

**Disciplina de Máquinas de Combustão Interna - Capítulo 7**

# **OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**

# 1.INSTALAÇÃO PROPULSORA COM MOTOR DIESEL

## 1.1. PREPARAÇÃO APÓS CONSTRUÇÃO/DOCAGEM DO NAVIO

Esta é a situação mais complexa, uma vez que durante a permanência do navio na doca seca todos os sistemas se encontram fora de serviço, sendo por isso o fornecimento de energia eléctrica para as necessidades de bordo assegurado a partir de terra pelo estaleiro. Após o término dos trabalhos, o fornecimento de energia eléctrica pelo estaleiro tem de ser cortado, para permitir a saída do navio, pelo que a preparação da instalação tem de efectuar-se a partir do zero, isto é, partindo de uma situação de “**Black-out**” em que só se dispõe da escassa energia eléctrica fornecida pelo gerador de emergência, a qual apenas permite alimentar:

- **A iluminação de emergência do navio**
- **O sistema de refrigeração de água doce de baixa temperatura (bomba auxiliar)**
- **O sistema de ar de arranque (compressor principal n.º 2)**

É óbvio que para o navio passar a dispor das condições mínimas para subsistir pelos seus próprios meios, quando atracado ou fundeado, tem de estar devidamente provisionado com combustíveis, lubrificantes, água doce, etc., a fim de produzir a **energia eléctrica para a iluminação e o funcionamento dos equipamentos que fornecem o ar comprimido para o arranque dos motores e controlo remoto da instalação, bem como para a ventilação, ar condicionado, etc..**

Nestas circunstâncias, para que o navio passe a dispor da autonomia de que necessita, é preciso pôr em funcionamento segundo a ordem a seguir estabelecida, os seguintes equipamentos:

- **Sistema de Refrigeração de Água Doce de Baixa Temperatura (bo. aux.)**
- **Sistema de Ar Comprimido Principal (compressor 2 e reservatório de ar)**
- **Sistema de Ar Comprimido Auxiliar (para o controlo remoto)**
- **Um Gerador Diesel (1 e 2)**
- **Sistema de Refrigeração de Água Salgada (bomba principal/auxiliar)**
- **Ar Condicionado da Sala de Controlo**
- **Ventilação da Casa da Máquina**

## 1.2. PREPARAÇÃO DA INSTALAÇÃO PARA A SAÍDA DE PORTO

Partindo do princípio de que pelo menos um gerador diesel já alimenta o quadro eléctrico principal, e de que os sistemas de refrigeração de **Água Salgada** e de **Água Doce de Baixa Temperatura** bem como os sistemas de **Ar Comprimido de Arranque** e de **Serviço**, se encontram em funcionamento, assim como a **Ventilação da Casa da Máquina** e o **Ar Condicionado da Sala do Controlo**, será necessário executar os seguintes procedimentos:

**1. Lançar com suficiente antecedência a Caldeira de Porto** - por forma a gerar o vapor necessário para aquecer o fuel contido nos tanques de serviço e de decantação. Este tem de estar devidamente aquecido na hora aprazada para o início de manobras com o **Motor Principal**. Para o efeito logo que a pressão do vapor gerado atinja o valor de regime, proceder à abertura das válvulas de vapor que permitem o aquecimento do combustível contido nos referidos tanques, os quais antes das manobras de entrada em porto são normalmente atestados a cerca de **80%** da sua capacidade.

**2. Inspeccionar a instalação** - visa a detecção e remoção de ferramentas, objectos, desperdícios, etc., abandonados sobre as máquinas principais e restante equipamento de propulsão, bem como a verificação do posicionamento das válvulas dos respectivos sistemas de Refrigeração, Lubrificação, etc., o qual será corrigido se necessário. 4

3. **Verificar os níveis de todos os tanques de serviço** - Óleo de Lubrificação, Diesel, Fuel e Água doce de Expansão/Compensação do Motor Principal, bem como a pressão nos Reservatórios de Ar de Arranque. No caso de ser necessário, depurar diesel para as manobras.
4. **Verificar se as Purgas dos Cilindros estão abertas** - caso tal se não verifique proceder à sua abertura.
5. **Proceder ao Pré-aquecimento do Motor Principal** – lança-se o **Sistema de Pré-aquecimento de Água doce de Alta Temperatura do MP**. A água doce de refrigeração dos cilindros circula então impulsionada pela bomba de circulação auxiliar no circuito fechado constituído pelo aquecedor a vapor e os cilindros do MP. O óleo de lubrificação circulante das chumaceiras do veio de manivelas, das cruzetas e de refrigeração dos êmbolos também pode ser aquecido através de depuração e posto a circular através da operação do respectivo sistema. O objectivo consiste em facilitar o arranque e diminuir o desgaste do MP.
6. **Lançar os Geradores diesel necessários (2)** - tendo em consideração o acréscimo de consumo de energia durante as manobras bem como a margem de segurança necessária para salvaguardar quaisquer ocorrências que possam pôr em causa a operação do navio.

7. **Lançar os Sistemas de Óleo de lubrificação circulante (3)** - veio de ressaltos, chumaceiras do veio de manivelas e das cruzetas e de refrigeração dos êmbolos, manga da linha de veios.
8. **Lançar o Sistema Hidráulico do Hélice de Passo Variável.**
9. **Lubrificar os Cilindros do MP** - através dos respectivos lubrificadores.
10. **Preparar os Sistemas de Alimentação de Ar e de Evacuação de Gases** - inclui turbocompressores, arrefecedores de ar, caldeira recuperativa, compressores centrífugos auxiliares e a turbina de potência cujo comando deve ser posicionado em **“AUTO”**.
11. **Lançar o Sistema de Alimentação de Combustível (Diesel)** e caso necessário **ferrar o Sistema de Injecção de Combustível.**
12. **Isolar o Sistema de Pré-aquecimento de Água doce de Alta Temperatura dos cilindros do MP** e comunicar o **Sistema de Refrigeração Principal.**

13. **Preparar o Sistema de Ar de arranque do MP** – abrem-se para o efeito as respectivas válvulas e colocam-se os dois compressores principais em **AUTO**. Os reservatórios/garrafas de ar comprimido e os arrefecedores devem ser purgados sempre que necessário.
14. Perguntar ao **Oficial de Serviço à Ponte se o hélice está claro** e, caso tal se verifique, executar os procedimentos indicados nos pontos seguintes.
15. **Desengrenar o Virador do MP caso esteja engrenado**, o que normalmente sucede por razões de segurança.
16. **Virar lentamente** o MP para **VANTE** e para **RÉ** através da injeção apenas de ar comprimido nos cilindros e verificar se existe alguma prisão, bem como se sai apenas ar pelas purgas dos cilindros.
17. **Fechar as Purgas dos cilindros** caso tudo esteja normal.
18. **Experimentar o MP através do seu arranque** para **VANTE** e para **RÉ** por meio da injeção de ar e de combustível.
19. **Ligar as duas Máquinas do Leme** no caso do arranque não ser automático. 7

20. **Ligar a corrente para os guinchos de manobra.**

21. Caso tudo esteja em ordem estamos preparados para as manobras, as quais se iniciarão através da indicação de “**STAND-BY**” emanada da **Ponte de Comando** do navio através do **Telégrafo**.

### **1.3. MANOBRAS PARA A SAÍDA DE PORTO**

1. Compreendem os arranques do MP para **VANTE** e para **RÉ**, às velocidades solicitadas bem como as respectivas paragens até que as manobras sejam dadas por terminadas através do “**FINISH WITH ENGINE**” do **Telégrafo** .
2. Durante as manobras deve prestar-se especial atenção às pressões e temperaturas dos fluídos dos vários sistemas e em especial às temperaturas do ar de alimentação do motor, da água doce de refrigeração dos cilindros e do óleo de lubrificação circulante.
3. Todas as anomalias de funcionamento que ocorram durante as manobras devem ser prontamente eliminadas a fim de que a operação da instalação não seja perturbada.

## 1.4. OPERAÇÃO DA INSTALAÇÃO ENTRE PORTOS

1. Terminadas as manobras de saída de porto colocam-se em “**Stand-by**” todos os equipamentos adicionais que foram ligados apenas para dispor de uma maior margem de segurança durante as manobras, tais como geradores, máquina do leme, compressores de ar de arranque, etç., e desliga-se a corrente para os guinchos de manobra.
2. A velocidade do MP é então aumentada gradualmente por forma a que não ocorram dilatações bruscas dos órgãos sujeitos a elevadas temperaturas. Paralelamente procede-se ao aquecimento do fuel que irá alimentar o MP através dos respectivos aquecedores a vapor alimentados pelas caldeiras, até que atinja a viscosidade recomendada, (**10 a 17 cSt**) após o que se muda o consumo para **Fuel** através da respectiva válvula de 3 vias.
3. Durante este período, é necessário estabilizar o funcionamento da instalação, a fim de se poderem executar com toda a segurança os procedimentos susceptíveis de optimizarem a sua operação, descritos nos pontos seguintes.
4. Logo que a caldeira recuperativa esteja em condições de fornecer o vapor necessário para satisfação de todas as necessidades de consumo a bordo, isola-se a caldeira de porto.

5. Uma vez atingida a pressão suficiente no colectador de ar de lavagem, para permitir o funcionamento da turbina de potência (**1,2 a 1,4 bar**) esta entrará automaticamente em funcionamento a fim de economizar combustível.
6. Quando o MP atingir uma velocidade de rotação estável que pode variar em cerca de **30%** relativamente ao valor nominal de **78 rpm**, efectuar o acoplamento do **Gerador Acoplado** para produzir energia a um menor custo, substituindo assim com vantagem um gerador diesel que consome mais combustível e mais caro.
7. Também se pode economizar combustível através da utilização do vapor produzido pela caldeira recuperativa para alimentar a **Turbogeradora**, a qual pode fornecer energia eléctrica suficiente para permitir parar o gerador diesel ainda em serviço, pelo que nestas circunstâncias ambos os geradores diesel podem ser parados e ficar em "**STAND-BY**".
8. Pode ainda activar-se o **Sistema de Fluido Térmico** de aquecimento dos tanques de combustível de serviço e de decantação, bem como de reserva de vante e de ré, permitindo assim dispor de uma maior quantidade de vapor para satisfação de outras necessidades. O fluido térmico é aquecido em permutadores situados junto dos arrefecedores de ar de sobrealimentação do motor.

9. Logo que criadas as condições para tal, isto é, quando o navio se encontrar suficientemente afastado da costa, lança-se o **Vaporizador Destilador** a fim de produzir água doce a partir da água do mar para o consumo a bordo.

10. Simultaneamente é necessário assegurar o cumprimento de muitas outras tarefas tais como:

- Supervisão do funcionamento da instalação, a qual inclui o controlo das múltiplas variáveis inerentes aos vários processos em evolução e a eliminação de todas as anomalias que ocorram susceptíveis de perturbarem a normal operação.
- Mudanças de consumos de água e combustível dos respectivos tanques, tendo em consideração o equilíbrio do navio;
- Trásfega e depuração de diesel, fuel e óleo de lubrificação, pelo que os respectivos sistemas devem ser postos em funcionamento sempre que necessário;
- Purga dos tanques de combustível, dos arrefecedores e das garrafas de ar comprimido, da turbogeradora e do respectivo tanque de óleo de serviço;
- Esgoto das cavernas da casa de máquinas e dos porões, bem como incineração dos resíduos sempre que necessário;

- Limpeza do tubular da caldeira recuperativa, dos filtros de ar, combustível e óleo de lubrificação dos geradores diesel, bem como dos filtros dos compressores de ar e das depuradoras, etc.;
- Reposição sempre que necessário dos níveis dos tanques de compensação de água dos vários sistemas, bem como de serviço de óleo;
- Recolha de amostras de óleo lubrificante do MP e dos geradores para análise, bem como da água de refrigeração do MP e da caldeira e proceder ao necessário tratamento.

## 1.5. PREPARAÇÃO DA INSTALAÇÃO PARA A ENTRADA EM PORTO

1. Com o navio suficientemente afastado da costa para evitar epidemias, isolar o **Vaporizador Destilador** e logo que avisados (**cerca de uma hora de antecedência**) do início das manobras, lançar os **Geradores Diesel** necessários para as manobras e pôr fora de serviço a **Turbogeradora** e o **Gerador Acoplado**.
2. Verificar o **nível do tanque de serviço de diesel** e se necessário para as manobras, lançar a depuradora de diesel.

3. Desligar o **Sistema de Fluido Térmico** de aquecimento dos tanques de combustível e se necessário efectuar o aquecimento através de vapor.
4. Reduzir a velocidade de rotação do MP, controlar o aquecimento do **Fuel** de modo a que a viscosidade se mantenha dentro dos limites admissíveis (**10 -17 cSt**) e então mudar o consumo para **Diesel**.
5. Parar as depuradoras de **Fuel** logo que os tanques de serviço estejam atestados a **80%** e a depuradora de óleo de lubrificação circulante do MP.
6. Caso **seja necessário**, preparar o **Sistema de Ar de Arranque do MP** e ligar a **Máquina do leme de reserva**, bem como a energia eléctrica para os **guinchos de manobra**.
7. Aguardar a comunicação do início das manobras através do “**STAND BY**” do **Telégrafo** e executar as manobras solicitadas procurando manter as pressões e temperaturas dos fluídos dos vários sistemas o mais estáveis possível. O fim das manobras é comunicado através do “**FINISH WITH ENGINE**” do **Telégrafo**.

