

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**CONTROLE DE QUALIDADE DO ÓLEO LUBRIFICANTE EM MOTORES DE
COMBUSTÃO INTERNA**

Por: Juan Maia

Orientador

Prof. Gabriel de Andrade Galindo

Rio de Janeiro

2014

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**CONTROLE DE QUALIDADE DO ÓLEO LUBRIFICANTE EM MOTORES DE
COMBUSTÃO INTERNA**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas (FOMQ) da Marinha Mercante.

Por: Juan Maia

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**CONTROLE DE QUALIDADE DO ÓLEO LUBRIFICANTE EM MOTORES DE
COMBUSTÃO INTERNA**

AVALIAÇÃO

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador:

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor e mestre Galindo, pelo constante incentivo, sempre indicando a direção a ser tomada. E especialmente a meu irmão e melhor amigo Johann Maia, minha mãe Sidineia Maia, que é a responsável por tudo que conquistei e que irei conquistar em minha vida; aos meus amigos, por sempre terem me dado forças para correr atrás dos meus sonhos.

RESUMO

Qualquer tipo de movimento relativo entre corpos sólidos, líquidos ou gasosos, dá origem ao atrito, que se opõe a esse movimento. Além do atrito produzir calor, entre outros inconvenientes, representa uma perda direta de energia; ele também cria ruído e desgastes de tais peças. E a única solução existente para tal fato é a lubrificação. O ambiente indicado da lubrificação é a área de atrito. Da mesma maneira que existem diferentes tipos de atrito, existem diferentes tipos de lubrificantes (óleo lubrificante, graxa, etc.). Os diferentes tipos de atrito são encontrados em qualquer tipo de movimento entre sólidos, líquidos ou gases.

No caso de sólidos, o atrito pode ser definido como a resistência que se manifesta ao se movimentar um corpo sobre o outro. Como o atrito é sempre menor que o atrito sólido, a lubrificação consiste na interposição de uma substância fluída entre duas superfícies, evitando-se assim, o contato sólido com sólido, produzindo-se o atrito fluido.

Lubrificação em si, quer dizer menos esforço, menor atrito, menos desgaste. Enfim, diminuição no consumo de energia.

Palavras-chave: Perda. Energia. Desgastes. Lubrificação. Movimento.

ABSTRACT

Any relative motion between solid, liquid or gaseous bodies, gives rise to friction, which opposes this motion. Besides producing friction heat, among other inconveniences, represents a direct loss of energy; it also creates noise and wear of these parts. And the only existing solution for this is lubrication.

The indicated environment of lubrication is the area of friction. Just as there are different types of friction, there are different types of lubricant (lubricating oil, grease, etc.) too. The different types of friction are found in any type of movement between solids, liquids or gases. In the case of solids, the friction can be defined as the resistance which manifests itself when moving a body against other.

As the friction is always smaller than the solid friction, lubrication consists in bringing a fluid substance between two surfaces, thus avoiding the solid to solid contact, producing fluid friction.

Lubrication itself, mean less effort, less friction, less wear. Finally, reduction in energy consumption.

Keywords: Loss. Energy. Wear. Lubrication. Movement.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1 – OBJETIVO DA LUBRIFICAÇÃO	9
1.0 - Tipos de lubrificação	9
1.1 - Lubrificação hidrodinâmica	9
1.2 - Lubrificação hidrostática	10
1.3 - Lubrificação hidrodinâmica	11
1.4 - Lubrificação de contorno	11
1.5 - Lubrificação de filme sólido	11
1.6 - Velocidade versus atrito entre partes deslizantes	11
1.7- Órgãos e fatores do sistema de lubrificação	12
1.8- Sistema de lubrificação	14
2 - Tipos de lubrificantes	19
2.0 – COMO OS LUBRIFICANTES SE APRESENTAM	19
2.1 - Lubrificantes líquidos	19
2.2 - Lubrificantes pastosos	20
2.3 - Composição dos lubrificantes	22
2.4 - Classificação de lubrificantes	23
3 – COMO FAZER PARA MANTER A QUALIDADE DO LUBRIFICANTE	25
3.1 - Contaminação	25
3.2 - Elementos contaminantes do óleo lubrificante	26
3.3 - Degradação	27
3.4 - Descrição e significação dos ensaios	27
3.5 - Uso de aditivos	30
3.6 - Aditivos	30
3.7 - Tipos de compostos usados pelos aditivos	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

INTRODUÇÃO

Dados históricos confirmam que há mais de mil anos a.C. o homem já utilizava processos de diminuição de atrito, sem conhecer estes princípios, como hoje, conhecidos por lubrificação. Embora não muito à vista, pois sua região de trabalho geralmente é escondida entre as engrenagens de um equipamento, a lubrificação desenvolve uma importante função em qualquer máquina.

Daí dizer-se que “lubrificar” é interpor uma película de um fluido adequado entre superfícies em movimento relativo, de modo que o mesmo se faça com um mínimo de aquecimento, de ruído e de desgaste.

Em um motor de combustão interna, a lubrificação é fundamental, visto que lubrificar um motor é mantê-lo em funcionamento, melhorar sua performance e prolongar sua vida útil.

Para uma correta lubrificação nos Motores de Combustão Interna, deve-se escolher o lubrificante adequado e mantê-lo em condições apropriadas: ele deve reduzir a fricção, limitar o desgaste das peças em movimento no motor, arrefecer o motor, manter todo o mecanismo em bom estado, contribuir para a estanqueidade entre cilindro e pistão, proteger da corrosão e permitir a utilização de todos os órgãos em todas as temperaturas.

CAPITULO I

O objetivo da lubrificação

Lubrificação é o processo ou técnica utilizada na aplicação de uma camada chamada lubrificante com a finalidade de reduzir o atrito e o desgaste entre duas superfícies sólidas em movimento relativo, separando-as parcialmente ou completamente. Além de separar as superfícies, a camada também tem a função de retirar do sistema o calor e detritos gerados na interação das superfícies. Esta camada lubrificante pode ser constituída por uma variedade de líquidos, sólidos ou gases, puros ou em misturas.

A lubrificação é requerida quando há movimento relativo entre uma peça e outra. A aplicação mais usual é nos mancais de deslizamento e nos mancais de rolamento. Mancais podem ser submetidos a condições severas de funcionamento, como os mancais de eixo de manivelas de um motor de combustão interna. Em outras situações, o movimento relativo ocorre em baixas temperaturas e com cargas leves. Muitas vezes basta uma bucha de nylon ou de produtos da metalurgia, dispensando a aplicação de materiais adicionais na lubrificação.

