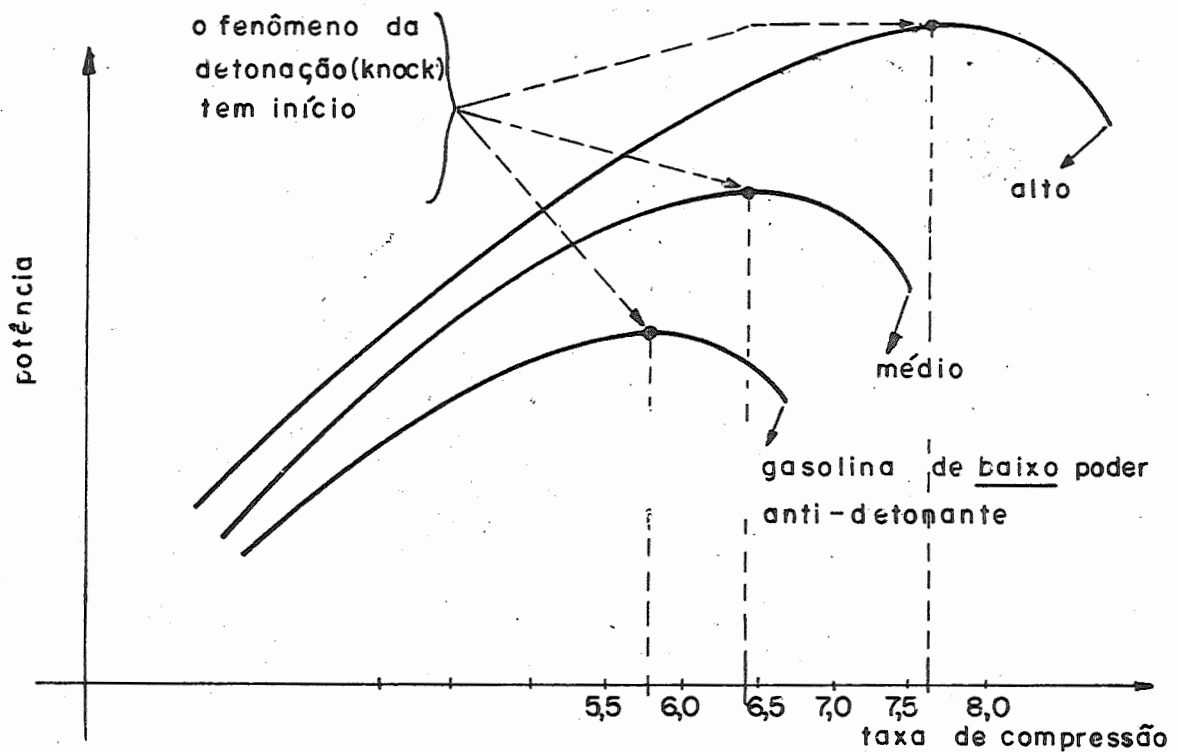


fig. 7

O máximo da potência coincide com o início do fenômeno que os americanos e ingleses chamam de "KNOCK" e que no Brasil é conhecido por DETONAÇÃO ou por "batida de pino".

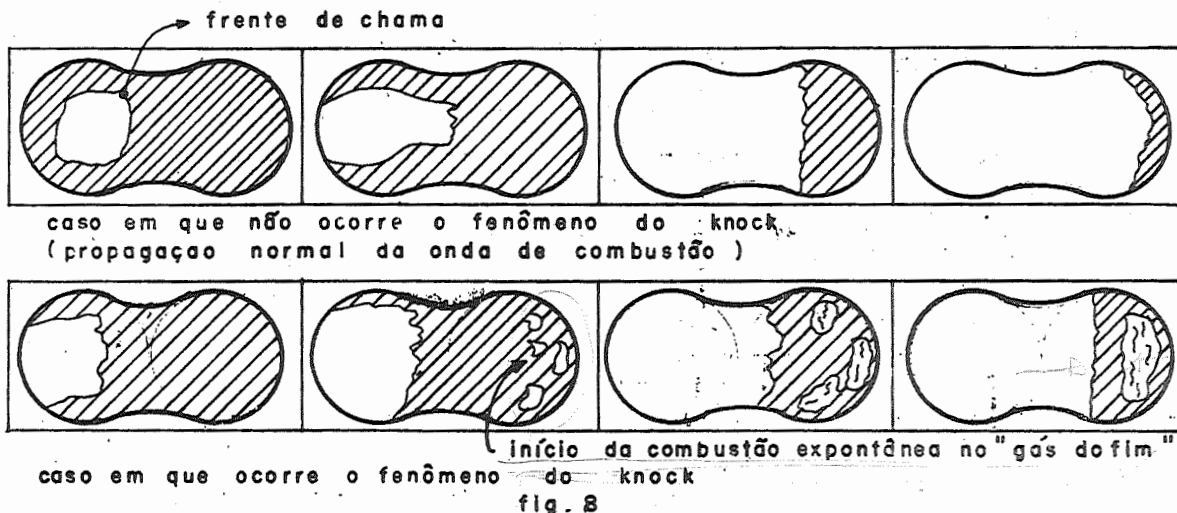
Muita confusão existe em torno da explicação deste importante fenômeno. As idéias ficaram mais claras quando foram obtidas chapas fotográficas do que se passava no interior de uma câmara de combustão, fechada com um vidro espesso formando uma janela para observação. Assim, câmaras ultra-rápidas puderam tirar 40.000 e mesmo 50.000 chapas por segundo.

A interpretação dessas chapas levou às seguintes conclusões:

1- O fenômeno do KNOCK não é motivado pela PRÉ-IGNIÇÃO, isto é, pela combustão espontânea da mistura ar-combustível antes de saltar a faísca. Pelo contrário, ele se dá somente depois que saltou a faísca e se iniciou uma onda de combustão que, a princípio, se propaga normalmente.

2- Os esquemas abaixo, baseados nas fotografias-obtidas, ajudam a explicar o fenômeno do KNOCK assim:

- a mistura ar-combustível é comprimida pelo êmbolo na câmara de combustão;
- um pouco antes do êmbolo atingir o ponto morto alto, salta a faísca na vela de ignição;
- imediatamente propaga-se uma onda de combustão turbulenta, que é uma verdadeira chama, com sua respectiva frente-de-chama. (Verificou-se que a velocidade espacial de propagação não é tão rápida a princípio (300 a 500 m/seg) acelerando-se logo a seguir para velocidades bem maiores da ordem de 2000 m/seg).