## 1.6. PREPARAÇÃO DA INSTALAÇÃO PARA A ESTADIA EM PORTO

1. Após as **manobras do MP isolar a instalação propulsora**, desligando para o efeito todos os sistemas desnecessários, mantendo porém em circulação a água doce dos cilindros e o óleo de lubrificação circulante do MP, durante o tempo suficiente para que o arrefecimento dos respectivos órgãos do motor se processe lentamente.
2. **Desligar a corrente para os guinchos de manobra.**
3. **Parar os Geradores Diesel desnecessários.**
4. **Engrenar o virador do MP**, para efeitos de segurança **e abrir as purgas dos cilindros.**
5. Caso o tanque de serviço de diesel já esteja suficientemente abastecido, para satisfação das necessidades de consumo durante a estadia do navio em porto, deve parar-se a respectiva depuradora. Se tal se não verificar, lançar a **Caldeira de Porto** e mantê-la a funcionar durante o tempo necessário para que possa atestar-se o tanque de serviço de diesel, sendo então posta fora de serviço se não for necessário utilizá-la para satisfazer outras necessidades.

6. Se for necessário utilizar as turbobombas de carga para a descarga do navio, para além de ser necessário lançar a **Caldeira de Porto** é imprescindível lançar também o respectivo **Sistema de Condensação de Vapor**.

## 1.7. ESTADIA DO NAVIO EM PORTO

Aproveita-se para limpar vários órgãos do motor principal e dos sistemas auxiliares tais como:

- **Filtros principais de água salgada**
- **Filtros de ar, combustível e óleo de lubrificação do MP**
- **Colectores de ar de lavagem, respectivos canais e janelas das camisas**
- **Filtros de óleo de lubrificação da manga**
- **Filtros de óleo do sistema hidráulico do hélice de passo variável**
- **Filtros de ar, combustível e óleo de lubrificação dos geradores diesel**
- **Filtros de combustível das depuradoras**

Na estadia do navio em porto também se inspeccionam periodicamente, os seguintes órgãos do motor principal:

- **Aros, êmbolos e respectivas hastes, e cruzetas**
- **Chumaceiras de apoio do veio de manivelas e dos tirantes**
- **Parafusos de aperto do fixe e da estrutura de apoio do motor**
- **Ligações dos tubos telescópicos da água de refrigeração dos cilindros**
- **Ligações dos tubos oscilantes de lubrificação das cruzetas e êmbolos**
- **Válvulas de admissão, evacuação e respectivas folgas**
- **Sistema de injeção de combustível**

Também se aproveita para testar, regular, reparar ou substituir, quando necessário, os seguintes órgãos do MP:

- **Injectores e bombas de injeção de combustível**
- **Válvulas de admissão e de evacuação**

## 2. MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÃO PROPULSORA COM MOTOR DIESEL

### 2.1 INTRODUÇÃO

As máquinas constituem um dos mais importantes bens duradouros da sociedade actual, importância essa que se acentua cada dia que passa. Como bens duradouros que são, a elas se aplicam pois, os critérios económicos comuns a este tipo de bens.

Uma boa parte do produto nacional dos países industrializados é gasto na reparação e substituição de bens duradouros, que por desgaste ou avaria se tornam inadequados para utilização. Isto significa que todo esse capital não pode ser investido na produção de novas máquinas e de outros bens duradouros.

Torna-se assim inevitável que um dos objectivos da engenharia seja o de conseguir o aumento da **vida útil** dos bens duradouros, em particular das máquinas. Para conseguir o aumento de vida útil há que actuar em dois campos: o da **concepção** e o da **manutenção**.

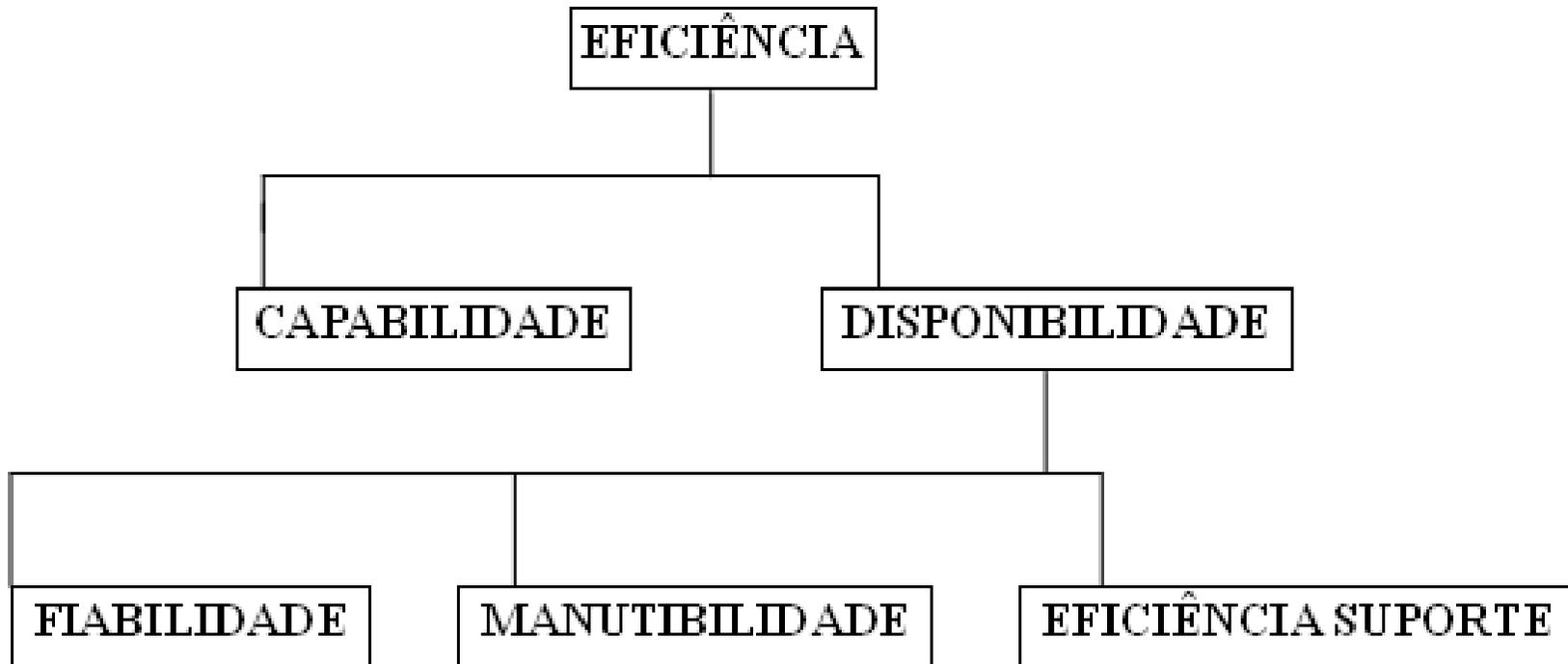
Até há poucos anos a manutenção das máquinas era considerada como um problema secundário em relação à sua concepção. Hoje já se considera a manutenção tão importante como os parâmetros definidores das funções das máquinas.

As correntes mais evoluídas em manutenção fazem a abordagem deste assunto como um todo e na sua relação com as regiões de fronteira. A base desta abordagem é a teoria dos sistemas a qual visa determinar o custo do ciclo de vida óptimo dos equipamentos tendo em consideração que este objectivo deve estar presente tanto na fase de concepção e fabrico, como de operação.

A prossecução deste objectivo principal é no entanto enquadrada por outros, o mais importante dos quais é a aptidão do equipamento para produzir com qualidade, o que aliás pode ser integrado num sistema global que pode ser designado por “Sistema Custo Eficiência”.

## **2.2 CONCEITOS BÁSICOS DE MANUTENÇÃO**

**Recorrendo à UNIDO (organismo internacional da ONU) vejamos então quais os factores que contribuem para a eficiência de um equipamento.**



### ***Factores que contribuem para a eficiência da manutenção***

**Como é óbvio, a eficiência tem um custo que uma vez conhecido nos permite determinar a relação custo eficiência.**

**Vejamos agora qual a definição de cada um dos factores do esquema apresentado que contribuem para a eficiência.**

**Fiabilidade** - é o factor que exprime a possibilidade condicional de um componente ou equipamento cumprir a sua missão dentro das especificações, por um tempo previsto e sujeito a um dado funcionamento normal. Muito ligada à segurança de funcionamento, é a componente principal da eficiência. **É medida pelo tempo médio entre avarias MTBF** (*medium time between failures*).

**Manutibilidade** - é um factor função da facilidade e conseqüente rapidez com que as operações de manutenção podem ser desencadeadas e executadas com vista a prevenir defeitos ou a corrigi-los quando surgem. **É medida pelo tempo médio para reparar MTTR** (*medium time to repair*).

**Eficiência de suporte** - é o factor que define a rapidez (máxima) e os custos (mínimos) com que se consegue actuar através dos serviços de manutenção. **É medida pelo tempo médio de espera MWT** (*médium wait time*).

**Disponibilidade** - é a aptidão que um equipamento possui para cumprir a sua função durante um tempo determinado. Pode ser determinada através da seguinte expressão:

$$\text{DISP} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{MWT})$$

A disponibilidade de um equipamento pode ser medida em tempo e em custos, contribuindo cada um deles para o seu cálculo, e numa perspectiva dinâmica para a sua optimização. A disponibilidade depende não só da **fiabilidade**, da **manutibilidade** e da **eficiência de suporte**, mas também da forma como estas se interligam.

Por exemplo, uma adequada determinação da fiabilidade de um equipamento, permite-nos antecipar o desencadear de certas avarias e portanto permite-nos reduzir os meios de suporte, (aumento da eficiência de suporte) por outro lado em certos casos, verifica-se através da análise custo eficiência, ser melhor deixar que a avaria se desencadeie.

**Capabilidade** - é a aptidão que uma máquina ou equipamento possui para produzir dentro da especificação pretendida, ou seja, a capacidade que tem para produzir em conformidade, o que só será possível enquanto não sofrer uma deterioração que afecte tal objectivo. Forma juntamente com a **eficiência** o conjunto que permite definir o **estado do equipamento**, ou seja, enquanto **uma boa eficiência garante a não existência de avaria** (ou a sua rápida superação) **uma boa capacidade garante uma produção com qualidade.**

Em conclusão diremos que os factores do conjunto devem ser analisados englobando um todo. Servem estas considerações para situar a **eficiência** de um equipamento num plano mais geral e portanto para demarcar bem que os problemas de manutenção que lhe são inerentes são actualmente abordados segundo uma perspectiva integrada.

**Para cada nível de actividade a manutenção tem um custo.**

Assim os custos directos e indirectos inerentes ao funcionamento de um equipamento, são naturalmente **diferentes** quando opera em **regime normal** e em **regime de sobrecarga**, sem que isso tenha sido motivado por deficiência de manutenção.

A análise de custos é sempre efectuada para um dado nível de actividade, isto é, considera-se que o ritmo de funcionamento do equipamento não sofre grandes oscilações.

Para além dos custos devem ser considerados outros parâmetros nos quais a manutenção programada tem uma influência favorável, tais como:

**segurança e qualidade de funcionamento**  
**duração do equipamento, etc..**

**Conclui-se por isso, que a manutenção é uma função de engenharia indispensável para incrementar o nível de eficiência dos equipamentos com vista a aumentar a produtividade e o consequente desenvolvimento económico da nossa civilização. Para realizar os seus objectivos a manutenção tem-se desenvolvido e adoptado várias formas e métodos que abordaremos de forma sucinta seguidamente.**

## **2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO**

Os tipos de manutenção actualmente utilizados, podem ser distinguidos utilizando como critérios:

- **a causa da realização das operações de manutenção**
- **o objectivo que se pretende atingir com a sua realização**

Assim podem distinguir-se três tipos de manutenção:

- **Curativa**
- **Preventiva**
- **Correctiva**

**Manutenção Curativa** - a que repõe em condições normais de funcionamento um equipamento avariado, isto é, após se ter verificado uma rotura de funcionamento, um desgaste ou desafinação excessivos, que impliquem um funcionamento fora da gama especificada, implicando uma **produção sem qualidade**.

**Manutenção Preventiva** - a que executa as operações de manutenção sem que se tenha verificado qualquer avaria, sendo os seus objectivos:

- **Verificar a eficiência de funcionamento**
- **Repor a eficiência de funcionamento**

**Manutenção Correctiva** - a que introduz alterações no equipamento com os seguintes objectivos:

- **Melhorar a sua eficiência**
- **Evitar avarias sistemáticas**

A **Manutenção Correctiva** é pois, uma mistura dos dois primeiros tipos de manutenção, dado que no primeiro caso (melhoria de eficiência de um equipamento) se está perante um procedimento preventivo, e no segundo (evitar avarias sistemáticas) perante um procedimento preventivo mas que já foi precedido de procedimentos preventivos e curativos que se não mostraram eficazes.