1.0- Tipos de lubrificação

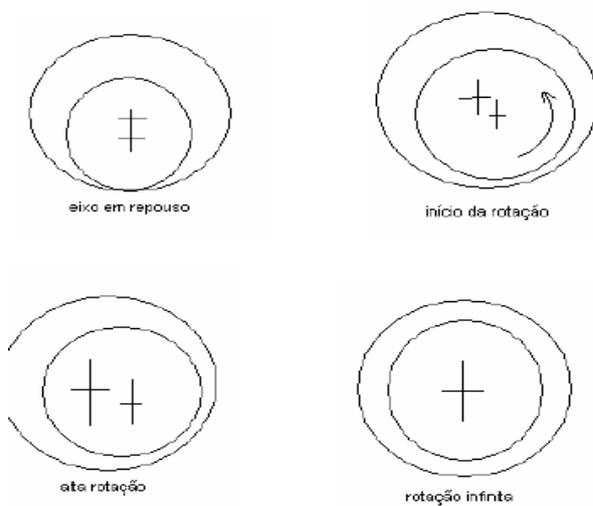
- Hidrodinâmicos
- Hidrostáticos
- Elastohidrodinâmicos
- De Contorno
- De Filme Sólido.

1.1 Lubrificação Hidrodinâmica

- Ocorre quando as superfícies de carregamento e do mancal são totalmente separadas por um filme relativamente espesso de lubrificante devido à velocidade relativa.

- O lubrificante é puxado pelo eixo a uma velocidade relativamente alta e, mesmo diante da força gravitacional, forma um filme entre eixo e mancal capaz de isolar completamente o contato metal-metal.
- É também chamada de lubrificação de filme completo ou lubrificação fluida.

A figura 1.1 abaixo, ilustra a criação do filme lubrificante devido ao aumento da velocidade.



(figura 1.1 - Lubrificação hidrodinâmica)

1.2 Lubrificação Hidrostática

- Um fluido é introduzido entre duas superfícies à pressão suficiente para promover o afastamento destas superfícies por um filme lubrificante.
- Muito comum usar o ar ou a água para esta finalidade.
- Diferentemente da lubrificação hidrodinâmica, a lubrificação hidrostática não exige alta velocidade relativa. Sequer exige movimento relativo.
- O filme é formado pela pressão estática do fluido.

1.3 Lubrificação Elastohidrodinâmica

Ocorre quando o lubrificante é introduzido entre superfícies que estão em contato rolante, tais como engrenagens ou mancais de rolamento.

1.4 Lubrificação de Contorno

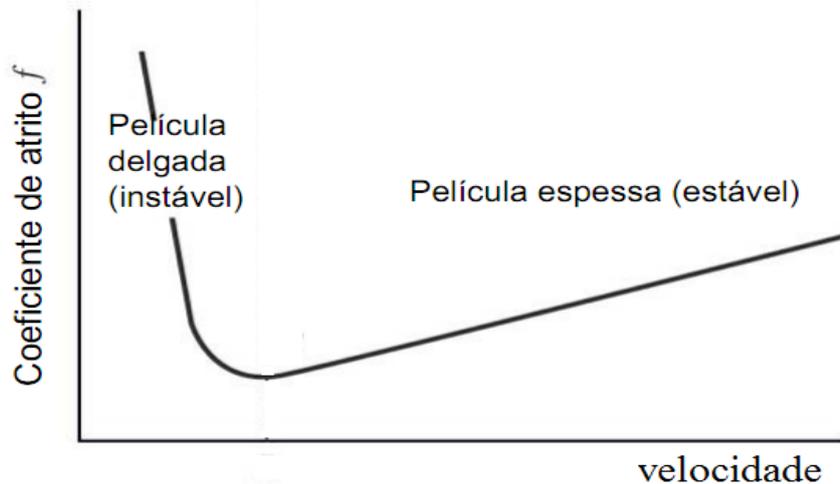
- Quando a lubrificação hidrodinâmica não pode se completar, seja devido à alta viscosidade do lubrificante, seja devido à baixa velocidade relativa. O quase contato metal-metal é dito lubrificação de contorno.

1.5 Lubrificação de Filme Sólido

- Usa-se um lubrificante sólido.
- Esta condição é exigida para temperaturas extremas, onde a ação de óleos lubrificantes.
- É ineficaz devido à queda da viscosidade devido à temperatura.
- Lubrificantes sólidos: grafita, bissulfeto de molibdênio, talco, etc.

1.6 - Velocidade relativa versus atrito entre as partes deslizantes

Em baixas velocidades, a lubrificação é de contato. Ao atingir a velocidade de filme contínuo (hidrodinâmica), ocorre redução brusca do atrito. Depois, com mais velocidade, os atritos fluidodinâmicos ficam mais intensos. A figura 1.2 abaixo demonstra esse processo.



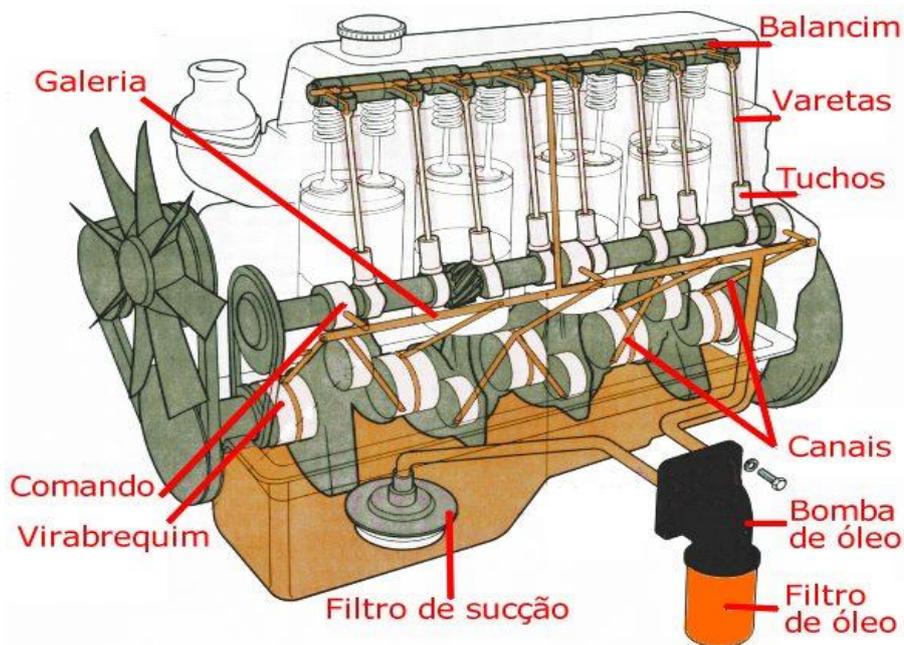
(figura 1.2 - Atrito versus Rotação do eixo)

1.7 - Órgãos e fatores do sistema de lubrificação

O sistema de lubrificação de um motor é composto por diversos componentes que fazem circular o óleo no sistema, controlam a pressão do mesmo e fazem a sua filtragem, de maneira que haja uma lubrificação adequada em todas as áreas de atrito sob as diversas condições de operação. Os principais fatores que influenciam no funcionamento correto do sistema de lubrificação são:

- Filtro de sucção
- Bomba de óleo
- Válvula aliviadora de pressão
- Filtro de óleo
- Métodos para filtragem do óleo
- Folga de lubrificação das bronzinas e das buchas.