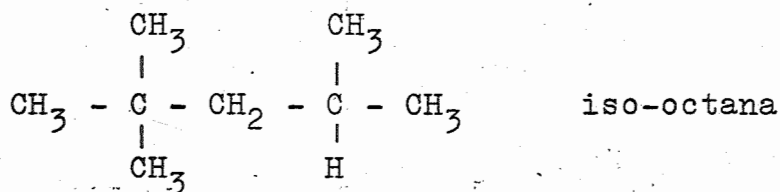
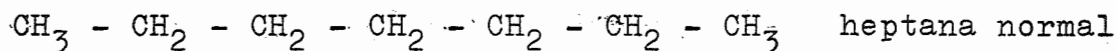


- a frente-de-chama, ou a zona de reação, delimita a região dos gases queimados os quais exercem forte pressão sobre os gases não queimados.
- com esta compressão adiabática a temperatura dos gases não queimados, que já era alta, atinge valores superiores ao ponto de ignição espontânea;
- imediatamente surgem um, dois, ou mais centros de ignição espontânea em pontos de distâncias remotas em relação à faísca. Nestes centros surgem aumentos locais rápidos da pressão e da temperatura;
- os centros crescem em ondas semelhantes às de detonação, violentas, e quando se chocam, se refletem e se refratam nas paredes da câmara de combustão, produzindo, como consequência, ruídos metálicos "batida de pino".

b) MEDIDA DO PODER ANTI-DETONANTE

Estudando-se a menor ou maior tendência ao fenômeno do "KNOCK", apresentada pelos diferentes hidrocarbonetos puros, verificou-se que os hidrocarbonetos parafínicos, em cadeias "lineares" de átomos de carbono, apresentavam muito maior tendência ao "KNOCK" que os mesmos hidrocarbonetos em cadeias bastante "ramificadas".

Assim escolheu-se, pelo método adotado pela A.S. T.M., a HEPTANA NORMAL como padrão de baixo poder anti-detonante e a ISO-OCTANA como padrão de alto poder anti-detonante.



DEFINIÇÃO:- Índice de iso-octana de uma gasolina (ou de outro combustível que possa ser usado como gasolina: álcool etílico,

por exemplo) é o número inteiro mais próximo da porcentagem , em volume, de iso-octana numa mistura binária líquida de iso-octana e heptana normal que produza os mesmos efeitos característicos do "KNOCK" quando ensaiada (a mistura) exatamente nas mesmas condições que a gasolina em questão.

DETERMINAÇÃO:- É feita num motor especial de laboratório, monocilíndrico, 4 tempos, que tem uma característica muito importante: um dispositivo mecânico que permite variar continuamente a taxa de compressão desde 4 até 10. Este motor toma muitas vezes a designação de motor C.F.R. (Cooperative Fuel - Research).

Colocamos a gasolina a ensaiar dentro do reservatório do motor e fazemos o mesmo funcionar obedecendo às condições especificadas. Vamos variando a taxa de compressão até que seja notado (no aparelho medidor da intensidade do KNOCK) o aparecimento do fenômeno.

Quando o aparelho (KNOCKMETER) registrar um fenômeno suficientemente intenso, não mais variamos a taxa de compressão. Retiramos a gasolina e fazemos então o motor funcionar com misturas binárias de iso-octana e heptana normal.

A característica variável não é mais a taxa de compressão mas sim a composição da mistura. Vamos variando esta composição até que o "KNOCKMETER" indique a mesma intensidade que foi indicada para a gasolina ensaiada.

Quando isto acontecer, o número inteiro mais próximo da porcentagem em volume de iso-octana, na mistura líquida binária, é, por definição, o índice de iso-octana da gasolina. Ex:- se a composição da mistura binária usada foi de 78,3% de iso-octana e 21,7% de heptana normal, o índice de iso-octana da gasolina em teste é 78.

O índice de iso-octana é também chamado número de iso-octanas, ou impropriamente número de octanas.

Na prática as misturas binárias são substituídas por uma coleção de gasolinas já padronizadas pois a obtenção de grandes quantidades de hidrocarbonetos puros encareceria enormemente o processo de medida do poder anti-detonante.

Existem gasolinas especiais cujo poder anti-detonante é maior que o da iso-octana pura (100). Nestes casos pode-se exprimir a tendência ao "KNOCK" pelo número de  $\text{cm}^3$  de chumbo Tetraetila  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$  que devem ser adicionados a 1 galão de iso-octana pura, a fim de se obter o mesmo comportamento da gasolina em questão quanto ao "KNOCK".

### IV.3 - ADITIVOS

Aditivos são substâncias orgânicas solúveis que são adicionadas aos óleos lubrificantes em porcentagens adequadas para lhes conferir características especiais ou para melhorar algumas de suas características. Os aditivos podem agir por ação direta ou por meio de reações químicas sendo que, em qualquer destes casos, eles são sempre consumidos, ou seja, o teor de aditivos nos óleos vai diminuindo à medida que os mesmos trabalham; esta é uma das razões da necessidade da troca periódica dos lubrificantes.

Os aditivos mais importantes são:

a) ANTI-OXIDANTES: Estes aditivos têm a finalidade de prevenir a ação do oxigênio sobre os lubrificantes, retardando a oxidação dos mesmos.

A oxidação, mais ou menos lenta, dependendo da qualidade do óleo, começa mesmo antes da entrada do óleo em serviço devido ao seu contato com o oxigênio do ar. Os produtos resultantes, peróxidos e produtos ácidos, constituem um risco de corrosão, enquanto depósitos de bôrras, gomas ou vernizes, podem eliminar as folgas, aumentar o desgaste e prejudicar a dissipação de calor.

A oxidação dos óleos minerais processa-se, em geral, por um mecanismo de auto-catálise no qual os peróxidos (produtos iniciais) são os catalisadores do processo. O aumento da temperatura do óleo devido à própria agitação e à sua ação de "roubar" calor das peças com as quais entra em contato concorre para acelerar o processo. A velocidade de reação vai aumentando à medida que a mesma progride.

Os aditivos anti-oxidantes atuam então como inibidores daquelas reações em cadeia devido à sua maior afinidade para com o oxigênio.

A presença de anti-oxidante em concentrações de 0,001 a 0,1% pode prolongar muito a vida de um óleo pois os mesmos conseguem manter a velocidade de oxidação controlada até que o anti-oxidante seja totalmente gasto; após isto, a oxidação se processa como se processaria no óleo não aditivado.

A ação dos aditivos anti-oxidantes é, portanto, uma ação de prolongamento do tempo de utilização de um óleo res salvas, evidentemente, as outras causas, como a contaminação,

por exemplo, que poderão inutilizar o óleo antes dele oxidar-se.

Diversos tipos de substâncias são empregadas como anti-oxidantes. Compostos contendo enxôfre ou fósforo, ou ambos, são muito comuns. Entretanto, os tipos mais conhecidos são os compostos aromáticos que tenham grupamento fenólico ou amino.

b) ANTI-CORROSIVOS: Existem dois tipos de aditivos anti-corrosivos: os que protegem as partes metálicas da corrosão por substâncias presentes no óleo em serviço e os que conferem proteção contra corrosão atmosférica e contra umidade durante o serviço e ou armazenagem.

Corrosão do 1º tipo ocorre, por exemplo, em mancais de ligas duras em motores de combustão interna, mancais de laminadores e outros semelhantes. Os agentes corrosivos, em geral ácidos orgânicos, são provenientes da oxidação do óleo ou, em casos de motores de combustão interna, da queima incompleta do combustível. O problema geral de corrosão desse tipo tem sido agravado pelos seguintes fatos:-

- substituição de ligas mais resistentes à corrosão (ex:- Babbit) por metais e ligas mais duras;
- tendência de refino mais profundo de óleos com conseqüente remoção de constituintes naturais anti-corrosivos;
- inclusão de aditivos dispersantes em óleos para serviços pesados (HD). Estes agentes, conquanto não sejam corrosivos, impedem a deposição de lacas, vernizes e bôrras nas superfícies metálicas, facilitando assim o contato de substâncias corrosivas com os metais.