## 2.4 DECOMPOSIÇÃO DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO

A **decomposição** dos três tipos básicos de manutenção pode fazer-se utilizando como **critério a forma de actuação**:

- **provisória ou definitiva**
- **sistemática ou não sistemática**
- **experiência ou campanha**

A **Manutenção Curativa** pode executar-se de duas formas:

- **Desempanagem**
- **Reparação**

A distinção está no tipo de operação de manutenção executada, a qual na **Desempanagem** é provisória, apenas com o objectivo de possibilitar uma **Reparação definitiva** posterior (no caso de um veículo pode destinar-se a possibilitar a sua deslocação até à oficina, pelos seus próprios meios e neste caso a desempanagem deve garantir as condições de segurança adequadas, ou rebocado).

**A Manutenção Preventiva**, tal como a curativa também pode executar-se de duas formas:

- **Sistemática**
- **Não sistemática**

A **Manutenção Preventiva** diz-se **Sistemática** quando as operações são executadas a intervalos regulares (periodicidade), utilizando-se como unidades de contagem o tempo (equipamentos com alterações significativas do regime de funcionamento pouco frequentes), os quilómetros (equipamentos com alterações significativas do regime de funcionamento muito frequentes).

A **Manutenção Preventiva Sistemática** pode ainda decompôr-se em função da periodicidade:

- **Periodicidade fixa**
- **Periodicidade flexível**

Na situação de periodicidade fixa, o intervalo entre as operações de manutenção é constante durante toda a vida do equipamento, enquanto que na situação de periodicidade flexível, o intervalo entre operações de manutenção varia em função da idade do equipamento e da intensidade da sua utilização, de acordo com as seguintes condições:

- **Fase infantil (rodagem) e final de vida útil, intervalos menores**
- **Fase normal de utilização e fase de reserva, intervalos maiores**

Na fase final de vida útil, porque estão apenas em causa os aspectos mais directamente ligados com a qualidade do produto ou do serviço prestado ou com a segurança, como é o caso de um veículo, a **Manutenção Preventiva Sistemática tem um menor volume, e diz-se Paliativa.**

**A Manutenção Preventiva diz-se Não Sistemática** quando as operações são executadas não em função de uma periodicidade pré-estabelecida, mas sim em função dos seguintes factores:

- **Um diagnóstico**
- **Um aproveitamento da imobilização do equipamento**

O **Diagnóstico** é uma forma de manutenção preventiva não sistemática, dita **Manutenção Predictiva**. Da análise dos resultados do diagnóstico pode resultar a necessidade de execução de qualquer operação de manutenção. Esta operação enquadra-se no tipo de **Manutenção Preventiva Não Sistemática**, e designa-se por **Manutenção Condicionada**.

Portanto a **Manutenção Condicionada** é uma forma de **Manutenção Preventiva Não Sistemática que resulta da análise dos resultados de um diagnóstico efectuado ao estado do equipamento.**

A **Manutenção Correctiva**, tal como as anteriores, também pode efectuar-se de duas formas:

- **experiência**
- **campanha**

Assim, tendo-se verificado uma avaria num equipamento com carácter repetitivo, que as operações do tipo curativo não conseguiram eliminar, ou uma degradação acelerada de eficiência que as operações do tipo preventivo apenas conseguiram controlar com uma diminuição excessiva da periodicidade de intervalos de manutenção, a solução a adoptar é efectuar uma alteração do sistema.

Esta alteração do sistema, faz-se geralmente numa primeira fase de **experiência** numa quantidade reduzida de equipamentos, e numa segunda, verificada que tenha sido a adequação da alteração em regime de **Campanha**, deverá esta ser implementada em todos os equipamentos.

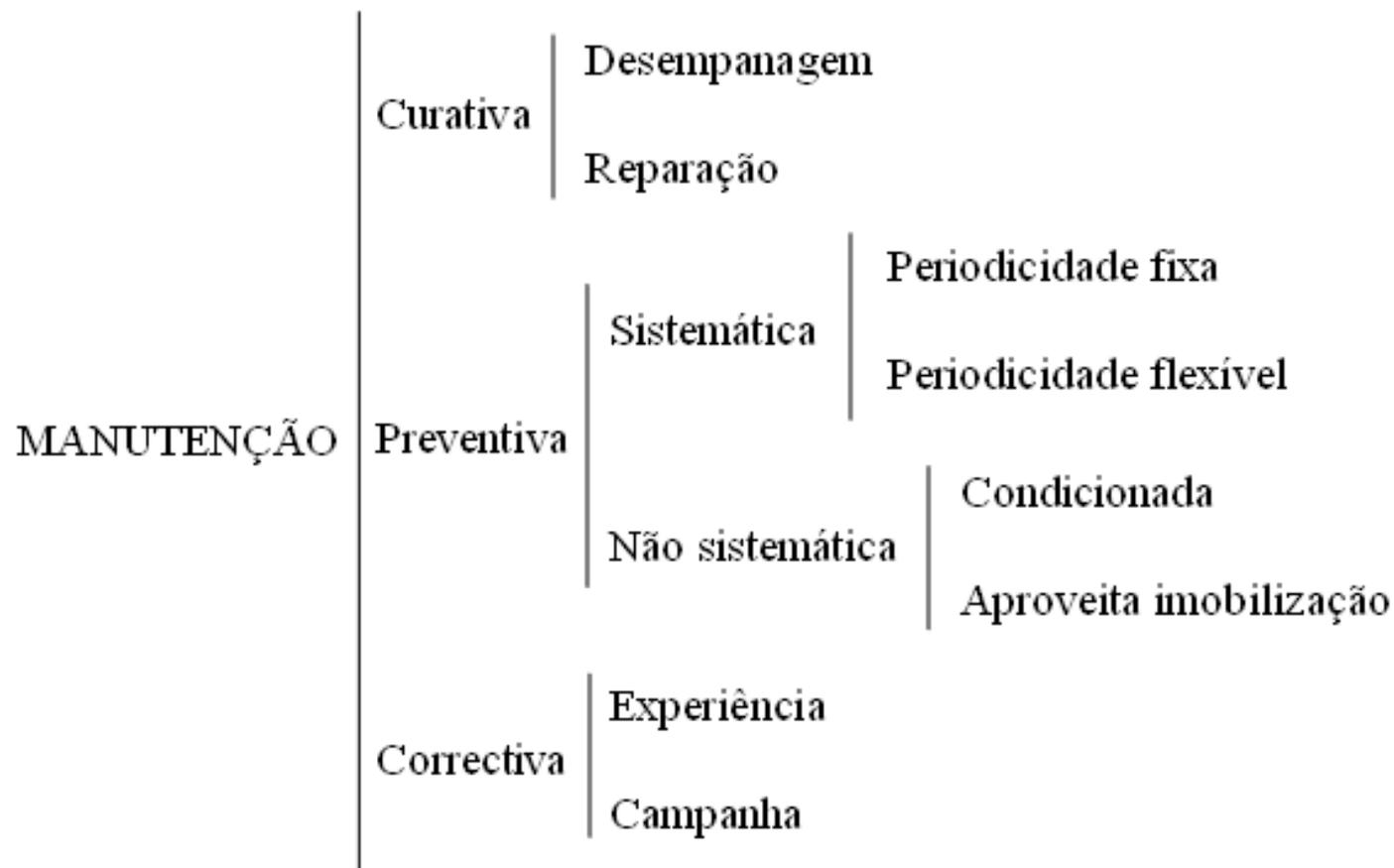
**Coexistência dos diversos tipos de manutenção** - geralmente os diversos tipos de manutenção coexistem, sendo o seu peso relativo dependente de factores diversos que caracterizam a actividade e organização de cada empresa.

Em princípio, pode dizer-se que a **Manutenção Preventiva Sistemática** se deve aplicar quando:

- **A Manutenção Curativa não pode ser tolerada**
- **A Manutenção Correctiva ainda não se justifica**
- **A Manutenção Condicionada ainda não pode ser aplicada**

**Os sistemas cujas avarias não têm consequências significativas podem ser apenas alvo de intervenções curativas.**

A **Manutenção Condicionada** exige equipamento adequado, pelo que a sua existência é condição necessária para que possa ser aplicada. A sua implementação permite uma melhoria significativa em relação à **Manutenção Preventiva Sistemática**, razão pela qual sempre que possível deve ser aplicado este tipo de manutenção, nomeadamente aos motores dos veículos rodoviários e aos motores dos navios tal com hoje em dia já se verifica numa escala apreciável.



## 2.5 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS USADOS EM MANUTENÇÃO

De uma maneira geral, os materiais usados em manutenção podem classificar-se em:

- **Matérias primas e produtos**
- **Material de consumo *standard***
- **Material de consumo não recuperável**
- **Material de consumo recuperável**
- **Rotáveis**
- **Itens de segurança**

**Matérias primas e produtos** - são materiais manufacturados tais como perfilados, chapas, tecidos, colas, tintas, sisal, etc..

**Material de consumo *standard*** - são peças normalizadas produzidas e vendidas por vários fabricantes tais como:

- **Parafusos e porcas**
- **Rebites**
- **Pernos**
- **Freios**
- **Troços, etc.**

**Material de consumo não recuperável** - são peças com *part number* do fabricante sem identificação do número de série, normalmente utilizadas apenas uma vez tais como:

- **Aros dos êmbolos**
- **Anéis de vedação**
- **Juntas diversas**
- **Filtros de cartão, etc.**

**Material de consumo recuperável** - são peças com *part number* do fabricante sem identificação do número de série que podem ser recuperadas para novas utilizações mediante determinadas operações de limpeza, remetalização, maquinagem, tratamentos, etc., tais como:

- **Válvulas de admissão e evacuação**
- **Válvulas de ar de lavagem**
- **Filtros metálicos**
- **Filtros *autoclean*, etc.**

**Rotáveis** - são unidades com *part number* e *serial number* (número de série) do fabricante, que podem rodar um número indeterminado de vezes entre a máquina e a oficina sendo nesta submetidas aos ensaios e reparações necessárias para serem recuperadas de modo a proporcionarem um estado de funcionamento igual ao original ex:

- **Bombas de combustível e injectores**
- **Sobrealimentadores**
- **Bombas de circulação e motores eléctricos**
- **Cabeças e camisas de cilindro e êmbolos**
- **Veios de manivelas, etc.**

**Itens de segurança** - São peças ou conjuntos de peças que de um modo geral devido ao seu modo de funcionamento e ao baixo potencial de avaria, apenas necessitam de ser inspeccionadas e testadas periodicamente. Eventualmente se necessário podem ser recuperadas na oficina. São exemplos de itens de segurança:

- **Válvulas de segurança dos cilindros**
- **Válvulas de segurança da câmara de manivelas**
- **Válvulas de segurança diversas**
- **Reguladores de velocidade**
- **Viradores de motores diesel, etc.**

**Potencial de uma unidade** - define-se como sendo o período de funcionamento em horas, que a unidade pode suportar para condições normais de trabalho, sem que necessite de ser submetida a qualquer reparação.

**Parâmetros de controlo** - são valores caracterizadores de materiais, produtos e equipamentos que interessa controlar para efeitos de manutenção, os quais são normalmente os seguintes:

- **Horas de funcionamento**
- **Ciclos de funcionamento**
- **Tempo de calendário**

Para os **materiais armazenados** existe também um parâmetro de controlo chamado **Tempo de Armazenagem**.