Observando a figura 1.3 abaixo, vamos comentar cada fator influenciável desses.



(figura 1.3 - Sistema de lubrificação)

O filtro de sucção se acha localizado na entrada da bomba de óleo. Protege a bomba de partículas grandes que podem causar um desgaste excessivo. O filtro de sucção, quando está obstruído, pode chegar a impedir a circulação do óleo, através do motor. O resultado desta falha de lubrificação causará um desgaste excessivo, podendo causar a destruição definitiva de algumas peças.

A bomba de óleo fornece óleo sob pressão para todas as partes do motor que assim o requerem. Geralmente, a bomba de óleo de um motor tem capacidade para bombear uma quantidade de óleo muito maior que a requerida. Portanto, existe no sistema de lubrificação, uma válvula de alívio de pressão, com o objetivo de regular o fluxo de óleo, de maneira que se mantenha sempre a pressão requerida. A pressão excessiva do óleo faz com que a válvula de alívio se abra, permitindo que o excesso de óleo regresse ao cárter.

O filtro de óleo tem a finalidade de reter impurezas menores em suspensão no óleo lubrificante, evitando o desgaste prematuro das peças do motor.

O método para filtragem do óleo, nos motores mais antigos, era o que se conhecia pelo nome de “Sistema de Derivação”, no qual o óleo se desvia pela válvula aliviadora de pressão, e passa através do filtro de óleo em seu retorno ao cárter. Outras

variações deste mesmo método, incluídas na mesma categoria, são aquelas em que só uma parte do óleo que circula pelo sistema, passa através do filtro de óleo. Por exemplo: quando o filtro está colocado na linha que vai ao mecanismo superior das válvulas (balancins), todas as demais partes com lubrificação sob pressão recebem óleo sem filtrar, diretamente da bomba. Os sistemas de derivação filtram unicamente de 5 a 20% do óleo que circula através do sistema de lubrificação.

No sistema de filtragem completa ou total, todo o óleo que passa através do sistema de lubrificação é filtrado antes que atinja as áreas a serem lubrificadas. Neste sistema, há uma válvula de alívio dentro do filtro para desviar o óleo ao redor do mesmo, evitando a falta da lubrificação. Esta preocupação se toma para o caso em que o filtro esteja obstruído devido principalmente a manutenção inadequada.

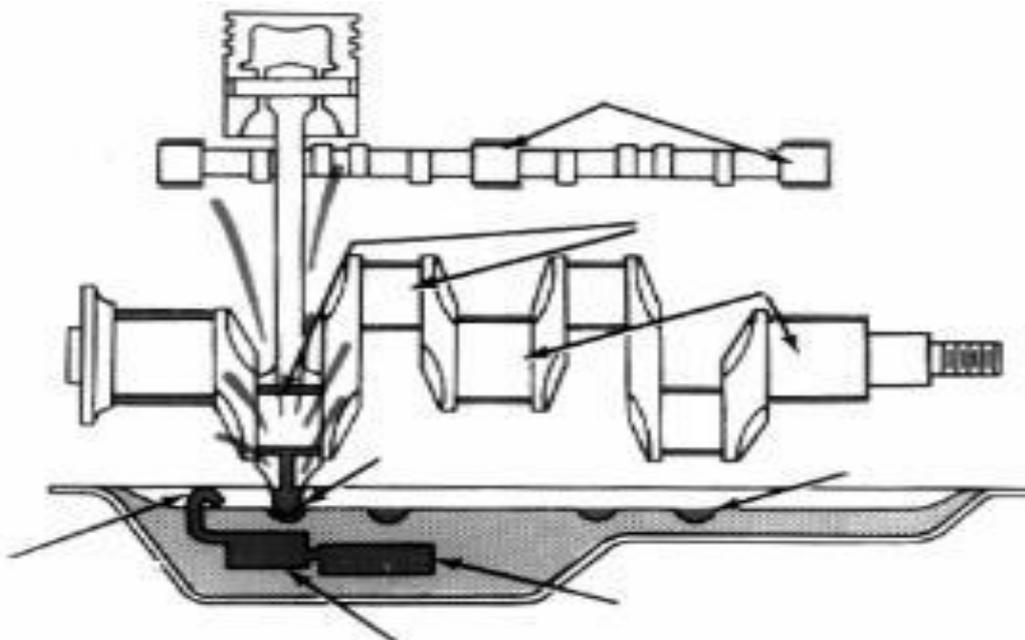
A folga de lubrificação é a diferença entre o diâmetro interno da bronzina ou da bucha e o diâmetro externo do respectivo eixo. A folga de lubrificação é o fator mais importante que influi na operação correta do sistema de lubrificação sob pressão. Cada fabricante de motor especifica determinadas folgas para bronzinas e buchas que devem ser observadas.

1.8 - SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO

O sistema de lubrificação nos motores de combustão interna, de 2 ou de 4 tempos tem como função distribuir o óleo lubrificante entre as partes móveis do motor para diminuir o atrito e o ruído e auxiliar no arrefecimento do motor. Nos motores de quatro tempos, o óleo lubrificante, armazenado no cárter ou poceto, circula no motor sob pressão através das galerias e condutos existentes. Nos pequeninos motores de dois tempos do ciclo Otto, o óleo lubrificante fica misturado com o combustível no tanque.

Os sistemas de lubrificação podem ser encontrados em cinco formas: o sistema de mistura de óleo com combustível, o sistema por salpico, o sistema por projeção, o sistema de cárter seco e o sistema de circulação sob pressão.