A função de um aditivo anti-corrosivo deve ser a de proteger as partes metálicas da corrosão, e isto compreende duas fases:

- 1ª) prevenir o contato entre o agente corrosivo e o metal
- 2ª) remover do óleo os agentes corrosivos.

Pela incorporação de um aditivo que forneça uma película impermeável sobre os metais, consegue-se alcançar o primeiro objetivo. A segunda meta pode ser conseguida por simples neutralização, tal como pela reação de uma amina ou de um fenolato metálico contra substâncias ácidas. Dos aditivos capazes de neutralizar ácidos corrosivos diz-se que constituem a "reserva alcalina de um lubrificante".



A proteção das superfícies metálicas (particular - mente as de ferro e suas ligas) contra os efeitos corrosivos do ar e da umidade, embora relacionada basicamente ao primeiro tipo de corrosão, é um problema diferente. A corrosão poderá ser acelerada pela presença de sais na água, como no caso da água do mar.

De uma maneira geral, o problema de proteção contra a ferrugem consiste em deslocar a água, ou evitar que ela entre em contato com as superfícies metálicas. Para deslocar a unidade das superfícies metálicas os agentes emulsificantes executam um envolvimento das partículas d'água por uma película oleosa. Sulfonatos de petróleo são bons exemplos dessas substâncias. Gorduras animais e vegetais são usadas até um certo ponto. Um terceiro tipo de preservativo inclui substâncias que têm maior afinidade para o metal que a água; estas substâncias aderem então ao metal, dificultando seu contato com a água.

c) DETERGENTES-DISPERSANTES: Geralmente os óleos minerais puros não possuem propriedades detergentes no grau que seria desejável, especialmente para a lubrificação de motores de combustão interna nos quais a fuligem e os produtos da decomposição do combustível e do próprio óleo lubrificante, tendem a se agrupar e sedimentar formando depósitos sobre as peças do motor. Estes depósitos vão interferir com a lubrificação e com a transmissão do calor.

Para combater esses efeitos incorporam-se ao óleo mineral puro os aditivos D-D cuja função é a de deslocar, dispersar e manter em suspensão os produtos da decomposição e outros contaminantes sólidos que não podem ser retidos pelos filtros (quando usados) e formariam depósitos mesmo com a drenagem regular do cárter.

Devido à ação do aditivo, o material mantido em suspensão provocará escurecimento rápido e aparência de "óleo sujo" no lubrificante. Isto é bom sinal pois, quanto mais sujo o óleo, mais limpo o motor. Importante também é constatar que a eficiência da lubrificação e do resfriamento do motor é aumentada.

A maioria dos aditivos D-D consiste de compostos organo-metálicos. Carboxilatos e sulfonatos metálicos são os mais comuns. Por meio de ações complexas que envolvem fenômenos de superfície (adsorção), cargas eletrostáticas, modificações de tensões interfaciais, etc., as partículas de impurezas são envolvidas por películas que as impedem de se juntarem para formar partículas maiores, permanecendo então, as mesmas em suspensão, fi-

namente divididas.

Sem dúvida seria de interesse dispor de um processo para medir, em laboratório, a propriedade D-D de um óleo lubrificante mas, até agora, nenhum foi encontrado. A única forma de medi-la é por uma prova no motor sob condições cuidadosamente reguladas, empregando-se, como padrão de referência, um óleo de características conhecidas. O estado em que ficarem as peças do motor deve ser observado com critério e registrado fotograficamente; anotam-se as apreciações sobre a extensão, a profundidade e a natureza dos depósitos, comparando-os, depois, com os resultados de outras provas.

d) ANTI-ESPUMANTES: A espuma é o resultado da absorção de ar pelo óleo a qual é facilitada pela agitação vigorosa do mesmo em contato com o ar. Espuma excessiva em um sistema de lubrificação pode causar danos de monta à máquina e, dentre os aspectos negativos que aparecem, podemos ressaltar os seguintes:

- a) O filme de um óleo com espuma não suporta as cargas que normalmente deveria suportar.
- b) Num sistema de circulação, ou de comando, a espuma reduz a pressão do óleo resultando em um menor fluxo de óleo para as partes a serem lubrificadas ou em uma ação imperfeita dos controles.

Os aditivos ANTI-ESPUMANTES, embora não impeçam a formação da espuma, provocam o seu rápido desaparecimento pela ação de desmanchar as bôlhas de ar assim que elas atingem a superfície livre do líquido; promovem a junção, no meio do líquido, de pequenas bôlhas para formar uma maior que ascende à superfície, onde é desmanchada. São, usualmente, materiais insolúveis em óleo finamente dispersos, que reduzem a tensão superficial do óleo em relação ao ar o que provoca o rompimento das bôlhas.

Polímeros de silicone são os mais comumente usados para esse fim em todos os tipos de óleos lubrificantes; são bastante eficazes mesmo em concentrações extremamente baixas.

e) REFORÇADORES DO I.V. : Óleos com Índice de Viscosidade acima de 100 podem ser obtidos a partir de grande número de crús por processos de refinação especiais, por mistura seletiva de óleos parafínicos, pela adição de aditivos aos óleos básicos, ou pela combinação destes métodos.

Os aditivos REFORÇADORES DO I.V. são geralmente polímeros de grande peso molecular solúveis no óleo; com o aumento

da temperatura suas moléculas aumentam de volume dando corpo ao óleo o que provoca uma menor variação de sua viscosidade com a temperatura.

A eficiência destes aditivos pode ser avaliada medindo-se e comparando-se as viscosidades do óleo base e do óleo aditivado a 100°F e a 210°F. Com estes dados calculamos a "viscosidade específica" a cada uma destas temperaturas através da relação:-

$$\eta_{esp} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0}$$

$\eta_{esp}$  = viscosidade específica  
 $\eta$  = viscosidade da mistura  
 $\eta_0$  = viscosidade óleo base

A seguir determinamos a "razão" das viscosidades específicas a 210°F e a 100°F.:-

$$R = \frac{\eta_{esp} (a 210^\circ F)}{\eta_{esp} (a 100^\circ F)}$$

Quando  $R > 1$  o aditivo é realmente um REFORÇADOR do I.V. e será tanto melhor quanto mais R exceder à unidade.

f) ABAIXADORES DO PONTO DE FLUIDEZ: Ao se reduzir a temperatura de um óleo lubrificante haverá uma tendência para um espessamento. À medida que se desce na escala do termômetro, as substâncias de maior peso molecular vão se solidificando ou cristalizando, aumentando o teor de sólidos no seio do líquido e impedindo, cada vez mais, o livre movimento dos corpos ainda no estado líquido.