O **Parâmetro Horas de Funcionamento** utiliza-se normalmente para controlar o período de funcionamento de máquinas e outros sistemas com uma certa importância tais como:

- **Motores diesel**
- **Caldeiras**
- **Turbinas**
- **Instalações frigoríficas, etc.**

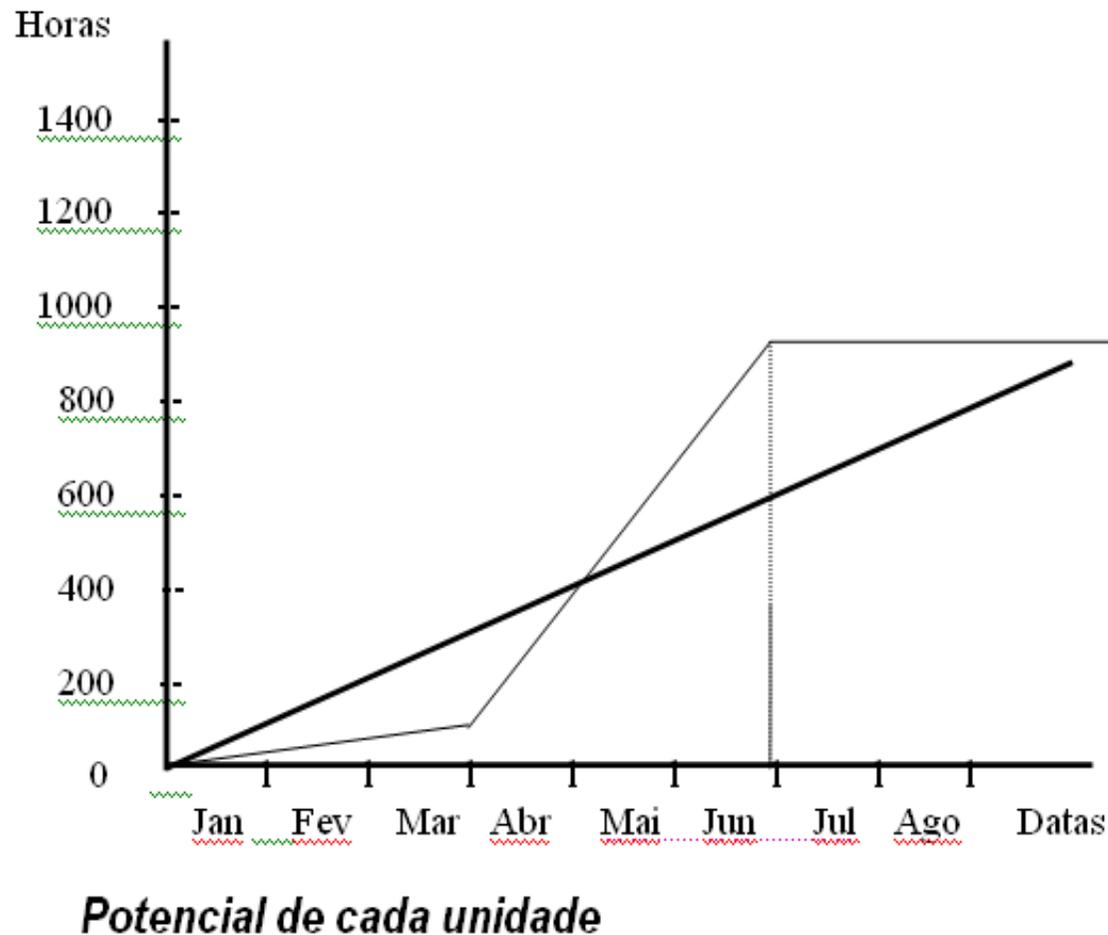
**O Parâmetro Ciclos de Funcionamento** utiliza-se para controlar o número de vezes que um órgão ou sistema é posto em funcionamento e levado do regime mínimo ao máximo (exemplo trem de aterragem dos aviões).

**O Parâmetro Tempo de Calendário** utiliza-se para controlar o período de utilização de determinados produtos perecíveis como por exemplo, borrachas de vedação de dispositivos pneumáticos, produtos químicos de extintores, bem como por razões de segurança o intervalo entre inspecções de alguns equipamentos dos navios, tais como portas estanques, etc..

**O Parâmetro Tempo de Armazenagem** utiliza-se para controlar o período de duração de produtos perecíveis quando armazenados a aguardar utilização, tais como:

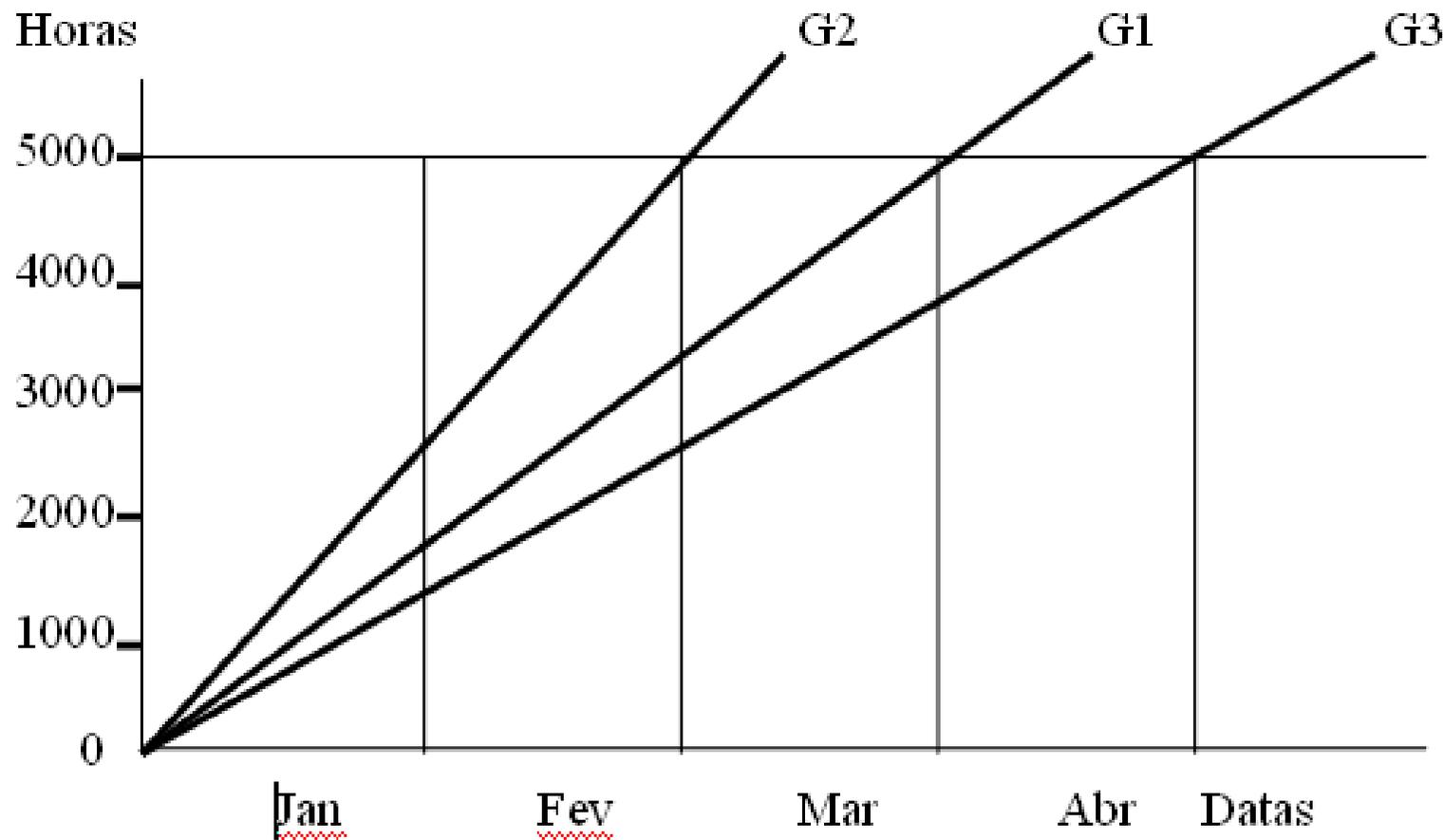
- **Baterias**
- **Pneumáticos**
- **Decapantes**
- **Tintas**
- **Solventes**
- **Óleos, etc.**

Qualquer programa de manutenção de um equipamento tem de ser elaborado em função dos respectivos parâmetros de controlo, tal como a seguir se exemplifica.

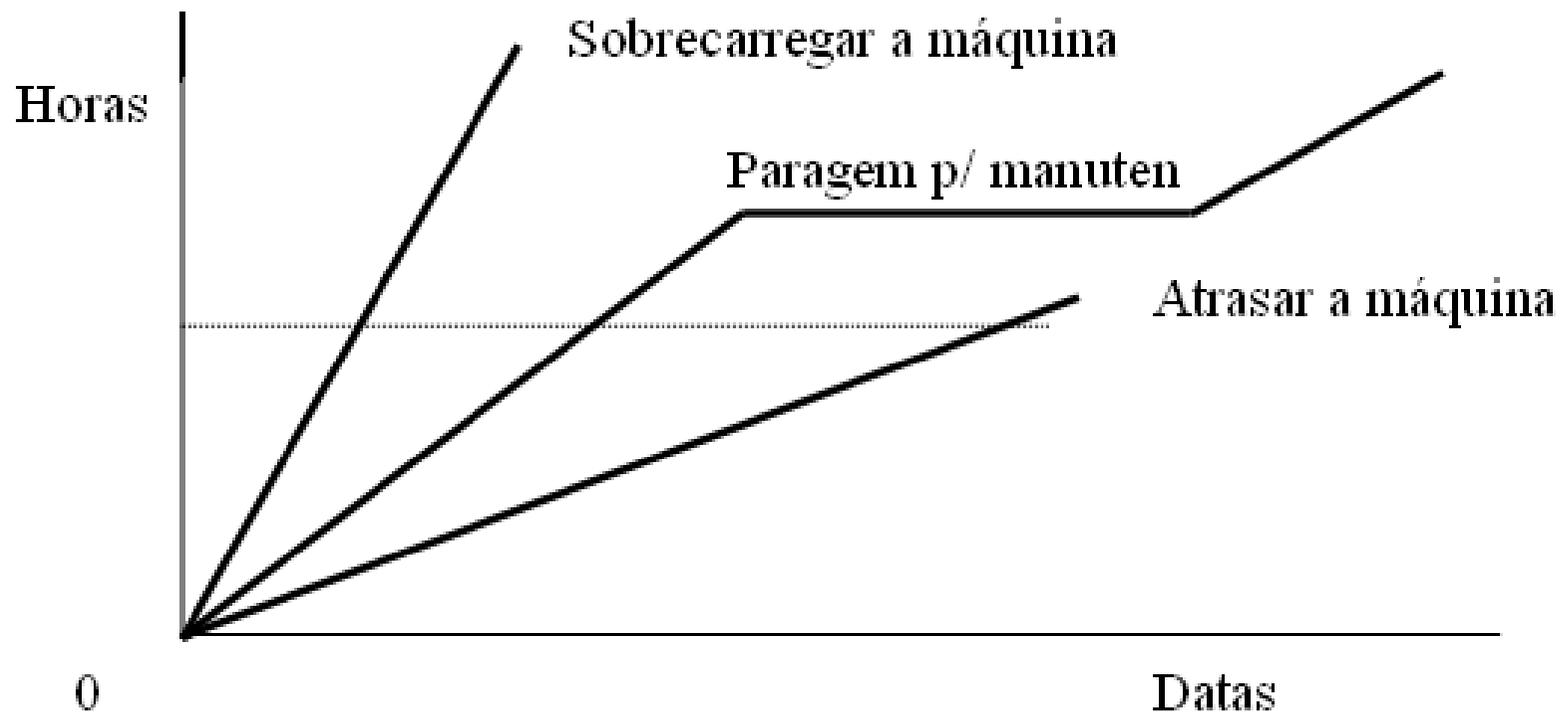


**O potencial de cada unidade nunca deverá ser excedido em mais de 10%.**

A manutenção das máquinas e equipamentos deve ser distribuída ao longo do tempo por forma a evitar paragens forçadas. Quando temos mais de uma máquina para desempenhar a mesma função, tal como sucede com os grupos geradores diesel dos navios, deve desfazar-se o número de horas de funcionamento a fim de que a sua manutenção possa efectuar-se em períodos distintos.



As curvas de acumulação de horas de funcionamento de cada máquina, devem ser estabelecidas de modo a que se consiga chegar à data prevista para a manutenção com as horas acumuladas pretendidas.



***Distribuição de horas acumuladas dos equipamentos***

Quando se elabora um programa de manutenção devem ter-se em consideração os trabalhos imprevistos. É por isso conveniente prever um certo número de Hh para a execução dos mesmos. No caso de por exemplo considerarmos **100 Hh** para os trabalhos de manutenção podemos considerar mais **50% para trabalhos imprevistos**, consoante o tipo de máquina.

Uma boa forma de reduzir os trabalhos imprevistos, é fazer **ensaios operacionais e funcionais** avançados no tempo.

**Ensaio Operacional** - tem por finalidade verificar se o equipamento ou sistema opera normalmente.

**Ensaio Funcional** - além permitir verificar se o equipamento ou sistema opera normalmente permite também avaliar o seu estado.

**Evoluções Prematuras** - acontecem sempre que qualquer peça de um equipamento tem de ser removida devido a anomalia, antes de ter atingido o seu potencial de trabalho.

**Índice de Remoção Prematura (IRP)** - pode definir-se como sendo o número de unidades de um dado tipo removidas prematuramente durante um dado período de tempo que normalmente são **100 horas de funcionamento** da unidade.

**Remoção Justificada** - quando posteriormente em oficina é encontrada uma avaria relacionada ou não com a razão que levou à sua remoção.

**Remoção Confirmada** - quando a avaria encontrada está relacionada com a razão da remoção.

**Remoção não Confirmada** - quando a avaria encontrada não está relacionada com a razão da remoção.

O **Índice de Remoção Prematura (IRP)** reveste-se de um certo interesse pois fornece-nos uma primeira medida de fiabilidade da unidade. Tem ainda especial interesse na análise de fiabilidade o **Índice de Remoções Prematuras Justificadas (IRPJ)** que representa o número de avarias justificadas registadas para um grupo de unidades do mesmo tipo num determinado período de tempo.

## **2.6 HIGIENE E SEGURANÇA NA MANUTENÇÃO**

Durante a execução de operações de manutenção respeite escrupulosamente as **Normas de Higiene e de Segurança no Trabalho** indicadas para cada situação, tendo em consideração o que seguidamente se descreve sobre este assunto.