• **Por salpico;** a bomba de óleo alimenta as cubas colocadas perto da passagem de cada biela; estas são munidas de uma colher (pescador) que apanha o óleo que passa pela cuba; por inércia, o óleo penetra em seguida na biela e lubrifica o moente. Os mancais são diretamente alimentados por tubos que saem do coletor principal. Como podemos ver na figura 1.4 a seguir.



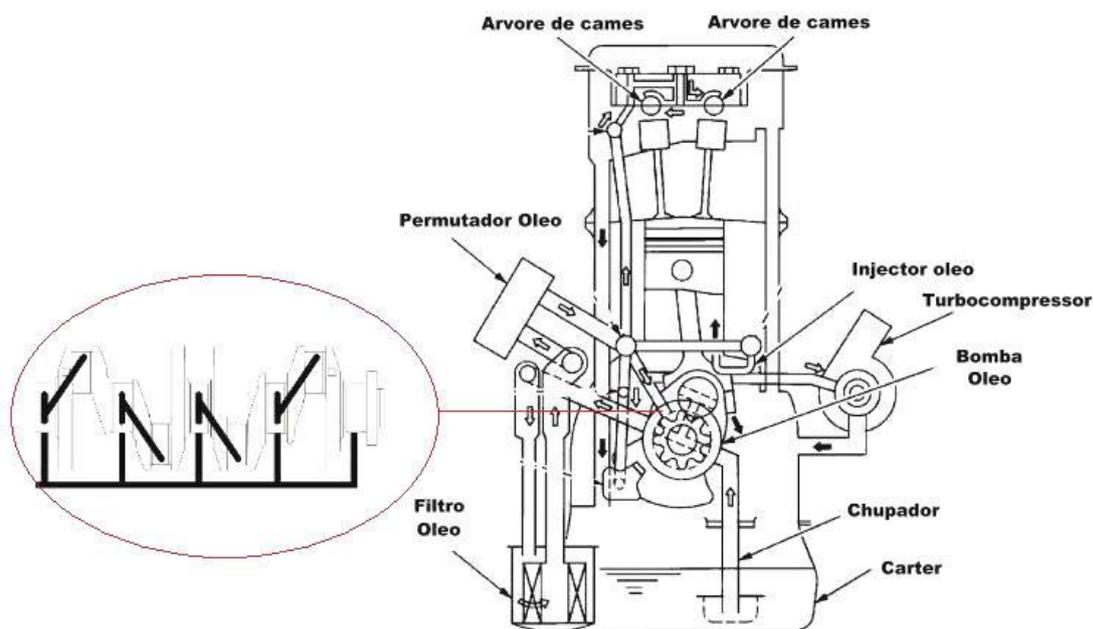
(figura 1.4 - Lubrificação por salpico)

Com a lubrificação por salpico, a pressão fornecida pela bomba é pouco elevada: 0,1 a 0,4 bar ($0,1-0,4 \text{ kg/cm}^2$). O manômetro é graduado em metros de água (1 a 4m). Para facilitar a lubrificação, bielas e mancais devem possuir grandes ranhuras de circulação. O sistema de salpico é mais utilizado em pequenos motores estacionários monocilíndricos de uso geral.

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

A pressão de lubrificação situa-se entre 1,5 a 4,5 kg/cm². Esta pressão impulsiona o óleo como uma cunha entre as superfícies a lubrificar, realizando assim o atrito fluido.

Frequentemente, a cabeça da biela é munida de um pequeno orifício dirigido ao cilindro e destinado a lubrificar o pistão. Em alguns casos, uma canalização ao longo da biela permite, igualmente, assegurar uma melhor lubrificação do pistão. Podemos ver a lubrificação por pressão na figura 1.5 abaixo.



(figura 1.5 - Lubrificação por pressão)

- **Por projeção;** esta disposição compreende a lubrificação sob pressão de todos os mancais e a lubrificação das bielas por um jato de óleo. Cada biela tem uma

colher; a rotação contra o jato intensifica a penetração de óleo no interior da biela. Por outro lado, o jato de óleo sobre toda a cabeça da biela favorece a sua refrigeração. A pressão de lubrificação é de 1-3 bar (1-3 kg/cm²).

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

- **Por mistura;** o óleo é misturado com o combustível e penetra no motor proporcionalmente ao consumo do mesmo. Este sistema de lubrificação é apropriado aos motores a 2 tempos que funcionam com pré-compressão no cárter. A proporção do lubrificante em relação ao combustível é, geralmente, de 5%. Uma quantidade mais elevada leva a um entupimento das câmaras de explosão e de escape, assim como a um empobrecimento da carburação.

O sistema de lubrificação de mistura de óleo com combustível são utilizados em motores de 2 tempos do ciclo Otto, onde o óleo é misturado com o combustível na proporção de 1:20 e 1:40..

- **Por cárter seco;** neste sistema de lubrificação, o óleo é contido num reservatório independente. Uma bomba leva o óleo do reservatório ao motor, introduzindo-o a pressão nos elementos a lubrificar. Uma segunda bomba, chamada bomba de retorno, aspira o óleo que tende a acumular-se no fundo do cárter e remete-o ao reservatório.

Observações gerais.

Há sistema em que, a lubrificação dos cilindros¹ é assegurada unicamente pelo óleo projetado pelas bielas em rotação. Quando se põe o motor frio em funcionamento, o óleo circula dificilmente e a lubrificação dos cilindros é insuficiente.

¹ Os grandes motores propulsores de navios possuem um sistema próprio de lubrificação das camisas.

Nos pequenos motores de lubrificação sob pressão, não circula óleo nos primeiros segundos de funcionamento. O salpico e a projeção efetuam com maior rapidez esta lubrificação dos cilindros.

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

CAPITULO II

Tipos de Lubrificantes

2.0 - Como os lubrificantes se apresentam

Substâncias mais variadas são usadas como lubrificantes. De acordo com seu estado de agregação, os lubrificantes podem ser classificados em:

- **Lubrificantes Gasosos:** lubrificantes gasosos são usados em casos especiais, em lugares onde não são possíveis as aplicações dos lubrificantes convencionais. Podemos citar alguns deles, como o ar, nitrogênio e os gases halogenados.
- **Lubrificantes Líquidos:** os líquidos são em geral preferidos como lubrificantes porque eles penetram entre partes móveis pela ação hidráulica, e além de manterem as superfícies separadas, atuam também como agentes removedores de calor.