Geralmente, no Brasil, este problema só aparece na lubrificação de equipamentos de refrigeração porquanto a temperatura ambiente somente em raros locais e ocasiões desce a valores próximos ao ponto de fluidez da maioria dos óleos.

Aos óleos usados naquelas aplicações são incorporados aditivos ABAIXADORES DO PONTO DE FLUIDEZ os quais possibilitam ao óleo fluir a temperaturas abaixo do ponto de fluidez do óleo básico correspondente.

A teoria mais aceita para explicar o efeito alcançado por estes aditivos é a da ação de um coloide protetor envolvente dos cristais, ainda na sua menor dimensão, impedindo seu crescimento em formas alongadas, evitando a formação de um emaranhado. Os cristais permaneceriam sob a forma de pequeníssimos-

grãos de dimensões uniformes, dispersos no meio de fluido.

De maneira geral, usam-se produtos polimerizados - como aditivos abaixadores do ponto de fluidez. Os mais comuns - são os metacrilatos polimerizados.

g) EMULSIFICANTES (Emulsificadores) e DEMULSIFICANTES (Demulsificadores)

EMULSÃO é uma mistura de óleo e água. Os aditivos emulsificadores são adicionados aos óleos para facilitar e mesmo, em alguns casos, para possibilitar a sua emulsão. São de emprego generalizado na obtenção dos óleos solúveis dos quais trataremos no capítulo de fluidos de corte.

Devido ao fato do emulsificador facilitar a emulsão do óleo com a água, evitando com isto o contato direto da mesma com as partes metálicas, êsses aditivos são também usados nos óleos lubrificantes de mancais e peças de motores marítimos, pelo fato de não haver possibilidade de se "sangrar" esta água.

Os chamados TESTES DE DEMULSIBILIDADE são feitos para se determinar a "razão da separação" de um óleo da água. - Quanto maior o INDICE DE DEMULSIBILIDADE de um óleo, mais rápida~~mente~~ mente êle se separa da água.

Os aditivos DEMULSIFICADORES são adicionados aos óleos para "quebrar" a emulsão, ou seja, para acelerar a separação do óleo da água. Um alto índice de demulsibilidade é muito importante para os óleos que desempenham sua função lubrificante em ambientes muito úmidos ou em condições que facilitam o seu contato contato direto com a água, desde que seja possível a "sangria" desta água.

Resumindo, de acôrdo com sua utilização, o óleo de verá ter o índice de demulsibilidade adequado para poder bem executar suas funções. Exemplificando:-

- óleos solúveis . . . . . : baixo Ind. Demuls.
- lubrificantes sistemas hidráulicos ; alto Ind . Demuls.

h) ADITIVOS ADEQUADOS ÀS CONDIÇÕES DE LUBRIFICAÇÃO LIMITE

1- Inicialmente vejamos algumas noções sôbre os tipos de lubrificação que podemos ter e, para fixar idéias, vamos examinar o caso da lubrificação de um MANCAL PLANO. Poderemos ter dois tipos de lubrificação:

a)- "Lubrificação hidrodinâmica ou por película fluida", quando

as superfícies móveis são completamente separadas por uma película ou cunha de óleo, decorrente do efeito de bombeamento do munhão.

b)- "Lubrificação - limite ou por película fina", quando as condições são tais que não permitem a formação de película completa. Nestas circunstâncias há contato metálico intermitente entre a superfície fixa e a móvel.

Em um mancal operando em condição hidrodinâmica há uma relação definida entre o coeficiente de atrito ( $\mu$ ), a viscosidade absoluta do lubrificante ( $\eta$ ), o raio do munhão ( $r$ ), a velocidade de rotação do munhão ( $N$ ), a carga por unidade de área ( $P$ ) e a folga radial do mancal ( $e$ ).

Assume-se, para efeito de simplificação, que o coeficiente de atrito seja função da viscosidade absoluta multiplicada pela rotação e dividida pela carga por unidade de área. A expressão adimensional geralmente usada é:-

$$\mu = f\left(\frac{\eta N}{P}\right)$$

onde  $f$  é variável para diferentes condições e projetos do mancal.

Para o propósito de tal equação é assumido que NÃO HÁ:-

- perda de óleo pelos extremos do mancal
- aumento de temperatura devido ao atrito fluido, o que reduziria a viscosidade do óleo
- aumento da viscosidade do óleo devido à pressão do mancal.

Tais condições, evidentemente, não são encontradas na prática; todavia a curva típica do coeficiente de atrito ( $\mu$ ) em função de  $(\eta N/P)$  permite uma boa observação das condições de lubrificação de mancais planos (Fig 9).

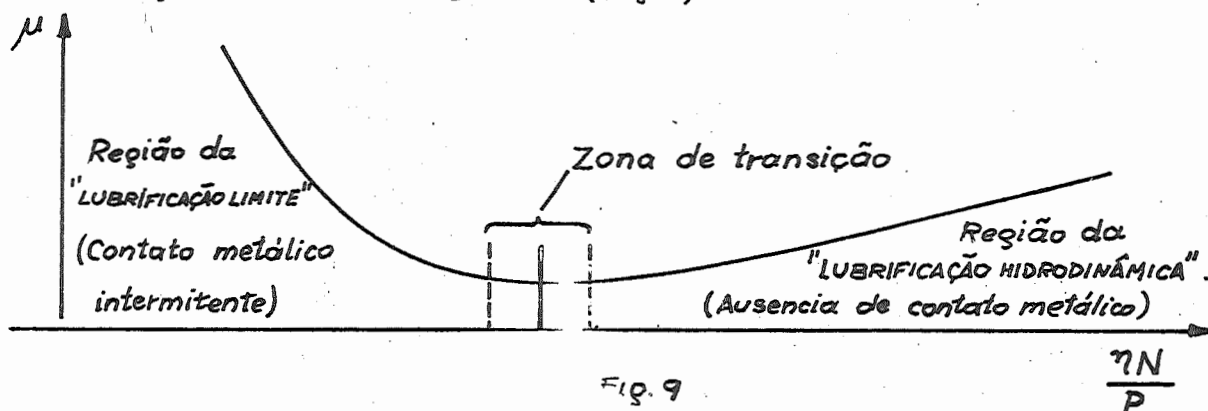


Fig. 9

Em cálculos de mancais é usado, frequentemente, o nº de Sommerfield como indicação da máxima capacidade de carga do mancal. O nº de Sommerfield é obtido da equação:

$$S = \left(\frac{r}{c}\right)^2 \frac{\eta N}{P}$$

A máxima pressão por unidade de área projetada do mancal pode ser expressa pelos mínimos valores permissíveis de  $\left(\frac{\eta N}{P}\right)$  e do nº de Sommerfield para ligas comuns de mancais; podemos verificar que as ligas mais duras apresentam muito maiores capacidades de carga.