Algumas substâncias normalmente utilizadas nas instalações de máquinas dos navios mercantes, com as quais os operadores entram frequentemente em contacto, podem ser a causa da irritação da pele.

No que se refere aos combustíveis e lubrificantes que abundam nas instalações de máquinas, as irritações da pele que provocam, são normalmente devidas às seguintes causas:

- **Obstrução dos pequenos poros, na raiz dos pêlos dos braços e das pernas dos operadores**
- **Lesão da pele, produzida por partículas abrasivas, metálicas e outras**

No primeiro caso, a absorção da mistura de lubrificante ou combustível com sujidade pelos pequenos poros, provoca a inflamação da pele. No segundo, a lesão da pele pode ser causada por diminutas partículas metálicas ou de outra natureza suspensas no lubrificante ou no combustível e agarradas ao desperdício frequentemente utilizado pelo operador para limpeza das mãos e braços.

Em ambos os casos, o lubrificante ou o combustível pode ser a causa da infecção se o mesmo se encontrar contaminado por substâncias tóxicas. A fim de evitar estes problemas de pele, devem adoptar-se determinadas precauções quando da realização de trabalhos de manutenção quer em oficina quer nos próprios equipamentos, cujos factores mais importantes são um bom nível de higiene pessoal por parte do operador e uma apropriada limpeza das máquinas.

O petróleo e outros solventes não devem ser usados para lavar as mãos, devido à sua acção extremamente desengordurante. As roupas de trabalho, armários e lavatórios destinados aos operadores que normalmente se encontram em contacto com lubrificantes, combustíveis e fluidos de corte de máquinas ferramentas, devem ser lavados frequentemente com água e sabão.

Alguns indivíduos são particularmente vulneráveis às doenças de pele e neste caso é aconselhável que se protejam eficazmente do contacto com os fluidos referidos, utilizando para o efeito vestuário, calçado, luvas, óculos e tudo o que demais for necessário.

As regiões do corpo expostas ao contacto também podem ser protegidas por cremes ou pomadas, desde que sejam correctamente aplicadas depois de uma lavagem prévia. Para este efeito deverá consultar-se sempre um dermatologista.

Os lubrificantes, tal como os combustíveis e os fluídos de corte das máquinas ferramentas, devem ser conservados nas melhores condições possíveis, isto é devem ser filtrados e depurados sempre que possível, para reduzir a concentração de sujidade e de partículas metálicas.

No caso de óleos não solúveis, antes de serem novamente utilizados no sistema, devem ser esterilizados a fim de destruir quaisquer bactérias que os possam contaminar.

**Recomenda-se por isso ao pessoal envolvido na operação e manutenção de máquinas dos navios, que adopte as seguintes medidas Preventivas de Higiene e Segurança:**

- a) Quando trabalharem com máquinas ferramentas, utilizem sempre todos os dispositivos de protecção disponíveis tais como guardas contra a projecção de partículas, sistemas de remoção de aparas metálicas, calçado, vestuário e óculos de protecção adequados, e eliminem na medida do possível todo o contacto desnecessário com o fluido de corte e óleo;
- b) Antes de iniciarem trabalhos de soldadura certifiquem-se de que a atmosfera onde vão decorrer não é explosiva e liguem sempre que possível os sistemas de ventilação e de extracção de fumos. Quando tiverem de executar trabalhos de soldadura em zonas potencialmente perigosas para a deflagração de incêndios, tomem todas as medidas preventivas adequadas para que tal não suceda e, simultaneamente preparem todos os meios necessários para procederem à sua rápida extinção, no caso de mesmo assim um incêndio ocorrer.
- c) Sempre que executarem trabalhos de soldadura, utilizem o vestuário e calçado adequados e o equipamento individual de protecção que for recomendado nomeadamente polainas, avental, luvas e máscara de protecção.

- d) Utilizem sempre o calçado, o vestuário e o equipamento de protecção individual adequados à natureza da operação de manutenção que tenham de realizar devendo para o efeito proteger-se sem quaisquer constrangimentos sempre que necessário, com fato e luvas de amianto, óculos, capacete, luvas de cabedal e impermeáveis, cremes para a pele, etc..
- e) Providenciem a limpeza dos lavatórios e o fornecimento adequado de sabão, cremes para proteger a pele e toalhas limpas. Devem evitar usar sabões muito alcalinos, porque podem causar irritações na pele. Quando não puderem usar luvas impermeáveis, apliquem creme de protecção nas zonas expostas da pele antes de iniciarem o trabalho, a fim de melhorar a remoção de óleo mais tarde. Se necessário usem cremes apropriados após a lavagem para contrabalançar o desengorduramento da pele.
- f) Não coloquem nos bolsos desperdício com óleo ou combustível, bem como não usem desperdício sujo para retirar lubrificante ou combustível da pele, pois os ferimentos originados por partículas e limalhas metálicas que a ele estejam agarradas poderão provocar infecções.

## **3 MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES PROPULSORAS COM MOTORES DIESEL**

### **3.1 INTRODUÇÃO**

Os equipamentos das modernas instalações propulsoras diesel marítimas, são concebidos para funcionarem com bom rendimento durante períodos de tempo relativamente longos e não para serem total ou parcialmente desmontados, sem que haja motivos para tal.

Porém, os equipamentos de algumas instalações propulsoras, são por vezes sistematicamente sujeitos a intervenções de manutenção, manifestamente exageradas para as suas necessidades, enquanto os de outras são utilizados até à exaustão, sem que lhes sejam dispensados os mais elementares cuidados de manutenção.

Ambas as formas de actuação são criticáveis, pois não permitem otimizar o funcionamento das instalações nem reduzir os gastos com a sua manutenção. Há por isso que encontrar para cada instalação propulsora o justo equilíbrio, por forma a conseguir obter uma manutenção adequada com um mínimo de encargos possíveis.

Os operadores deste tipo de instalações propulsoras, lamentam por vezes que os fabricantes, não fixem regras precisas quando estabelecem os respectivos programas de manutenção, mas na realidade, é muito difícil fixar normas rígidas capazes de satisfazer as extremamente diversificadas condições em que as referidas instalações têm de operar.

A manutenção, dos equipamentos das instalações propulsoras diesel marítimas, pode efectuar-se através de vários **métodos de manutenção preventiva**, porém os mais utilizados são os seguintes:

**Método da Manutenção Progressiva (sistemática)**

**Método das Revisões Periódicas (sistemática)**

**Método da Manutenção Condicionada (não sistemática)**

## **3.2 MÉTODO DA MANUTENÇÃO PROGRESSIVA**

Consiste em submeter os equipamentos a programas de manutenção, cuja profundidade vai aumentando à medida que se vão atingindo, os períodos de funcionamento previamente estabelecidos.

Embora este método permita manter os equipamentos em boas condições de funcionamento, é cada vez menos aconselhado devido a ser extremamente oneroso. Os elevados custos da sua implementação, devem-se às seguintes razões:

**Os órgãos são substituídos não em função do seu desgaste ou fadiga, mas apenas com base em cálculos de tempo médio de vida útil;**

**Algumas vezes as substituições efectuam-se demasiado cedo, o que não permite utilizar os órgãos durante o máximo da sua vida útil, e outras demasiado tarde, o que acaba por afectar a vida útil de outros órgãos cuja substituição terá assim de ser antecipada;**

**Os custos de não funcionamento dos equipamentos, resultantes das frequentes e prolongadas paragens que implica, bem com da mão de obra e de peças sobressalentes, são extremamente elevados.**

### **3.3 MÉTODO DAS REVISÕES PERIÓDICAS**

Consiste em submeter a uma desmontagem completa, após cumprido um determinado número de horas de funcionamento, alguns equipamentos, tais como por exemplo motores diesel, a fim de inspeccionar todos os seus órgãos e substituir os que não sejam susceptíveis de garantir um bom funcionamento.

Este método é hoje em dia desaconselhado, dados os seus custos exorbitantes e outros inconvenientes tais como:

**Extrema dificuldade em determinar, qual é realmente a altura oportuna para proceder a este tipo de revisões;**

**Ocorrência de danos, devidos a erros de desmontagem e montagem e ainda à deslocação da posição óptima de trabalho dos órgãos;**

**Paragens prolongadas dos equipamentos, devido à morosidade das intervenções a que são submetidos;**

**Elevados custos de mão de obra, sobressalentes e imobilização dos equipamentos.**

### **3.4 MÉTODO DA MANUTENÇÃO CONDICIONADA**

Consiste antes de mais, em controlar com eficácia o funcionamento dos equipamentos, a fim de que seja possível detectar com suficiente antecedência os sintomas que prenunciam a ocorrência de avarias, evitando assim a sua paragem intempestiva.

Para o efeito, as modernas instalações, são equipadas com um vasto conjunto de instrumentos de medida e controlo que permitem visualizar e registar sempre que necessário, os valores de todos os parâmetros de funcionamento, tais como pressões, temperaturas, viscosidades, velocidades etc., os quais facilitam a familiarização dos operadores com o normal funcionamento das mesmas, bem como permitem estabelecer uma perfeita interligação entre a sua operação e manutenção.

Esta interligação, permitirá que operadores experimentados, adquiram em pouco tempo um rigoroso conhecimento do estado dos órgãos dos equipamentos, sem que para o efeito tenham que ser desmontados, e conseqüentemente retirados de serviço, o que só por si constitui um enorme benefício no que respeita à plena utilização das suas capacidades, pelo que os períodos de imobilização são reduzidos ao mínimo.

A operação das instalações propulsoras diesel, dos navios modernos, é por isso facilitada, através de um vasto conjunto de instrumentos que fornecem rapidamente aos operadores as informações que lhes permitem detectar com facilidade, e por isso corrigir com prontidão, as anomalias de funcionamento que a qualquer momento possam ocorrer. Com efeito, conforme o grau de automação, as actuais instalações propulsoras diesel marítimas dispõem de vários instrumentos de medição e controlo a seguir descritos:

- **Manómetros, Pressostatos**
- **Termómetros, Pirómetros, Termostatos**
- **Viscosímetros**
- **Indicadores de nível**
- **Taquímetros, Contadores de rotações**
- **Caudalímetros, Contadores de combustível**
- **Voltímetros, Amperímetros**
- **Frequensímetros, Watímetros, etc.**

A segurança de operação e a integridade dos equipamentos mais importantes, são ainda salvaguardadas, no caso de se verificarem falhas dos sistemas de controlo, que originem graves anomalias de funcionamento, respectivamente através do equipamento informático de controlo de operação e dos respectivos órgãos de segurança neles montados.

Sempre que os equipamentos o justifiquem, como sucede no caso dos motores diesel, podem ainda os operadores, prognosticar qual a tendência da evolução do seu estado, através da análise dos gráficos traçados com base nos valores dos respectivos parâmetros de funcionamento, periodicamente registados.

A aplicação do método de manutenção condicionada, às modernas instalações propulsoras dos navios mercantes, permite detectar em tempo útil a grande maioria das suas anomalias de funcionamento, através de sistemas de controle adequados, razão pela qual o funcionamento dos equipamentos, só é interrompido quando houver motivos imperiosos para tal, evitando-se assim as despesas com desmontagens inúteis e substituições prematuras de peças.

Esta forma de proceder, permite um melhor aproveitamento dos equipamentos, através da máxima utilização da vida útil das suas peças, mas exige em contrapartida que os operadores se familiarizem com os mínimos detalhes do seu normal funcionamento, através da visualização atenta e frequente dos valores dos respectivos parâmetros de funcionamento e da sua correcta análise, e prestem ainda a máxima atenção, a qualquer anomalia que venha a ocorrer.

## **4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA DAS INSTALAÇÕES PROPULSORAS DIESEL**

### **4.1 RECOMENDAÇÕES GERAIS**

As instruções relativas às operações de manutenção dos equipamentos das instalações propulsoras diesel marítimas, encontram-se nos respectivos manuais de manutenção. Por favor, leia-os e interprete-os cuidadosamente e respeite sempre os procedimentos recomendados pelo fabricante para as diferentes operações.

Nas operações de desmontagem e montagem, utilize sempre as ferramentas recomendadas, especialmente as fornecidas pelo fabricante. Quando da montagem dos órgãos desmontados, assegure-se sempre de que todas as peças estão perfeitamente limpas.

É bom ter sempre presente, de que a fiabilidade e o tempo de vida útil dos órgãos dos motores diesel marítimos, dependem em boa parte de uma manutenção adequada.

## **MANUTENÇÃO CONDICIONADA APLICADA A MOTORES DIESEL**

Na sequência do que anteriormente foi referido, sobre a manutenção das instalações propulsoras, alguns dos seus equipamentos tais como os motores diesel justificam a elaboração de gráficos, para alguns dos seus parâmetros de funcionamento cujos valores são periodicamente registados.