2.1 - Lubrificantes líquidos

- **Óleos Minerais**

São produzidos de óleos crus de composição muito variada, mas formados por grande número de hidrocarbonetos (compostos de hidrogênio e carbono) pertencentes a três classes principais: parafínicos, naftênicos e aromáticos. Os crus passam por diferentes tratamentos, tais como destilação fracionada, remoção de asfalto, refinação de ácido e refinação por solvente.

A escolha de sequência nos tratamentos depende tanto da natureza do cru, como dos produtos finais desejados. Conforme o processo adotado, pode o lubrificante apresentar grande variação de características quanto à viscosidade, volatilidade, resistência à oxidação, etc.

• Óleos Graxos

Foram os primeiros lubrificantes a serem utilizados pelo homem. Com o desenvolvimento industrial e o aperfeiçoamento da maquinaria, houve a necessidade imperativa da substituição dos óleos graxos pelos óleos minerais. A principal desvantagem dos óleos graxos está em sua pequena resistência a oxidação, rancificando-se facilmente e formando gomosidades.

Os óleos graxos, conforme sua origem, podem ser classificados em **vegetais** e **animais**.

Os óleos vegetais normalmente utilizados são: óleo de rícino, óleo de coco, óleo de oliva, óleo de semente de algodão. Dos óleos de origem animal, podemos citar óleo de baleia, óleo de foca, óleo de peixe, óleo de mocotó, óleo de banha (banha de porco).

- Óleos Compostos

São misturas de óleos graxos, com óleos minerais. Essas adições são de até 30% e tem por finalidade conferir ao lubrificante maior oleosidade e também facilidade de emulsão em presença de vapor d'água.

- Óleos Sintéticos

Estes óleos estão em continuo desenvolvimento, utilizados apenas em casos específicos. Podemos citar os poli-glicóis, em silicones e os diésteres.

2.2 - Lubrificantes Pastosos: Compreendem as graxas e as composições lubrificantes.

Graxas

As graxas lubrificantes são dispersões estáveis de sabões minerais. Observadas através de microscópio eletrônico, verifica-se que o óleo que compõe a graxa é retido por uma trama frouxa, tridimensional, de fibras de sabão que se assemelha aos pelos de uma escova. Estas fibras são formadas por cristais de sabão que por sua vez são constituídas por moléculas. A trama do sabão mantém-se coesa pela ação de forças de atração fraca das fibras, que empresta à graxa sua consistência ou “corpo” quando em repouso. Na graxa submetida, essas forças são vencidas; o lubrificante perde sua

consistência e flui. Quanto maior a decomposição estrutural, maior a facilidade com que a graxa se desfaz. Quando a força que provocou a decomposição estrutural deixa de atuar, as fibras de sabão tendem a se agrupar novamente na trama original, restituindo à graxa a mesma consistência inicial.

Enquanto a viscosidade de um óleo em determinada temperatura independe da sua decomposição estrutural, a viscosidade da graxa decorre inteiramente desse fator. Comparando para uma dada temperatura às relações de viscosidade e da taxa de cisalhamento² de um óleo e de uma graxa preparada com este mesmo óleo incorporado com um sabão, observa-se que a viscosidade da graxa se aproxima a do óleo que a compõe quando aquela é submetida a taxas de cisalhamento muito elevadas. É importante que este fenômeno seja reversível ou praticamente reversível, isto é, que a graxa volte a sua viscosidade original elevada ao cessar a ação de decomposição.

As vantagens das graxas são:

- As graxas apresentam melhores propriedades de retenção, por possuírem alta afinidade com as superfícies metálicas.
- Prefere-se a graxa quando é impraticável um suprimento contínuo de óleo, pois ela por sua coesão pode ser armazenada nos pontos de aplicação, evitando-se assim, durante períodos de tempo relativamente longos, a necessidade de acrescentar novas quantidades de lubrificantes.
- Quando em presença de atmosfera poluída ou úmida, as graxas apresentam vantagens em relação aos óleos, pois agem como elementos de vedação.
- Uma das vantagens das graxas é que elas não dissipam o calor tão bem quanto o óleo, razão pela qual um mancal lubrificado a graxa tem temperatura normalmente superior ao de um mancal lubrificando a óleo.

As graxas apresentam-se, sobretudo em função do tipo de sabão empregado com determinada textura, que poderá ser fibrosa, untuosa, ou amanteigada. Alcançam sua estabilidade, fator importantíssimo, e a sua conservação com a adição de agentes

² A taxa de cisalhamento pode ser definida como a variação de velocidade de fluxo com a variação da altura (distância da superfície que provoca o cisalhamento).

estabilizantes específicos, tais como glicerina, ácidos graxos, água, etc. Fabricam-se essas dispersões para se obter produtos semi-fluidos ou pastosos que podem ser aplicados como película lubrificante nos pontos em que seria pouco prático ou quase impossível o emprego de óleo, uma vez que estes, em virtude de sua fluidez, não ficariam retidos.

Os componentes essenciais de uma graxa são: o lubrificante e o agente espessante.

2.3 - Composição dos Lubrificantes

O óleo lubrificante pode ser formulado somente com óleos básicos (óleo mineral puro) ou agregados e aditivos. Inicialmente o lubrificante era feito com óleo mineral puro, até a descoberta do aditivo.

O óleo básico, por ser um dos principais componentes do lubrificante, apresenta elevado índice de influência na performance do mesmo. As características do óleo básico utilizado no lubrificante são provenientes, entre outros, de dois importantes fatores: escolha do cru e processo de refinação.

Podemos agrupar as características do óleo cru através dos tipos (estruturas) e propriedades. Assim sendo, encontramos os tipos saturados com cadeias lineares, ramificadas, cíclicas e os aromáticos. Os óleos básicos do tipo saturado com cadeias lineares ou ramificado são denominados PARAFÍNICOS e os de cadeias cíclicas são chamados NAFTÊNICOS. Os parafínicos predominam na formulação dos óleos lubrificantes devido a sua maior estabilidade a oxidação; já os naftênicos, são mais aplicados em condições de baixa temperatura. Os óleos básicos naftênicos, além de possuir uma menor faixa de uso, se comparado com os parafínicos, vem apresentando ultimamente pequena e decrescente disponibilidade no mercado, devido a escassez no mundo, das fontes de origem (tipo de cru).

As propriedades dos óleos básicos podem ser melhoradas através da aplicação de aditivos. Estes produtos são químicos produzidos para proporcionar e/ou reforçar no óleo básico características físico-químicas desejáveis e eliminar e/ou diminuir os efeitos de algumas características indesejáveis à lubrificação.

A adição de aditivos aos óleos básicos deve-se ao avanço tecnológico dos equipamentos que passaram a requerer uma evolução também na lubrificação.