L I G A	Mínimo $\frac{\eta N}{P}$	S
BABBIT (Base estanho)	20,00	0,050
BABBIT (Base chumbo)	10,00	0,025
CÁDMIO (Metal base)	3,75	0,009
COBRE-CHUMBO	3,75	0,009
PRATA-CHUMBO-LÍTIO	2,00	0,005

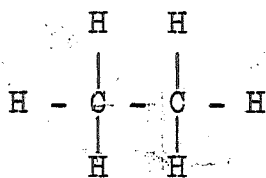
2- ADITIVOS: Consideram-se adequados às condições de "Lubrificação-limite" os aditivos denominados de OLEOSIDADE e os de EXTREMA PRESSÃO (EP). A associação de ambos tem apresentado excelentes resultados e a sua ação ocorre quando há ruptura do filme de óleo, ou seja, nos pontos onde ocorre o contato metálico.

Os aditivos de EXTREMA PRESSÃO São, em geral, compostos de Cloro, Enxôfre e Fósforo. Supõe-se que, submetidos às altas temperaturas decorrentes do contato metálico, reajam quimicamente com os metais originando películas extremamente finas, por exemplo, de cloretos e/ou sulfetos metálicos, cuja alta capacidade de carga e pequena resistência ao cisalhamento, evitam a fusão e a solda dos metais, proporcionando baixo coeficiente de atrito. Em temperaturas normais são quimicamente inertes.

Os aditivos de OLEOSIDADE - em geral ácidos graxos ou ésteres de ácidos graxos - são conhecidos como de "ação polar". Acredita-se que, face à atração elétrica, os lubrificantes polares aderem fortemente às superfícies metálicas formando resistente película protetora. Embora a ação inicial seja de caráter elé

trico, parece que, após o estabelecimento da película, esta reage com o metal, sob alta temperatura, originando sabões metálicos de elevado ponto de fusão apresentando também estes sabões, ação polar. O processo seria, portanto, físico-químico.

A teoria explicativa da ação polar considera que a capacidade de aderência da molécula polar (assimétrica) decorre do fato de o centro geométrico das cargas positivas estar afastado do centro geométrico das cargas negativas, originando um momento elétrico responsável pela aderência às superfícies metálicas. Ao contrário, as moléculas não-polares são simétricas, estando, conseqüentemente as cargas elétricas uniformemente distribuídas, por exemplo como nos hidrocarbonetos parafínicos normais:



Os lubrificantes polares usualmente possuem longas cadeias ou anéis, sendo, desde que haja simetria, neutra esta parte da molécula. Todavia, ligada à parte simétrica encontra-se a extremidade polar responsável pelo momento elétrico; é essa parte da molécula que se une às superfícies metálicas enquanto a parte neutra forma uma película protetora de relativa espessura.

Os álcoois e os ácidos graxos, com seu desbalanceamento do grupo (OH), têm moléculas polares:  $\text{CH}_3\text{CO OH}$  (ácido acético). Certamente o grau de polaridade dos diversos compostos varia com a configuração de sua estrutura molecular. A intensidade da atração depende das características físico-químicas das superfícies metálicas e das propriedades químicas do lubrificante; por esse motivo certos metais são mais indicados que outros para condições de trabalho propensas à ocorrência da "lubrificação-limite".

OBS:- Os processos básicos de DESGASTE são os seguintes:

1- Adesão ou solda de pequenas áreas das superfícies em contato. Isto resulta em transferência de material entre as superfícies e distorção plástica das mesmas.

2- Riscamento quando uma superfície é apreciavelmente mais dura que a outra.

3- Corrosão

4- Fadiga

Em quase todos os casos, na prática, o DESGASTE ocorre por uma combinação destes processos.

Podemos observar que uma lubrificação correta poderá prevenir 3 dos 4 processos básicos de DESGASTE o que por si só já nos dá uma idéia da importância deste fator na manutenção do equipamento.

## I - COMPATIBILIDADE ENTRE ADITIVOS

Evidentemente os vários casos discutidos nos parágrafos anteriores sobre aditivos, cada qual exigindo que os mesmos tenham características específicas para o atendimento de diferentes problemas que podem surgir com o óleo em serviço, devem ser encarados em conjunto porquanto alguns daqueles problemas sempre surgem simultaneamente.

Assim, um óleo para determinada aplicação pode ter necessidade de ter, por exemplo, propriedades anti-oxidantes, anti-corrosivas, anti-espumantes, anti-desgaste e alto I.V.. É claro que os diferentes aditivos que vão conferir ao lubrificante - estas propriedades devem ser compatíveis entre si e com a composição do óleo básico.

Em muitos casos, uma única estrutura molecular pode desempenhar mais de uma função específica. Os carboxilatos metálicos que contenham grupamento fenol ou amina, por exemplo, funcionam como dispersantes e anti-oxidantes, principalmente, e podem desempenhar funções auxiliares anti-corrosiva e anti-desgaste. A combinação de duas ou três destas substâncias de ação múltipla pode ainda ser a base de um aditivo dos chamados " multifuncionais".

OBS:- Devido a essa compatibilidade que os diferentes aditivos - devem apresentar entre si (e com o óleo base) é que se desaconselha a mistura de óleos de companhias diferentes. Se se pretender substituir determinado lubrificante, em uso num equipamento, por outro de companhia diferente, deve-se esgotar totalmente o reservatório, limpá-lo e só então colocar o novo óleo; evita-se, com isto, possíveis reações que poderiam conduzir a produtos potencialmente prejudiciais.



## V - TIPOS DE LUBRIFICAÇÃO

Como se sabe, qualquer tipo de movimento relativo entre corpos sólidos, líquidos ou gasosos, dá origem ao atrito, que se opõe a êsse movimento. O atrito produz calor, o que, entre outros inconvenientes, representa perda direta de energia.

Qualquer máquina ou motor tem peças interligadas cujas superfícies em contato se acham animadas de movimentos relativos, atritando-se e gerando calor. Se prosseguir o atrito, as peças ficarão cada vez mais quentes, até que ocorra a paralização do mecanismo, consequência da dilatação pronunciada, ou mesmo a soldagem das peças superaquecidas.

Vê-se, pois, a grande importância de se reduzir - ao mínimo o atrito metálico nas máquinas e motores, com a finalidade de não só minorar a perda do calor, como também diminuir o desgaste e eliminar, assim, os riscos de ruptura por superaquecimento ou enfraquecimento mecânico. Podemos conseguir isto pela interposição de uma substância fluida que forme entre as superfícies metálicas uma película adequada a qual, impedindo o contato direto, determina a redução do calor gerado e do desgaste.

Essa película é geralmente de óleo, porém há casos em que se usam graxas, gorduras ou mesmo sólidos finamente pulverizados (por exemplo, grafite, dissulfeto de molibdênio, etc.). Em certos casos especialíssimos, a água e mesmo os gases (ar comprimido, por exemplo) podem servir de lubrificantes. Em princípio, qualquer líquido pode desempenhar a função lubrificadora, desde que "molhe" as duas superfícies.

Podemos distinguir 3 casos quando se realiza um movimento relativo de duas superfícies metálicas:

- a) contato direto ou metálico
- b) contato intermitente (lubrificação-limite)
- c) ausência de contato metálico (lubrificação hidrodinâmica)

No caso (a) temos o atrito sêco, proporcional ao coeficiente de atrito - o qual, por sua vez, depende da natureza dos materiais e do acabamento superficial - e proporcional à força normal que comprime as duas superfícies.