A análise dos referidos gráficos permite identificar várias anomalias de funcionamento, bem como a tendência de evolução da condição de funcionamento de alguns dos seus órgãos. Os parâmetros cujos valores normalmente se utilizam para a elaboração de gráficos são:

**Pressões de compressão nos cilindros**

**Consumo específico de óleo de lubrificação**

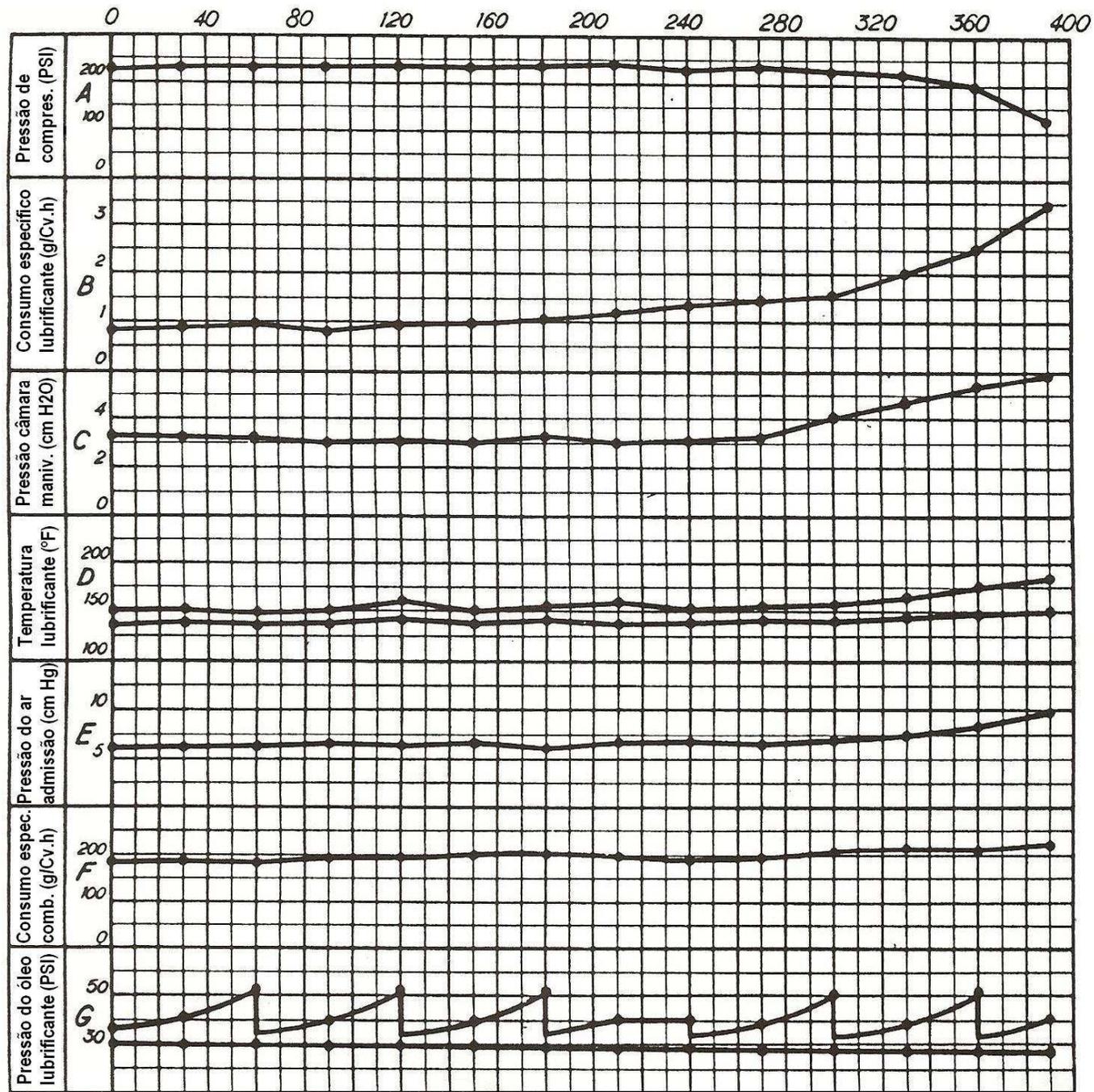
**Pressão na câmara de manivelas**

**Temperatura do óleo de lubrificação**

**Pressão do ar de admissão**

**Consumo específico de combustível**

**Pressão do óleo de lubrificação**



Gráficos de pressões, temperaturas e consumos específicos de um motor diesel a quatro tempos

Os gráficos são elaborados representando o tempo de funcionamento em dias no eixo das abcissas e os valores relativos dos parâmetros cuja variação se pretende avaliar no eixo das ordenadas, obtendo-se as respectivas representações para cada um dos parâmetros, semelhantes às apresentadas na figura anterior. Vejamos agora como é que a partir dos gráficos traçados com os valores de vários parâmetros se pode efectuar uma análise fácil e expedita da condição de funcionamento de vários órgãos de um motor.

## **PRESSÕES DE COMPRESSÃO**

Devem ser medidas após cada 30 dias de funcionamento, em cada um dos cilindros do motor. Enquanto a camisa e aros respectivos estiverem em bom estado, os valores das pressões de compressão para um determinado regime de funcionamento, serão aproximadamente constantes.

Com os valores medidos elabora-se numa escala adequada o **Gráfico A**, relativo às pressões de compressão de cada cilindro do motor. Em condições normais, enquanto a camisa e os aros estiverem em bom estado, a linha obtida terá um andamento próximo da horizontal. Porém à medida que a camisa e os aros se forem desgastando a linha descairá, o que evidencia a aproximação do fim da vida útil dos aros.

Portanto, enquanto a linha do gráfico tiver um desenvolvimento horizontal uniforme, não há dúvidas de que a camisa e os aros estão em bom estado. Porém o descaimento acentuado da mesma, sobretudo após um curto período de funcionamento dos aros, nem sempre indicia o seu elevado desgaste, pois a queda de pressão pode dever-se a outros factores tais como:

**Filtros de ar sujos**

**Funcionamento deficiente dos turbocompressores**

**Obstrução das condutas do ar de admissão**

**Má vedação das válvulas de admissão e de evacuação**

**Ovalizações e conicidades da camisa, excessivas**

**Aros colados ou presos nas caixas dos êmbolos**

**Aros fracturados ou sem tensão**

**Deficiente vedação das juntas das cabeças, etc.**

Qualquer descaimento acentuado da linha do gráfico que representa as pressões de compressão, deve por isso ser devidamente diagnosticado a fim de se não cair na tentação de proceder à prematura substituição dos aros, a qual pode em nada contribuir para a resolução do problema.

## **CONSUMO DE ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO**

Deve ser registado o consumo de óleo de lubrificação circulante, calculado o consumo específico em g/Cv.h e elaborado o **Gráfico B**.

Tal como a linha obtida para as pressões de compressão, também a linha de consumo de óleo de lubrificação, dos motores sem lubrificação independente dos cilindros, deve ter um andamento sensivelmente horizontal, desde que os aros e as camisas estejam em boas condições.

Se as linhas de consumo de óleo de lubrificação e das pressões de compressão de um cilindro **convergirem**, então não restam dúvidas de que existe uma deficiente vedação do cilindro, a qual na maior parte dos casos se deve ao funcionamento anómalo dos aros. Tal anomalia tem de ser identificada a fim de serem tomadas as medidas adequadas para a eliminar, as quais podem implicar a substituição da camisa e aros de compressão ou apenas destes.

No caso de apenas se verificar um abaixamento pronunciado das pressões de compressão, continuando o consumo de óleo normal, a causa poderá não ser imputada à camisa e aos aros mas eventualmente aos outros dos factores já referidos.

### **PRESSÃO NA CÂMARA DE MANIVELAS**

Também nos pode dar preciosas indicações sobre o estado das camisas e aros de compressão dos motores sem cruzeta, pois enquanto o funcionamento for normal, o andamento da linha do **Gráfico C** será horizontal, mas à medida que a camisa e aros de compressão se desgastam, acentua-se a passagem de gases para a câmara de manivelas e por isso o aumento da pressão nesta, dado a vedação que lhes compete assegurar diminuir.

### **TEMPERATURAS DO ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO**

Os valores das temperaturas do óleo de lubrificação à entrada e à saída do arrefecedor permitem traçar o **Gráfico D**. A análise deste gráfico, fornece-nos informações sobre o estado de limpeza do arrefecedor de óleo, uma vez que à medida que a sujidade se acumula diminuem as trocas de calor entre o óleo e o fluido refrigerante, o que faz com que a temperatura do óleo à saída do arrefecedor aumente e se aproxime dos valores a que entra no mesmo, pelo que as duas linhas também se aproximam até um valor pré-determinado que recomenda a limpeza do arrefecedor.

## PRESSÕES DO AR DE ADMISSÃO

Permitem elaborar o **Gráfico E**, cuja linha ascendente em condições normais de funcionamento do motor, indicia a obstrução das condutas de admissão e/ou de evacuação do cilindro.

Deve por isso verificar-se se as condutas da admissão e de evacuação dos cilindros estão limpas e se necessário proceder à respectiva limpeza. Porém, se as condutas estiverem limpas, deve averiguar-se se existe algum problema com as turbinas dos turbocompressores.

## CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL

Regista-se o consumo de combustível, calcula-se o consumo específico em g/Cv.h e elabora-se o **Gráfico F**.

Este gráfico dá-nos uma ideia das condições de funcionamento do motor, no que respeita ao grau de eficiência da injeção, combustão e vedação dos gases nos cilindros. A cor dos gases de evacuação é um óptimo indicador da forma como se processa a combustão.

Gases incolores indiciam combustões completas e fumos negros combustões incompletas, pelo que as causas devem ser procuradas nos sistemas de alimentação de ar e de combustível, pelo que sempre que necessário: os filtros de ar, turbocompressores, e as válvulas devem ser inspeccionados, limpos, regulados e reparados; as bombas de injeção o regulador de velocidade e os injectores de combustível, devem ser inspeccionados, testados, regulados e reparados.

## **PRESSÕES DO ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO**

São registadas e utilizadas para elaborar o **Gráfico G**, todavia este método apenas é aplicável quando a totalidade do óleo de lubrificação circulante passa através dos respectivos filtros (*Full Flow*).

**No exemplo apresentado, verifica-se após cada limpeza ou substituição dos elementos filtrantes, uma diferença entre as pressões do óleo na entrada e na saída do filtro de 6 psi, a qual vai aumentando progressivamente com o tempo de operação até atingir por volta dos 60 dias o diferencial máximo estabelecido de 22 psi.**

**De cada vez que este limite é atingido, os elementos filtrantes são limpos ou substituídos, a fim de repor o diferencial de pressões no valor mínimo de 6 psi.**

Este método de controlo permite utilizar ao máximo a capacidade dos elementos filtrantes, sem afectar a qualidade do óleo de lubrificação, e ainda que os operadores possam detectar a diluição do óleo lubrificante pelo combustível.

A análise do **Gráfico G**, permite identificar uma situação em que **ocorre a diluição do óleo de lubrificação pelo combustível, entre o trigésimo e o sexagésimo dia** após a terceira substituição dos elementos filtrantes, em que o diferencial de pressões se manteve em **11 psi**.

Logo que seja detectada a diluição do óleo por combustível, devem eliminar-se de imediato as respectivas causas, pois nunca é de mais salientar, que um óleo de lubrificação em bom estado é essencial para assegurar o normal funcionamento dos motores.

Embora a análise efectuada, seja muito útil para avaliar a condição de funcionamento de alguns órgãos e conseqüentemente para desencadear atempadamente as intervenções de manutenção preventiva adequadas, é contudo insuficiente para garantir o bom funcionamento dos motores diesel marítimos, razão pela qual é normalmente complementada por outras medidas que a seguir se especificam.

## **CONTROLO DA DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA PELOS CILINDROS DO MOTOR**

Em condições normais de funcionamento, todos os cilindros de um motor devem contribuir o mais equitativamente possível para a potência desenvolvida pois de contrário, alguns deles poderão ficar sobrecarregados e o funcionamento do motor desequilibrado.

Os cilindros sobrecarregados por via da desigual distribuição de potência, ficarão inevitavelmente sujeitos a pressões e temperaturas excessivas e conseqüentemente a esforços anormais, susceptíveis de num curto período de tempo lhes provocarem danos consideráveis.

A distribuição da potência pelos cilindros de um motor não deve ser aferida apenas com base nas respectivas temperaturas dos gases de evacuação dos mesmos, porquanto se corre o risco de agravar em vez de minorar o desequilíbrio verificado.

Com efeito, nos casos em que se procura distribuir uniformemente a potência pelos cilindros do motor, apenas com base nas temperaturas dos gases de evacuação, comete-se normalmente o erro de tentar regular a quantidade de combustível injectado em cada cilindro, por forma a que os valores das temperaturas dos gases de evacuação sejam uniformizados.

Tal procedimento porém pode ser incorrecto, dado que temperaturas dos gases de evacuação demasiado elevadas ou baixas, podem ser devidas não apenas ao deficiente doseamento do combustível injectado, mas também a outras deficiências relativas à regulação do início da injeção e à quantidade de ar fornecido aos cilindros, bem como ainda a outros factores indevidamente ajustados às condições de funcionamento.

Vejam agora quais as consequências de uma actuação incorrecta neste domínio. Imagine-se a situação de um motor em que a temperatura dos gases de evacuação dum cilindro, vai aumentando progressiva e exageradamente.