2.4 - Classificação dos Lubrificantes

As principais classificações de lubrificantes ao redor do mundo são SAE e API.

Classificação SAE (Society of Automotive Engineers - Sociedade de Engenheiros Automotivos)

A classificação mais conhecida de óleos para motor, deve-se à SAE. Baseia-se única e exclusivamente na viscosidade, não considerando, fatores de qualidade ou desempenho.

Os graus SAE são seguidos ou não da letra W, inicial de Winter (inverno). Para os graus SAE 0W até 25W são especificadas as temperaturas limites de bombeamento (Bonderline Pumping Temperature), visando garantir uma lubrificação adequada durante a partida e aquecimento do motor quando operando em regiões frias.

Classificação API (American Petroleum Institute - Instituto de Petróleo Americano)

Desenvolvida pelo Instituto Americano do Petróleo, também dos Estados Unidos, baseia-se em níveis de desempenho dos óleos lubrificantes, isto é, no tipo de serviço ao qual a máquina estará sujeita. São classificados por duas letras, a primeira indica o tipo de combustível do motor e a segunda o tipo de serviço.

Os óleos lubrificantes mais conhecidos para motores a gasolina e álcool e GNV (Gás natural veicular) de 4 tempos atualmente no mercado são SJ, SH e SG.

O óleo SJ é superior ao SH, isto é, o SJ passa em todos os testes que o óleo SH passa, e em outros que o SH não passa. O Óleo SH por sua vez é superior ao SG, assim sucessivamente.

Atualmente, a última classificação dos lubrificantes estabelecidas pela API, está na sigla "SN", para lubrificantes direcionados a veículos à álcool, gasolina e flex. No que diz respeito aos lubrificantes direcionados a motores à diesel, a última classificação está na sigla "CJ".

Os óleos lubrificantes para motores a gasolina 2 tempos, como os usados em motosserras, abrangem 3 níveis de desempenho: API TA, API TB e API TC.

A classificação API, para motores diesel, é mais complexa que para motores a gasolina, álcool e GNV, pois devido às evoluções que sofreu, foram acrescentados números, para indicar o tipo de motor (2 ou 4 tempos) a que se destina o lubrificante.

CAPITULO III

Como fazer para manter a qualidade do lubrificante

3.0- Controle da qualidade do óleo lubrificante

Um óleo lubrificante é ensaiado continuamente durante cada fase do processo de refinação e mistura. Ele é extensivamente testado por processos de laboratório que simulam o serviço para o qual ele será destinado, critério de desempenho que é testado no próprio equipamento. Um acompanhamento no controle de qualidade do óleo é essencial para que ele possa satisfazer com êxito às exigências do equipamento.

Tanto o chefe de máquinas quanto o fornecedor do óleo têm interesse em conhecer as condições do lubrificante, não só com respeito ao seu estado para continuar em uso, mas como um meio de descobrir e corrigir problemas operacionais.

Desde o dia que o lubrificante entra em serviço, ele está sujeito à contaminação e degradação, duas principais causas de perda de sua eficiência. Se o óleo receber à bordo a devida atenção e cuidados, a sua vida útil será prolongada.

Logo, há um controle do óleo usado em serviço marítimo, para detectar a contaminação, oxidação e determinar se as práticas de purificação à bordo são eficientes.

3.1- Contaminação

A contaminação do sistema de lubrificação pode se dar por partículas sólidas, ar, água e outros produtos, que, por reações, formam borra e resina.

O ingresso desses elementos no circuito pode ocorrer por causas diversas e algumas delas comentadas a seguir:

- As más condições de armazenamento do óleo podem comprometer sua composição e desempenho: a permanência prolongada em tambores, pode proporcionar o contato do fluido com a ferrugem interna (formada pela condensação do ar úmido do próprio tambor) e outros elementos do recipiente. Observa-se que tambores são usados para acondicionar os mais variados

produtos e o processo de lavagem (quando ocorre) nem sempre é eficaz. O recipiente pode comprometer até mesmo a qualidade de óleos novos.

- O manuseio do lubrificante e as condições de troca e reposição do óleo muitas vezes facilitam a contaminação do sistema. O abastecimento deve ser feito fora do ambiente agressivo – o que nem sempre é possível. Neste caso, devem ser criados dispositivos de adaptação à máquina, para evitar o contato do ar contaminado do ambiente com o fluido. Sabendo que, pela situação de campo até mesmo essas adaptações tornam-se inviáveis, é fundamental a checagem periódica do estado do óleo.
- As condições internas do equipamento.
- Alguns procedimentos de manutenção podem, também, veicular partículas sólidas, contaminando o óleo. Assim, a inspeção ou troca de componentes deve ser feita dentro de critérios rigorosos, evitando exposições desnecessárias, peças mal acondicionadas e material inadequado. Atenção especial deve ser dada à substituição do fluido hidráulico não só no manuseio, como na observação da situação da máquina: o óleo altamente contaminado deve ser trocado somente depois de ter havido funcionamento do equipamento por algumas horas – o que evita a deposição de contaminantes sólidos.

3.2- Elementos contaminantes do óleo lubrificante

- **Água:** A contaminação com água nos óleos lubrificantes marítimos é sempre indesejável. Ela pode provocar a ferrugem, acelerar a deterioração do óleo e combinar-se com produtos da oxidação, materiais de aditivos e outras impurezas, formando borra. Por razões óbvias, a contaminação com água, prejudica diretamente a lubrificação.

A contaminação por água, nos motores diesel, é resultante de condensação, vazamentos das juntas do cabeçote ou dos cilindros, canalização dos pistões resfriados a água e arrefecedores de óleo e, ocasionalmente, a água trazida pelo óleo do cárter quando a centrífuga não está funcionando corretamente.

- **Combustível:** As causas comuns de contaminação pelo combustível são guarnições rachadas ou quebradas das linhas de combustível, alimentação excessiva, configuração insatisfatória do jato dos injetores, combustão incompleta e vedação inadequada pelos anéis.

Avaliar a contaminação com combustível pesado e intermediário nos óleos de cárter usado apresenta especiais problemas. As amostras contendo resíduos desses combustíveis raramente acusam redução de viscosidade e podem apresentar espessamento, como resultado de tal contaminação. A contaminação com combustível pesado é inferida por uma série de ensaios, tais como, viscosidade, índice de neutralização, insolúveis e a presença de elementos em traços, como: vanádio, sódio e ocasionalmente níquel.