Quanto aos casos (b) e (c), já tratados anteriormente (IV-3-H), temos a acrescentar:

- para a lubrificação hidrodinâmica deve existir - entre as superfícies uma película de espessura - maior que a soma das alturas das rugosidades das duas superfícies. Essa espessura mínima, para os mancais comuns, pode ser estimada em  $10 \mu$ .
- as principais vantagens da lubrificação hidrodinâmica são:-
  - 1)- eliminação quase completa do desgaste com conseqüente aumento da vida das peças.
  - 2)- diminuição das perdas por atrito (maior rendimento mecânico).
  - 3)- aumento da segurança, em operação por evitar riscos de incêndio.

Vejamos como ocorre, na prática, a formação da película no caso da lubrificação hidrodinâmica. Vamos examinar o caso de um eixo em rotação dentro de um mancal.

A figura 10 mostra as posições relativas de um eixo e do mancal correspondente.

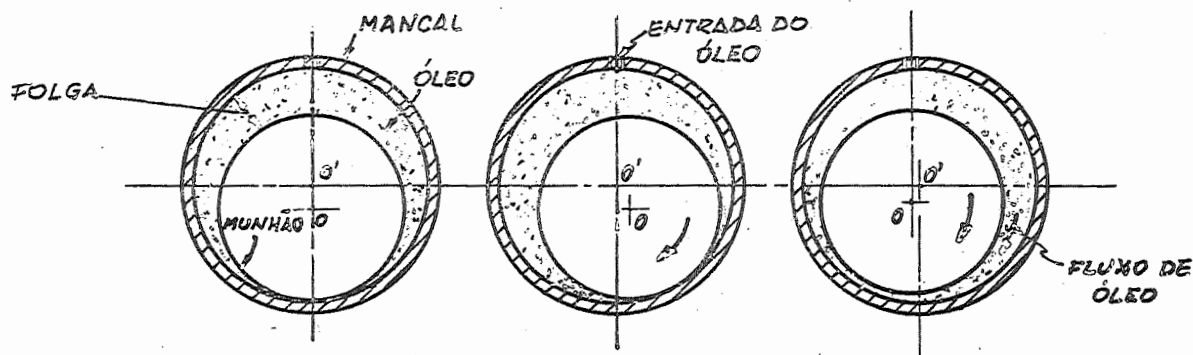


Fig. 10 - Formação da "película" lubrificante.

Na 1ª posição o eixo está em repouso; existe apenas uma finíssima película aderente ao eixo e ao mancal. Geralmente, nesta condição, há contato metálico devido à interpenetração das rugosidades.

Iniciada a rotação, o eixo sobe um pouco sobre o mancal, por causa da aderência decorrente da interpenetração das rugosidades de ambos. Prosseguindo a rotação, o óleo é arrastado-

pelo eixo pois adere às suas rugosidades. Origina-se, então, uma CUNHA de óleo, pelo efeito de bombeamento do eixo, que tende a penetrar entre o mancal e o eixo.

Se o mancal fôr corretamente dimensionado e o óleo acertadamente escolhido, desenvolver-se-á na cunha de óleo uma pressão hidráulica capaz de levantar o eixo, fazendo com que o mesmo flutue sôbre a película de óleo. Com o aumento da rotação, aumentará a componente originada pela cunha de óleo o que se fará com que, no equilíbrio, a posição do eixo fique ligeiramente-deslocada horizontalmente.

### VI - CLASSIFICAÇÃO SAE

A classificação SAE, tanto para óleos para motores como para óleos para transmissão e diferenciais, é baseada apenas na viscosidade dos óleos. Outros fatores, como qualidade, aditivação ou características específicas dos óleos, não são considerados.

#### 1- Para óleos para transmissões e diferenciais

Número SAE	LIMITES DE VISCOSIDADE (S S U)			
	a 0°F (~ - 17,8°C)		a 210°F	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<del>75</del>	-	15.000	-	-
80	15.000	100.000	-	-
90	-	-	75	120
140 →	-	-	120	200
250	-	-	200 ✓	-

*exceto BR*  
*o sob encomenda*  
*ambos e*  
*diferenciais de automóveis*  
*p/ diferencial de transmissão comutadas*

*p/ diferencial de transmissão já usado*  
**OBS:**

- a) - a viscosidade dos lubrificantes nesta classificação não deve ser menor do que 40 SSU a 210°F.
- b) - Experiências de campo indicaram que lubrificantes com viscosidades acima de 750.000 SSU à temperatura de partida, podem causar uma resistência indesejável ao movimento das engrenagens durante a partida e durante o intervalo de aceleração.
- c) - Experiências indicaram também que para o acionamento-satisfatório das engrenagens nas caixas de mudanças operadas manualmente, a viscosidade do lubrificante -

não deve exceder 100.000 SSU à temperatura de acionamento.

## 2- Para óleos para motores

Número SAE	LIMITES DE VISCOSIDADE (S S U)					
	a 0°F		a 100°F*		a 210°F	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
5W	-	4.000	-	-	-	-
10W	6000(a)	12.000	150	180	40	45
20W	12000(b)	48.000	200	350	45	58
20	-	-	200	350	45	58
30	-	-	400	550	58	70
40	-	-	600	800	70	85
50	-	-	850	1500	85	110

\* - valores aproximados

(a)- a viscosidade mínima a 0°F poderá variar desde que a viscosidade a 210°F não seja inferior a 40 SSU.

(b)- a viscosidade mínima a 0°F poderá variar desde que a viscosidade a 210°F não seja inferior a 45 SSU.

OBS:- Para lubrificação de motores a explosão temos os chamados óleos multi-viscosos (multigrade) como, por exemplo, os SAE 10W/30, SAE 20W/40, etc.

Estes óleos, convenientemente aditivados, apresentam uma "queda" da viscosidade com a temperatura muito menos acentuada. Assim é que, por exemplo o SAE 20W/40, à temperatura ambiente tem uma viscosidade correspondente ao SAE 20, mas à temperatura por volta dos 210°F, sua viscosidade é a de um SAE 40.

Evidentemente isto representa uma vantagem principalmente na partida dos motores em tempo frio.

## VII - CLASSIFICAÇÃO API

### A- Classificação antiga:

Na prática o funcionamento dos motores a explosão (quer a gasolina, quer a óleo diesel) pode variar consideravelmente segundo os tipos de solicitação aos quais eles estiverem-

afeitos. Assim poderemos ter motores funcionando a maior parte de sua vida a altas velocidades e baixas cargas, outras funcionando excessivamente em marcha lenta, etc.

Estes diferentes tipos de funcionamento redundarão em maior ou menor severidade no serviço dos motores. Tendo em vista esta severidade o API estabeleceu a seguinte classificação:-

a) MOTORES A GASOLINA

1- SERVIÇO ML (Motor Light) : Serviço típico de motores usados sob condições leves e favoráveis, não tendo os motores quaisquer exigências especiais de lubrificação e cuja construção não os torna propensos à formação de depósitos.