Numa primeira análise simplista, pode pensar-se que tal se deve a uma sobrecarga do cilindro e que portanto o melhor que há a fazer é reduzir a quantidade de combustível injectado, por forma a que a temperatura dos gases de evacuação desça ao nível das restantes.

Momentaneamente pode parecer que o problema ficou resolvido, porém se o aumento da temperatura dos gases de evacuação, for devido a insuficiência de ar provocada pela obstrução parcial das condutas de admissão do cilindro, não demorará muito até que a temperatura volte a aumentar.

Se cada vez que isso acontecer, a quantidade de combustível injectado no cilindro for reduzida, a fim de diminuir a temperatura dos gases de evacuação, acabará por se transferir para os restantes uma parcela significativa da carga que ele deveria suportar, pelo que aqueles ficarão cada vez mais sobrecarregados e o funcionamento do motor mais desequilibrado.

Portanto uma actuação como a que foi descrita, não só não resolve o problema como o agrava substancialmente, a ponto de poder vir a provocar problemas graves nos restantes cilindros, pelo que estas situações merecem uma ponderação mais profunda. Regra geral, quando a carga está uniformemente distribuída pelos cilindros de um motor, são semelhantes os respectivos valores dos seguintes parâmetros:

**Pressões de compressão**

**Pressões de injeção**

**Pressões de combustão**

**Índice de carga das bombas de injeção**

**Ângulo de avanço à injeção**

**Temperaturas dos gases de evacuação**

## **DETECÇÃO DE RUÍDOS ANORMAIS**

Cada instalação propulsora diesel, produz durante a operação normal um ruído típico, que um operador experimentado é capaz de apreender após algum tempo de contacto com a mesma.

Assim, após a sua familiarização com todos os ruídos decorrentes do normal funcionamento da instalação, facilmente se apercebe de qualquer ruído anormal de um equipamento, o qual de imediato deverá investigar a fim de eliminar as respectivas causas e restabelecer o seu ruído característico de funcionamento.

Os ruídos anormais de uma instalação propulsora, podem ser originados por falhas mecânicas dos vários equipamentos, bem como por fugas de fluidos, sobretudo dos submetidos a maiores pressões, tais como, ar comprimido, vapor, combustível, etc.

## **DETECÇÃO DE FUGAS**

Podem ocorrer fugas em praticamente todos os sistemas principais e auxiliares de uma instalação propulsora. Assim, é normal ocorrerem fugas de ar, combustível, gases, óleo de lubrificação, óleo hidráulico, água de refrigeração, vapor, ar comprimido, etc. 67

Todas as pressões e temperaturas dos fluidos que operam nos sistemas equipamentos da instalação propulsora, devem por isso ser frequentemente registadas, observadas e reguladas em conformidade com os valores padrão, a fim de que possam ser imediatamente detectadas eventuais fugas e eliminadas a suas causas.

As fugas, para além se serem susceptíveis de afectar a normal operação dos sistemas e equipamentos em que ocorrem, podem ainda provocar-lhes avarias graves e mesmo incêndios quando se trate de óleo ou combustível, que uma vez propagados, podem danificar gravemente a instalação, e em casos extremos levar mesmo à perda de vidas humanas e do navio.

Dada a diversidade de fluidos envolvidos, na operação de uma instalação propulsora e os inúmeros pontos onde poderão ocorrer fugas, a sua localização pode tornar-se extremamente difícil, sobretudo quando forem muito pequenas, não produzirem vestígios nem ruído e ocorrerem em locais dificilmente inacessíveis. A detecção de fugas dos fluidos envolvidos na operação das instalações propulsoras diesel, pode ser efectuada através dos seguintes meios:

**Equipamento de controlo de operação**

**Operadores**

Quando uma fuga é detectada pelo equipamento de controlo de operação, este alerta normalmente o operador através de sinais acústicos e luminosos activados num painel de alarmes, podendo ainda ser registada a hora a que a mesma foi detectada por uma impressora, bem como fornecidas informações adicionais acerca do tipo de fluído e da respectiva localização da fuga, as quais podem ser visualizadas num monitor.

Porém, quando o equipamento de controlo não consegue indicar o local da fuga, tal tarefa tem de ser prosseguida pelo operador, o qual para o efeito deverá previamente tomar as precauções adequadas, ao grau de perigosidade do fluído envolvido.

As precauções a tomar, visam minimizar as consequências que as fugas de determinados fluidos podem provocar, tanto para a instalação como para os operadores, pelo que estes devem ter sempre em devida consideração os seguintes factores:

**Estado do fluído** (líquido, gasoso ou gás+líquido)

**Condições de temperatura e pressão**

**Inflamabilidade**

**Condutibilidade**

**Toxicidade**

Conforme a natureza das fugas detectadas, assim o operador tem de utilizar para a sua localização e identificação, os meios adequados, entre os quais normalmente se incluem os seus cinco sentidos.

Por exemplo, após localizar uma fuga de água, é natural que proceda à sua identificação no sentido de averiguar se é doce ou salgada, através do gosto, enquanto que para detectar uma fuga de um gás, o recurso ao olfacto pode ser um auxiliar precioso.

Dadas as inúmeras possibilidades de ocorrência de fugas, seria fastidioso proceder à sua descrição pormenorizada, razão pela qual vamos dar apenas algumas indicações, que para o efeito consideramos da maior utilidade.

Assim, como regra geral para a detecção de fugas dos fluidos envolvidos na operação das instalações propulsoras diesel, deve começar-se por localizar o sistema ou equipamento em que as fugas ocorrem, o que desde logo nos permitirá saber qual o tipo de fluído envolvido, o seu estado e grau de perigosidade.

Normalmente, é mais fácil detectar a fuga de um líquido de um sistema fechado, do que de um sistema aberto, dado uma das consequências da mesma ser o esvaziamento progressivo do tanque de serviço do sistema, o qual pode ser facilmente detectado quer pelo equipamento de controlo do nível quer pelo operador através da visualização do respectivo indicador de nível.

Por outro lado, uma fuga envolvendo um gás, por exemplo ar a baixa pressão, pode ser fácil de detectar mas bastante difícil de localizar, dada a provável ausência de vestígios não facilitar tal tarefa. Pelo contrário, se a pressão do ar envolvido na fuga, for elevada, a sua localização através do ruído que emite será bastante mais fácil.

## **PRECAUÇÕES PARA EVITAR EXPLOSÕES NA CÂMARA DE MANIVELAS**

Os motores diesel marítimos, sofreram nos últimos anos um desenvolvimento que permitiu incrementar significativamente o seu rendimento e a potência por unidade de cilindrada. Extremamente positivo por um lado, não deixa porém de ter uma incidência negativa no que se refere à atmosfera criada na câmara de manivelas, dado acentuar as condições propícias para a ocorrência de explosões, caso não sejam tomadas as precauções necessárias.

Este desenvolvimento, implicou maiores solicitações mecânicas e térmicas para vários órgãos dos motores, bem como o aumento das temperaturas, pressões e velocidades de escoamento do óleo de lubrificação circulante.

Com efeito, as pressões actualmente desenvolvidas nos cilindros de alguns motores diesel a dois tempos lentos já superam **150 bar**, enquanto em alguns motores a quatro tempos de média rotação já excedem os **200 bar**.

Por outro lado, devido ao **aumento da severidade de funcionamento das chumaceiras do veio de manivelas**, as pressões de óleo de lubrificação circulante, aumentaram progressivamente de cerca de **2** para mais de **6 bar** em alguns casos.

Grandes quantidades de óleo de lubrificação, são por isso forçadas a escoar-se através das chumaceiras e depois finamente pulverizadas pelos órgãos do motor animados de movimento de rotação, **criando assim na câmara de manivelas, uma atmosfera turbulenta, que em certas circunstâncias pode tornar-se altamente explosiva.**

Uma vez formada uma mistura potencialmente explosiva, constituída por ar e vapores de óleo lubrificante, a sua explosão pode ocorrer quando:

**Os gases de combustão passarem directamente para a câmara de manivelas, devido a deficiente funcionamento dos mecanismos de vedação dos cilindros;**

**Qualquer órgão da câmara de manivelas, sofra um sobreaquecimento, devido a condições de funcionamento adversas, que promovam a elevação da sua temperatura, a um valor suficiente para provocar a respectiva inflamação;**

**Após a paragem de um motor diesel, se proceda de imediato à abertura das tampas ou portas de visita da câmara de manivelas, para efectuar uma inspecção ou reparação.**

Todas estas situações podem ocorrer com motores novos ou usados nas seguintes circunstâncias:

**Algumas durante o funcionamento;**

**Outras durante o funcionamento e arranque;**

**Outras ainda, como já vimos, mesmo com os motores parados.**

Dado o enorme perigo que as explosões nas câmaras de manivelas dos motores representam, os fabricantes procuram concebê-los de forma a evitar o mais possível que as mesmas tenham lugar, bem como a equipá-los com dispositivos de segurança, capazes de minorar os seus efeitos quando sejam inevitáveis.

De igual modo, os operadores encarregados de assegurar a vigilância de motores diesel marítimos, devem estar atentos aos ruídos anormais produzidos, pois podem ter alguma relação com o sobreaquecimento de algum órgão alojado na câmara de manivelas, cujas superfícies superaquecidas poderão causar a inflamação de uma mistura explosiva, eventualmente existente.

Nestas circunstâncias, sempre que o operador tiver necessidade de aceder à câmara de manivelas para confirmar as suas suspeitas, deverá parar com a brevidade possível o motor e aguardar o tempo suficiente, **30 a 60 minutos**, para que a temperatura da eventual superfície superaquecida, desça para um valor incapaz de provocar a inflamação da mistura potencialmente explosiva.

De contrário poderá acontecer, que a atmosfera da câmara de manivelas que não oferecia qualquer perigo de explosão dada a insuficiência de oxigénio, se transforme numa atmosfera explosiva após a abertura das portas de visita ou das tampas, devido à natural entrada de ar, e assim ocorrer uma explosão dado a temperatura ser ainda suficientemente elevada para a provocar.

Importa ainda ter presente, que a contaminação do óleo de lubrificação pelo combustível, para além de baixar a temperatura de inflamação do óleo de lubrificação, que normalmente é superior à do combustível, favorece ainda a formação de superfícies superaquecidas na câmara de manivelas.

Devem por isso, ser tomadas todas as medidas necessárias, para impedir que o óleo de lubrificação seja contaminado por combustível, bem como proceder ao frequente controlo da viscosidade do óleo, a fim de detectar o mais cedo possível qualquer eventual contaminação.

Algumas explosões, geram apenas um forte sopro sem outras consequências, enquanto outras provocam a rotura das juntas das tampas da câmara de manivelas e a expulsão intensa de fumo, através das válvulas de segurança.

As explosões mais violentas, provocam normalmente a rotura das portas da câmara de manivelas e a combustão do óleo de lubrificação, causando assim prejuízos avultados na casa das máquinas, que em casos extremos poderão levar mesmo à perda do navio. Uma segunda explosão, cujos efeitos são quase sempre devastadores, pode ocorrer ainda, quando a massa de gases expulsa da câmara de manivelas, se mistura com o ar ambiente da casa das máquinas, sob a acção de uma chama.

## **INSPECÇÕES DAS INSTALAÇÕES PROPULSORAS**

Compreendem normalmente várias verificações, umas que são efectuadas com os equipamentos parados, a fim de os colocar em operação com toda a normalidade e segurança, e outras durante o respectivo funcionamento, a fim de prevenir situações anómalas como as que anteriormente foram descritas.

## **DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA**

Como já foi referido, os principais equipamentos de uma instalação propulsora são providos de dispositivos de protecção e segurança, cuja finalidade consiste em impedir que determinadas anomalias, possam por em perigo a segurança das pessoas e bens transportados pelo navio, bem como este.

### **Motores diesel:**

**Válvulas de segurança dos cilindros**

**Válvulas de segurança da câmara de manivelas**

**Virador accionado electricamente**

**Reguladores de velocidade**

**Controladores de pressão da água dos cilindros e êmbolos**

**Controladores de pressão do óleo de lubrificação**

**Controladores de temperatura da água dos cilindros e êmbolos**

**Controladores de temperatura do óleo de lubrificação**

**Controladores temperatura ar alimentação e gases de evacuação**

**Detectores da mistura óleo/ar na câmara de manivelas**

## **Caldeiras:**

**Recuperativa:** válvulas de segurança de vapor

**Com queimador:** válvulas de segurança de vapor e dispositivo de corte de combustível

## **Sistemas de ar comprimido principal e de serviço:**

**Compressores de ar:** válvulas de segurança

**Reservatórios:** válvulas de segurança

## **Sistemas de combustível:**

Tanques de descarga accidental

Válvulas de fecho rápido accionadas à distância

## **INSPECÇÃO DE MECANISMOS TRANSMISSORES DE MOVIMENTO**

Devem ser inspeccionados periodicamente e verificadas todas as folgas, nomeadamente dos utilizados na distribuição, regulador de velocidade mecânico, lubrificadores mecânicos dos cilindros, etc.

Caso seja necessário proceder ao ajustamento das folgas, deverá verificar-se se existe algum desgaste nos mecanismos de comando e intermédios. Quando se trate de válvulas de admissão e de evacuação accionadas mecanicamente, o desgaste pode ocorrer nas engrenagens, correntes de distribuição, ressaltos, roletes, hastes, balanceiros, etc.