- **Insolúveis:** São substâncias presentes nos lubrificantes, em determinados solventes orgânicos como o pentano, tolueno, ou hexano. Os insolúveis são, principalmente, produtos da oxidação do óleo (borras, vernizes, resinas, gomas), fuligem da combustão, degradação do óleo entre outros.

- **Fuligem:** São resíduos insolúveis de combustível parcialmente queimado. Podem espessar o óleo, exaurir os aditivos e podem eventualmente entupir os filtros. A fuligem é encontrada normalmente em amostras de óleo de motor

Produtos da combustão entram no óleo através do sopro normal dos pistões, reduzindo a capacidade do óleo de proteger e lubrificar os componentes do motor.

3.3- Degradação

No serviço de motor diesel, o óleo está sujeito á degradação química, além da contaminação normal. O fato da oxidação ocorre por efeitos de aeração e elevadas temperaturas. O super-resfriamento, mais do que o superaquecimento é também um problema frequente em serviço marítimo. As condições operacionais desfavoráveis promovem a oxidação e a depleção dos aditivos, resultando num prematuro espessamento do óleo, borra e depósitos. Se forem deixadas persistir, a utilização destes sem uma purificação eficiente é contraindicada.

3.4- Descrição e significação dos ensaios

Os ensaios são para exame de rotina dos lubrificantes do sistema de propulsão marítimo principal e são úteis para detectar as condições do óleo e do sistema que não sejam facilmente observados.

- **Aparência e odor:** a aparência e odor do óleo podem constatar a presença de contaminantes.

A coloração dos óleos de motores diesel varia normalmente entre um vermelho claro e um marrom bem escuro. Estes óleos, quando limpos e secos, também mostram transparência. Contudo, como normalmente são mais escuros, eles são examinados em películas finas para se descobrir qualquer evidência de sólidos dispersos.

O odor de um óleo também indica as suas condições. Óleos com pouco tempo de serviço ou aqueles mostrando pouca ou nenhuma degradação, têm um odor brando ou de aditivos, semelhante ao do óleo novo. Aqueles em serviço mais prolongado, sob condições favoráveis de operação, têm um odor de óleo usado. E um óleo que esteve em serviço severo e sofreu prolongada oxidação terá um odor de óleo queimado e poderá estar visivelmente espessado. A diluição grosseira com combustível tem um efeito bastante diferente, pois afina o óleo e o deixa com um odor semelhante ao do combustível.

- **Água:** o ensaio de Crepitação ou Chapa Quente é um ensaio útil a seleção de amostras suspeitas de contaminação com água. O ensaio de Crepitação consiste em algumas gotas de óleo que são pingadas sobre folha metálica, em forma de prato, e aquecidas com fósforo ou isqueiro. Em amostras contendo cerca de 0,1% de água livre e algumas vezes menos, estalidos audíveis serão notados. Um crepitar mais vigoroso e salpicamento consequente serão observados em amostras severamente contaminadas.

Qualquer recipiente metálico de pouca espessura e um elemento de aquecimento servirá para este fim.

- **Densidade:** A densidade, em grau API, caracteriza o óleo. Ela acusa contaminação grosseira ou a introdução de quantidades significativas de um óleo lubrificante diferente.

- **Ponto de Fulgor:** o ensaio de Ponto de Fulgor é feito nas amostras de cárter de motores diesel. Um ponto de fulgor mais baixo do que o do óleo novo denota a presença de combustível no óleo de cárter usado.

A determinação do ponto de fulgor de um óleo sem uso tem importância sob o ponto de vista de segurança uma vez que temperaturas acima do ponto de fulgor podem conduzir a condições favoráveis à ocorrência de incêndios ou explosões.

- **Viscosidade:** Quando usada em conjunto com outros resultados de ensaios, a viscosidade é capaz de estabelecer se o óleo em serviço é do grau apropriado, se a amostra representa uma mistura de óleos, ou se o óleo espessou em virtude de oxidação ou afinou devido à diluição com combustível ou óleo mais fino.

Nos serviços de motores diesel, uma redução significativa da viscosidade, é devido à contaminação com combustível destilado. Se a diluição com combustível reduziu a viscosidade do óleo abaixo do grau de viscosidade SAE recomendado para o motor, ele deve ser drenado, uma vez que sua viscosidade será insuficiente para manter a película hidrodinâmica adequada, entre as partes móveis. E um aumento na viscosidade de um ou mais graus SAE acima daquele recomendado para o motor é indesejável e suficiente razão para a drenagem. O espessamento do óleo do cárter em serviço em motores diesel pode se devido à oxidação, contaminantes fuliginosos misturam com um óleo mais viscoso, ou uma combinação de quaisquer desses fatores.

- **Diluição por combustível:** este teste é realizado para se determinar a quantidade de combustível presente em amostras de óleos lubrificantes em motores de combustão interna a gasolina, a álcool ou a diesel.

- **Insolúveis:** em óleos de motores diesel, são efetuados ensaios de insolúveis em todas as amostras visivelmente mais escuras, fuliginosas, ou suspeitas de oxidação.

A quantidade de insolúveis em óleos de motores diesel se correlaciona com outros ensaios para refletir o grau de degradação do óleo e o nível de contaminantes. A diferença quantitativa entre os insolúveis em pentano e benzeno representam as resinas insolúveis e é uma indicação de oxidação do óleo. Os insolúveis de benzeno incluem os sólidos estranhos, tais como, fuligem e resíduos do combustível, resíduos dos aditivos gastos, sujo, metal de desgaste, etc., que são carregados em suspensão no óleo. O resíduo separado com benzeno deve, sob condições normais, ser passível de remoção e assim ser removido pelo equipamento de purificação de bordo. Um óleo de cárter, dispersante, de serviço pesado, é capaz de manter em suspensão maior quantidade de contaminantes estranhos extremamente finos, do que um óleo não dispersante ou mineral puro.

- **Índice de Neutralização:** o índice de neutralização é um outro meio de detectar a deterioração do óleo e a contaminação com produtos ácidos da queima do combustível.
- **Cinza:** a cinza de um óleo lubrificante é o resíduo incombustível que resta, após a amostra ter sido queimada e calcinada. O teor de cinza de um óleo depende da natureza e tipo do lubrificante.

Na maioria dos óleos de serviço pesado para motores diesel, os teores de cinza correspondem aos constituintes metálicos dos aditivos. A composição da cinza deverá ser determinada, se a mesma for superior a 0,1%. Os óleos minerais puros e óleos inibidos contra ferrugem e oxidação são essencialmente sem cinza. Assim sendo, uma quantidade apreciável de cinza, significa normalmente a presença de lubrificante usado nos cilindros com reserva alcalina.