2- SERVIÇO MM (Motor Medium) : Serviço típico de motores usados sob condições desde moderadas a severas, mas apresentando problemas de formação de depósitos ou de controle de corrosão dos mancais quando a temperatura do óleo do cárter é elevada.

3- SERVIÇO MS (Motor Severe) : Representa as condições de serviço mais severas encontradas por um motor a gasolina as quais exigem precauções para evitar formação de depósitos ou a corrosão dos mancais. Este serviço inclui dois diferentes tipos de funcionamento:

- operação com elevado número de paradas e saídas.
- + operação a altas temperaturas, altas cargas ou sobrecargas, ou velocidades extremamente altas.

b) MOTORES A DIESEL

1- SERVIÇO DG (Diesel General) : Serviço típico de motores diesel em qualquer operação onde não existam exigências severas quanto ao desgaste ou controle de depósitos devidos ao combustível, óleo lubrificante ou características de projeto do motor.

2- SERVIÇO DM (Diesel Medium) : Serviço típico de motores diesel operando sob condições severas ou usando combustível de um tipo que normalmente tende a produzir depósitos e desgaste mas onde existam características de projeto ou condições de operação as quais podem tornar o motor ou menos sensível aos efeitos do combustível ou mais sensível aos resíduos do óleo lubrificante.

3- SERVIÇO DS (Diesel Severe):- Serviço típico de motores diesel operando sob condições altamente severas ou tendo características de projeto ou usando combustível que tendam a produzir excessivo desgaste ou depósitos acentuados.

NOTAS

- 1)- Geralmente nas lâtas dos óleos lubrificantes está impressa a relação dos tipos de serviço (API) que o óleo pode satisfazer. Por exemplo o Havoline Motor Oil, da Texaco, satisfaz as condições de serviço: ML, MM, MS, DG e DM.
- 2)- Esta classificação, embora esteja sendo substituída por aquela que veremos a seguir, é largamente encontrada na literatura a respeito do assunto assim como nas embalagens, ainda em uso, dos lubrificantes. Esta é a razão pela qual ainda inserimo-la aqui.

B- Classificação Moderna

Esta nova classificação, publicada em 1970, é o resultado de um esforço conjunto da SAE, da ASTM e do API.

A SAE teve o encargo de avaliar as categorias e divulgá-las oficialmente; a ASTM de estabelecer a forma de ensaiar e verificar o desempenho, e o API de elucidar as categorias, traduzindo da linguagem técnica para termos populares.

Nesta nova classificação a sigla "S" indica "Service Station" ou óleos tipo "Postos de Serviço" e a sigla "C" indica "Comercial" ou óleos dos tipos aplicados geralmente em serviços industriais ou de Terraplanagem.

1- SIGLA "SA" : Veículo utilitário com motor Diesel ou a Gasolina. Serviço típico de motores operando em condições suaves nas quais a proteção dada por óleos aditivados não é necessária.

CARACTERÍSTICAS: Sem aditivos, podendo conter anti-espumante e/ou abaixador do ponto de fluidez.

2- SIGLA "SB" : Serviço leve de motores a gasolina. Serviço típico de motores operando sob condições leves nas quais é desejável um mínimo de proteção proporcionada por óleos aditivados.

CARACTERÍSTICAS: Capacidade antioxidante, antidesgastante e anticorrosiva.

3- SIGLA "SC" : Serviços de motores a gasolina fabricados nos anos de 1964 a 1967 inclusive, operando dentro das condições de garantia dos fabricantes.

CARACTERÍSTICAS: Ação anti-bôrra, anti-ferruginosa a altas e baixas temperaturas.

4- SIGLA "SD" : Serviços de motores a gasolina fabricados a partir de 1968 operando dentro das condições de garantia dos fabricantes.

"SE"

CARACTERÍSTICAS: Maior proteção contra depósitos, desgaste, ferrugem e corrosão do que os óleos da classe "SC"

5- SIGLA "CA": Serviço leve de motores diesel operando em condições suaves a moderados, utilizando combustível de alta qualidade. Ocasionalmente tem incluído motores a gasolina em serviço leve.

CARACTERÍSTICAS: Proteção contra corrosão de mancais e depósito de altas temperaturas.

6- SIGLA "CB": Serviço típico de motores diesel operando em trabalho leve a moderado, porém utilizando combustíveis de baixa qualidade, os quais necessitam de maior proteção ao desgaste e a depósitos.

CARACTERÍSTICAS: Proteção contra o desgaste de mancais e depósitos de altas temperaturas, quando se usam combustíveis contendo alto teor de enxofre.

7- SIGLA "CC": Serviço típico de motores diesel com superalimentação moderada, operando em trabalho moderado a severo, bem como alguns motores a gasolina sob trabalho pesado.

CARACTERÍSTICAS: Proteção contra depósitos de alta temperatura em motores diesel com superalimentação moderada e também proteção à ferrugem, corrosão e depósitos de baixa temperatura em motores a gasolina.

8- SIGLA "CD": Serviço típico de motores diesel superalimentados sob condições de operação a alta velocidade e alto rendimento, exigindo controle muito eficiente ao desgaste e depósitos.

CARACTERÍSTICAS: Proteção contra a corrosão de mancais e depósitos de alta temperatura em motores superalimentados, quando usando combustíveis de uma larga gama de qualidade.

## VIII - ÓLEOS PARA LUBRIFICAÇÃO DE MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA

### a) CARACTERÍSTICAS

Os óleos minerais puros tanto para a lubrificação de motores quanto para qualquer outra aplicação, são óleos altamente refinados que devem satisfazer as exigências de lubrificação das máquinas a que se destinam.

Particularmente no caso da lubrificação dos motores a combustão interna, o desenvolvimento dos mesmos (aumento -

da taxa de compressão, da potência e da rotação) trouxe grandes problemas quanto à lubrificação os quais tornaram o óleo mineral puro insuficiente.

Nos motores atuais não se trata somente de lubrificar o motor, mas sim de limpá-lo, mantê-lo limpo, prevenir a corrosão, ter alta resistência à carga, etc, tarefas que não podem ser desempenhadas por um óleo mineral puro simples.

Premidas pela necessidade as Companhias de Petróleo desenvolveram aditivos capazes de emprestar aos óleos tôdas as qualidades exigidas para uma lubrificação eficiente dos motores de combustão interna, tais como:-

- DETERGÊNCIA no grau necessário para limpar o motor removendo os resíduos e as bôrras;

- DISPERSÂNCIA suficiente para manter o material insolúvel em suspensão evitando que o mesmo venha a se precipitar e possibilitando sua eliminação quando da troca do óleo;

- INIBIÇÃO contra a oxidação, aumentando a vida útil do óleo, contra a ferrugem, impedindo o enferrujamento das partes metálicas, contra a corrosão, impedindo os produtos ácidos de se agregarem às superfícies metálicas, contra a espuma, dissolvendo rapidamente as bôlhas de ar;

- EXTREMA PRESSÃO aumentando a resistência à carga, a qual em motores modernos é elevada, impedindo com isto o grim-pamento das superfícies metálicas.

- ALTO ÍNDICE DE VISCOSIDADE reduzindo a progressão da alteração da viscosidade com a temperatura.