Nos óleos de serviço pesado de motores diesel, um aumento ou decréscimo no nível de cinza, em amostras consecutivas, suscita questões de identificação, contaminação, mistura ou deterioração.

3.5 - Uso de aditivos

A lubrificação sofre influências do meio em que é aplicada e, sendo assim, os lubrificantes sofrem alterações as quais podem ser prejudiciais para as máquinas e por isso necessitam, por meio de aditivos, que sua composição química seja compatível com o desejado para ser realizada uma lubrificação de qualidade.

3.6 - Aditivos

Os aditivos são substâncias empregadas para melhorar ou conferir aos óleos básicas propriedades adequadas a um bom lubrificante. Podem-se dividir os aditivos utilizados em óleos para motores, em três funções: melhorar o índice de viscosidade, abaixar o ponto de fluidez e otimizar o desempenho. Os corpos adicionados ao óleo são, normalmente, compostos de enxofre, grafita, cromo, chumbo, estanho e alguns produtos sintéticos. Os ingredientes adicionais variam dependendo especialmente das propriedades que se visam a obter.

As propriedades obtidas pela incorporação de aditivos são as seguintes:

- **Poder detergente:** o óleo dissolve os produtos sólidos de combustão, borrachas e óleos grafiticos; esta propriedade evita, assim, a formação de depósitos sobre as paredes internas do motor;
- **Poder dispersante:** é a característica que dá ao óleo a possibilidade de conservar em suspensão todos os produtos dissolvidos e de impedir a sua acumulação no fundo do cárter ou nos filtros; o poder dispersante completa a ação dos produtos detergentes;
- **Propriedade M.P. (máxima pressão):** é a propriedade que a camada de óleo tem que lhe permite resistir às altas pressões mecânicas atuando sobre os mancais do motor; a qualidade de lubrificação mantém-se, assim, mais acentuada quando do funcionamento a plena potência, altos regimes e altas temperaturas;
- **Resistência à oxidação:** ao contato do ar e dos gases ácidos de combustão no cárter, o óleo tende a se transformar por oxidação. Como resultado, assiste-se a uma redução do seu poder lubrificante. Os aditivos destinados a resistir aos fenômenos de oxidação fazem com que o óleo conserve durante mais tempo as suas qualidade lubrificantes. Estes aditivos neutralizam os ácidos que tendem a acumular-se no cárter do motor, e cuja presença origina desgastes nas superfícies de atrito.

3.7 - Tipo de compostos usados pelos aditivos

- **Antioxidantes ou inibidores de oxidação:** compostos orgânicos contendo enxofre, fósforo ou nitrogênio, tais como aminas, sulfetos, hidroxisulfetos, fenóis. Metais, como estanho, zinco ou bário, frequentemente incorporados.
- **Anticorrosivos, preventivos da corrosão ou "venenos" catalíticos:** compostos orgânicos contendo enxofre ativo, fósforo ou nitrogênio, tais como sulfetos, sais metálicos do ácido trifosfórico e ceras sulfuradas.
- **Detergentes:** compostos organo-metálicos, tais como fosfatos, alcoolatos, fenolatos. Sabões de elevado peso molecular, contendo metais como magnésio, bário e estanho.

- **Dispersantes:** compostos organo-metálicos, tais como naftenatos e sulfonatos. Sais orgânicos contendo metais com cálcio, cobalto e estrôncio.
- **Agentes de pressão extrema:** compostos de fósforo, como fosfato tricresílico, óleo de banha sulfurado, compostos halogenados. Sabões de chumbo, tais como naftenato de chumbo.
- **Preventivos contra a ferrugem:** aminas, óleos gordurosos e certos ácidos graxos. Derivados halogenados de certos ácidos graxos sulfonatos.
- **Redutores do ponto de fluidez:** produtos de condensação de alto peso molecular, tais como fenóis condensados com cera clorada. Polímeros de metacrilato.
- **Reforçadores do índice de viscosidade:** olefinas ou iso-olefinas polimerizadas. Polímeros butílicos, ésteres de celulose, borracha hidrogenada.
- **Inibidores de espuma:** silicones.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado obtido neste trabalho levou-me a tecer diversas considerações com respeito à formação do Oficial da Marinha Mercante, especialmente do oficial de máquinas. Nesta parte vou retomar os pontos que considero mais importantes dessa análise.

Concluiu-se que a lubrificação nos motores de combustão interna é fundamental para que todas as peças, que tenham algum movimento relativo, funcionem de uma forma mais regular e econômica, permitindo que tenha uma vida mais longa e silenciosa. Para proceder a uma correta lubrificação é necessário conhecer os lubrificantes e as suas propriedades.

Os lubrificantes são substâncias que colocadas entre duas peças móveis ou entre uma fixa e outra móvel, formam uma película protetora que tem por função reduzir o atrito e o desgaste, auxiliar na diminuição do calor e a vedação do motor, fazer a limpeza das peças, proteger contra a corrosão decorrente dos processos de oxidação, evitar a entrada de impurezas e transmitir força e movimento.

Em suma, a lubrificação é um dos principais itens de manutenção de máquinas e deve, portanto, ser entendida e praticada para o aumento da vida útil das mesmas. Porém, deve-se atentar para falhas nesse processo, tendo em vista que uma lubrificação inadequada ou realizada com lubrificantes contaminados acarreta sérios problemas ao motor tais como desgaste e ou entupimento do filtro.

Para mim, foi gratificante realizar esse trabalho e espero que o mesmo tenha atendido as expectativas esperadas e venha contribuir para propósitos que a comunidade marítima deseja, de melhoria e aperfeiçoamento do Ensino Profissional Marítimo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Internal Combustion Engines, John B. Heywood, MacGraw-Hill.
- 2 - Lubrificantes e Lubrificação. Carlos Moura e Ronald Carreteiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1978.
- 3 - MOURA, Carlos R. S.; CARRETEIRO, Ronald P. Lubrificantes e Lubrificação. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975
- 4 - Lemos, Francisco; José, Madeira Lopes. Química e vida. vl.2. ed. São Roq.
- 5 - Manual Técnico Curso Metal Leve Motores de Combustão Interna. Nov/1995.
- 6 - ROUSSO, José. Lubrificação Industrial. Rio de Janeiro: CNI/DAMP, 1990.
- 7 - Lubrificantes e Lubrificação. Carlos Moura e Ronald Carreteiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1978.
- 8 - <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABRj0AD/lubrificacao-completa>