Os óleos que contêm aditivos detergentes-dispersantes + inibidores de oxidação e corrosão são denominados HD o que significa "Heavy Duty" (Serviço Pesado) e não "High Detergency" (Alta Detergência). Estes óleos preenchem os requisitos de teste da especificação militar dos U.S.A., MIL-L-2104A (uso em motores a gasolina e motores diesel operando com combustível de baixo teor de enxofre: 0,35% mínimo)\*. Na nova classificação API estes óleos pertencem à sigla "CA".

Os óleos SUPPLEMENT 1 (sup-one ou S-1) são aquêles que, além de preencherem todos requisitos dos HD, ainda satisfazem o teste especial L-1 da especificação MIL-L-2104A (as provas de motor diesel são feitas com combustível de alto teor de enxofre: 0,95% min). Usados em motores a gasolina, estes óleos apre-

---

\* - Esta especificação foi emitida em 1954, sendo substituída pela MIL-L-2104B emitida em 1964.



sentam um desempenho satisfatório sob condições de operação muito mais severas do que as que são normalmente encontradas na prática. Na nova classificação API estes óleos pertencem à sigla "CB".

Os óleos que satisfazem totalmente a especificação MIL-L-2104B (desempenho anti-bôrra de baixa temperatura, anti-ferrugem em motores diesel levemente superalimentados) pertencem à sigla "CC" da nova classificação API.

Os óleos S-3 (Superior Lubrificants Série 3) foram desenvolvidos para satisfazerem especificações prescritas pela "Caterpillar Tractor Co." (existe uma especificação similar - do exército dos USA, a MIL-L-45199A) e são recomendados principalmente para motores diesel moderadamente superalimentados operando sob condições extremamente severas. Na nova classificação API estes óleos pertencem à sigla "CD".

#### b) SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO

No que se refere à lubrificação dos mancais e dos cilindros, temos dois sistemas:

- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
|                             | forçada                      |
| 1- Lubrificação em comum    | salpico                      |
|                             | cilindros                    |
| 2- Lubrificação em separado | mancais (SAE 30 e<br>SAE 40) |

A lubrificação em comum é aquela em que o mesmo óleo lubrifica os mancais e cilindros. Este sistema é usado praticamente para todos os motores dos auto-veículos.

No sistema em separado, geralmente, usam-se óleos diferentes para os mancais e cilindros. Esta diferença pode ser de viscosidade ou de tipo de óleo. Este sistema é encontrado nos motores diesel industriais e marítimos.

No tocante à lubrificação dos cilindros, o óleo além de lubrificar deve exercer também a função de VEDAÇÃO auxiliando os anéis de segmento a impedirem, tanto quanto possível, que passem para o carter:

- mistura carburada durante o curso de compressão
- produtos de combustão e combustível não queimado durante o curso motor.

c) TROCA DO ÓLEO DO CÁRTER

O óleo lubrificante, por melhor que seja, após determinado período de funcionamento do motor, apresenta-se com as suas características modificadas em maior ou menor grau dependendo dos seguintes fatores:

- 1- Contaminação por elementos externos ao óleo
- 2- Deterioração decorrente de processos de degradação que ocorrem no próprio óleo.

Na prática ocorrem simultaneamente a contaminação e a deterioração, o que obrigam a troca do óleo do motor após um determinado tempo de vida.

I- Contaminação

Os contaminantes que vão ter ao óleo lubrificante, quando o motor está em operação podem provir de:

- a) combustível
  - b) ar respirado pelo motor
  - c) água do sistema de resfriamento (água salgada - nos motores que operam em navios)
  - d) desgaste das partes internas do motor.
- a) Como contaminantes provenientes do combustível temos:
- 1) Partículas de carbono (fuligem)
  - 2) Compôsto de enxôfre
  - 3) Parte de combustível não queimado
  - 4) Água que se condensa no reservatório de combustível.
- b) Como contaminantes provenientes do ar respirado pelo motor, seja do ar que passa pelo filtro, seja do ar que entra pelo respiro do cárter, temos:
- 1) Poeira (abrasiva)
  - 2) Sujeira de outra natureza
- c) Quanto à contaminação por água, podemos dizer que, além daquela que aparece sob a forma de vapor quando o combustível é queimado (os combustíveis são uma mistura de hidrocarbonetos e o oxigênio<sup>ve</sup> fornecido pelo ar respirado pelo motor) temos a água do sistema de resfriamento a qual, mediante vazamentos, pode chegar ao cárter.

d) Quanto ao desgaste das partes internas do motor êle sempre - ocorre mesmo em motores adequadamente lubrificados (nas parti das e paradas) e essas partículas metálicas irão, fatalmente, atingir o óleo lubrificante. Ôbviamente a quantidade destas - partículas, relativamente grande no início da vida do motor , decresce com o tempo de uso até praticamente se estabilizar - em um valor sensivelmente menor.

Embora todo motor diesel e a gasolina possua fil-tros de ar e alguns possuam também filtro de óleo (algumas vêzes mais de um) os quais se constituem em proteção contra os contami nantes, êles não oferecem contudo uma proteção perfeita. Assim, mesmo que instalássemos filtros capazes de remover todos os con-taminantes sólidos, apesar de se tratar de filtros demasiadamen-te volumosos, ainda não teríamos resolvido completamente o pro-blema pois os contaminantes líquidos tais como: combustível, á-gua, ácidos, permaneceriam.

## II- Deterioração

Atualmente todos ós óleos lubrificantes para moto-res de combustão (diesel ou gasolina), conforme já vimos, contêm aditivos. Pois bem, êsses aditivos à medida que desempenham a sua função se gastam gradualmente (dizemos que há DEPLEÇÃO-do aditivo). Lembramos que a depleção dos aditivos inicia-se as-sim que o óleo começa a trabalhar.

Assim, após um certo período de tempo a depleção - atinge tal grau que o aditivo remanescente no óleo não é efetivo suficientemente para conferir ao óleo o desempenho dele esperado.

Lembramos que quando se adiciona óleo novo para - completar o nível do cárter, melhora-se as condições do óleo , pois o seu teor de aditivos aumenta ligeiramente. Existem casos, muito especiais em que se completa o nível não com o óleo novo , mas sim com um concentrado de aditivos.

## III- Intervalos da troca do óleo

A vida útil de um óleo é afetada pelos seguintes - fatores principais:

- 1- tipo de motor, incluindo capacidade do cárter.
- 2- condições mecânicas do motor, incluindo além da condição das partes mecânicas, também o tipo e o estado de conservação dos filtros de ar e óleo.

3) a natureza do óleo diesel empregado, particularmente no que se refere ao teor de enxôfre e o estado do filtro de combustível. Lembramos que é altamente benéfico para o motor-usar óleo diesel micro-filtrado.

4) as condições de serviço em que o motor opera , tais como operação a baixa temperatura, operação prolongada em carga máxima ou mesmo sobrecarga, etc.

5) o tipo de óleo lubrificante empregado, incluindo óleos básicos usados, grau de viscosidade, tipos e quantidade de aditivos.