Enquanto forem necessários apenas pequenos ajustamentos das folgas, não haverá motivos para preocupações, caso contrário deve proceder-se a uma inspecção rigorosa de todos os órgãos envolvidos, a qual pode implicar a sua desmontagem, limpeza, reparação ou substituição dos órgãos danificados, montagem e regulação.

## **INSPECÇÃO DA CÂMARA DE MANIVELAS**

Todos os órgãos do motor alojados na câmara de manivelas, devem ser periodicamente inspeccionados. Assim após a abertura das tampas ou portas de visita, deve tentar-se encontrar vestígios de partículas de metal branco, bronze, ferro fundido, etc., as quais caso existam, indiciam acentuado desgaste das chumaceiras, engrenagens, etc.

A cor das chumaceiras deve ser observada, e caso estejam descoloridas, isto é com uma cor diferente da original, significa que foram sujeitas a condições de sobreaquecimento.

Nos motores em que a água de refrigeração dos cilindros, é vedada na parte inferior das camisas, deve verificar-se se existem fugas. Todas as tubagens de óleo de lubrificação devem ser cuidadosamente vistoriadas, a fim de averiguar se há fugas através de juntas ou uniões frouxas.

O mesmo se exige em relação a todas as porcas e parafusos, os quais devem ser inspeccionados relativamente ao aperto e à sua frenagem através de troços, anilhas de pressão, freios de chapa e de arame.

Uma leve pancada, com um martelo apropriado em cada porca ou parafuso, é suficiente para verificar se está apertado ou frouxo. Se o som emitido, for límpido como o de um sino, significa que está bem apertado, caso contrário que está frouxo e por isso terá de proceder-se ao adequado aperto.

Sempre que for efectuada uma reparação, no interior da câmara de manivelas de um motor, jamais deverão ser fechadas as tampas ou portas de visita, sem que previamente seja efectuada uma inspecção rigorosa.

Casos há, em que uma inspecção efectuada à câmara de manivelas, de um motor dado como pronto a funcionar após ter sofrido uma reparação, vem afinal revelar a presença de parafusos e porcas soltos, trapos, pedaços de madeira, sujidade e outros objectos estranhos.

Tais situações, resultam do facto do pessoal encarregado da limpeza, não ter na maior parte dos casos, a menor noção das responsabilidades, dos cuidados e das precauções necessárias quando se lida com motores.

## **INSPECÇÃO DO VEIO DE MANIVELAS E CHUMAEIRAS**

O veio de manivelas e as chumaceiras que envolvem os respectivos munhões de apoio e de manivela, quando correctamente montados, lubrificados e operados, proporcionam normalmente um trabalho satisfatório, durante longos períodos de funcionamento de um motor diesel.

Deve por isso, ser condenada a prática de desmontagens frequentes, para inspecção das superfícies das chumaceiras e dos munhões do veio de manivelas, não só porque não é necessária, mas sobretudo porque contraria os bons preceitos da manutenção preventiva.

Com efeito, grande parte das avarias ocorridas em chumaceiras devem-se precisamente a erros de montagem, penetração de impurezas e deficiente aperto dos parafusos de fixação. Isto evidentemente não quer dizer que não deva ser dada a devida atenção a estes importantes órgãos, todavia isso pode ser feito sem necessidade de as desmontar frequentemente.

O estado das chumaceiras do veio de manivelas, pode ser avaliado através de indicadores práticos, tais como a queda de pressão do óleo de lubrificação, a qual indicia uma folga exagerada consequência do desgaste sofrido, ou a presença de limalhas do revestimento interior das chumaceiras, no óleo de lubrificação e nos filtros.

Porém, este último método não deve ser aplicado aos motores rápidos que funcionam com cargas mais elevadas, dado que se correm sérios riscos do veio de manivelas já estar bastante danificado, quando os vestígios do material de revestimento das chumaceiras forem detectados.

Deve-se por isso, dedicar sempre o máximo de atenção, ao estado das chumaceiras do motor, através da observação frequente da pressão e temperatura do óleo de lubrificação e da detecção de vestígios de material de revestimento, no óleo e filtros.

Também durante as inspecções à câmara de manivelas, se podem detectar rebarbas do metal de revestimento ou mudanças de cor, devido a aquecimento excessivo, as quais são sempre indícios reveladores de condições anormais.

A queda progressiva da pressão do óleo de lubrificação, com o decorrer das horas de funcionamento do motor, sem que se vislumbre qualquer outra causa, é na maior parte dos casos, um indício seguro do desgaste das chumaceiras.

Todavia, esta conclusão apenas é válida, quando há a certeza de que a queda de pressão do óleo de lubrificação não pode ser imputada a outras causas capazes de provocar tal efeito, tais como:

**Diluição do óleo de lubrificação pelo combustível;**

**Deficiente funcionamento da bomba de circulação de óleo;**

**Válvula de regulação de pressão mal ajustada;**

**Filtros de óleo obstruídos;**

**Fugas de óleo de lubrificação do sistema, etc.**

Por isso, sempre que se verifica uma queda de pressão do óleo de lubrificação, é necessário identificar imediatamente a causa e eliminá-la, pois de contrário, podem vir a ser produzidas avarias graves nas chumaceiras e no veio de manivelas.

O normal funcionamento dum motor, implica um certo grau de desgaste, dos munhões e das chumaceiras do veio de manivelas. Dadas as características dos materiais destes órgãos, a taxa de desgaste dos munhões é normalmente inferior à das chumaceiras, dependendo o respectivo grau de desgaste das condições de operação.

Dado o desgaste verificado, ser normalmente irregular, com o decorrer do funcionamento, os munhões do veio de manivelas acabam por ficar ovalizados.

Uma questão normalmente colocada, refere-se à ovalização máxima admissível para os munhões do veio de manivelas. A resposta correcta a esta questão, bem como a que respeita às folgas máximas admissíveis entre os munhões e as respectivas chumaceiras, encontra-se especificada no manual do motor, normalmente fornecido pelo respectivo fabricante.

Independentemente de um munhão estar ou não ovalizado, sempre que a chumaceira é inspeccionada ou substituída, deve ser cuidadosamente vigiado o seu funcionamento durante os primeiros dias, pois é durante esse período que as probabilidades de ocorrência de avarias são maiores.

Apesar dos cuidados que lhes são dispensados, têm-se verificado vários casos, em que chumaceiras avariadas arranharam os munhões e estes depois de convenientemente alisados, receberam chumaceiras novas sem quaisquer problemas. Porém, por vezes os arranhões sofridos pelos munhões são tão profundos, que é indispensável proceder à sua remetalização e rectificação.

Sempre que se verificarem avarias nas chumaceiras, recomenda-se um exame minucioso ao veio de manivelas. Para o efeito, a superfície do veio deve ser meticulosamente verificada quanto a fissuras e manchas produzidas pelo calor, a fim de prevenir a sua rotura.

Para terminar este assunto, deve ainda salientar-se que uma avaria na cabeça de um tirante, é susceptível de gerar uma quantidade de calor capaz de o deformar, pelo que se durante a inspecção, forem detectadas manchas resultantes de sobreaquecimento, este deve ser substituído.

## **OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA MAIS FREQUENTES**

### **SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE AR DOS MOTORES DIESEL**

**Limpeza:**

**ou substituição dos filtros de ar  
compressores de ar dos turbocompressores  
arrefecedores de ar de sobrealimentação  
colectores de admissão e de ar de lavagem  
válvulas, janelas e canais de ar de lavagem**

## **SISTEMAS DE EVACUAÇÃO DE GASES DOS MOTORES DIESEL**

**Limpeza:**

**janelas, canais, condutas e colectores de evacuação  
turbinas a gás dos turbocompressores e de potência  
tubulares das caldeiras recuperativas**

## **SISTEMAS DE COMBUSTÍVEL DOS MOTORES DIESEL**

**Reposição de níveis e purga:**

**tanques de serviço de diesel e fuel**

**Tanques de decantação de fuel**

**Limpeza:**

**/substituição de filtros dos sistemas de alimentação e depuração  
depuradoras (discos e taças) e filtros dos sistemas de trasfega  
aquecedores de combustível**

## **Outras operações:**

**Depuração de diesel e fuel**

**Inspeção e regulação de bombas de injeção**

**teste, regulação e limpeza de injectores**

**Recolha e análise de amostras de combustíveis**

**Tratamento dos combustíveis**

## **SISTEMAS DE LUBRIFICAÇÃO PRINCIPAIS E AUXILIARES**

### **Verificação/reposição de níveis/substituição:**

**óleo circulante dos motores principais e auxiliares**

**óleo de cilindros do MP e dos turbocompressores**

**óleo dos turbocompressores**

**óleo das chumaceiras da linha de veios e da manga**

**óleo dos compressores de ar e das depuradoras**

## **Limpeza:**

**/substituição de filtros de cartão**

**filtros metálicos, magnéticos e filtros (*auto clean*)**

**arrefecedores e aquecedores de óleo lubrificante**

## **Outras operações:**

**depuração de óleo lubrificante**

**recolha e análise de amostras de óleo lubrificante**

# **SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO PRINCIPAIS E AUXILIARES**

## **Verificação/reposição dos níveis/substituição:**

**água dos cilindros do MP e dos motores diesel auxiliares**

**água ou óleo dos êmbolos do MP**

## **Limpeza:**

**filtros de água do mar principais e auxiliares**

**câmaras de refrigeração dos cilindros, êmbolos e arrefecedores**

## **Outras operações:**

**recolha e análise de amostras dos fluidos refrigerantes**

**tratamento dos fluidos refrigerantes**

# **SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO PRINCIPAIS E AUXILIARES**

## **Limpeza:**

**filtros de ar dos compressores  
arrefecedores de ar**

## **Purga de água:**

**arrefecedores de ar  
reservatórios de ar comprimido**

## **Inspeção e teste:**

**compressores de ar  
reservatórios de ar comprimido  
válvulas de segurança dos compressores e reservatórios**

# **CALDEIRA AUXILIAR GÁS TUBULAR COM QUEIMADOR**

## **Limpeza:**

**filtros e queimadores de combustível  
tubular da caldeira (fuligem)  
aquecedor de combustível**

## **Inspeção e teste:**

**tubular  
válvulas de segurança  
dispositivo interruptor de chama**

## **Outras operações:**

**recolha e análise de amostras de água  
tratamento da água**

## **ÓRGÃOS DOS MOTORES DIESEL SUJEITOS A INSPECÇÕES PERIÓDICAS**

**Veios de manivelas (estado e alinhamento)**

**Chumaceiras de impulso e de apoio do veio de manivelas**

**Chumaceiras da cabeça e pé dos tirantes**

**Êmbolos, aros e respectivas caixas de alojamento**

**Hastes dos êmbolos e respectivos bucins**

**Tubos oscilantes, tubos telescópicos e respectivos bucins**

**Sistema de lubrificação independente dos cilindros**

**Cabeças e camisas dos cilindros**

**Válvulas de admissão, evacuação e respectivas folgas**

**Parafusos de aperto em geral e do fixe em particular**

**Tubos de óleo de lubrificação e do óleo hidráulico**

**Tubos de ar comprimido, água e combustível**

**Mecanismos transmissores de movimento**

**Válvulas de segurança dos cilindros e da câmara de manivelas**

**Reguladores de velocidade**

**Viradores**

# **ÓRGÃOS DOS MOTORES DIESEL SUJEITOS A REPARAÇÃO/SUBSTITUIÇÃO**

**Válvulas de admissão e de evacuação (obturador e sede)**

**Camisas dos cilindros, aros e êmbolos (caixas alojamento dos aros)**

**Bucins das hastes dos êmbolos e dos tubos telescópicos**

**Camisas e êmbolos das bombas de injeção de combustível**

**Válvulas de injeção dos injectores de combustível**

**Almofadas das chumaceiras de impulso (linha de veios)**

**Casquilhos das chumaceiras de apoio dos veios de manivelas**

**Casquilhos das chumaceiras da cabeça e do pé dos tirantes (cruzetas)**

**Casquilhos das chumaceiras de apoio dos veios de ressaltos**

**Engrenagens e correntes de distribuição**

**Todos os órgãos em geral, sujeitos a desgaste**

## **OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO EM MOTORES DIESEL - SULZER RTA 58**

**Substituição de válvula de evacuação de cilindro – *Pressão da ferramenta hidráulica das porcas de fixação da válvula: aperto 600 bar; desaperto 620 bar.***

**Fechar a válvula do sistema hidráulico de accionamento**

**Fechar a válvula de água de refrigeração do cilindro**

**Abrir a válvula de drenagem da água de refrigeração do cilindro**

**Desligar o tubo do sistema hidráulico de accionamento do obturador**

**Desapertar os parafusos de fixação da válvula à cabeça do cilindro**

**Içar a a válvula com o aparelho de elevação da ponte rolante**

**Colocar a válvula no suporte que protege o obturador**

**Retirar do suporte a válvula sobressalente**

**Colocar dois anéis de vedação de borracha novos**

**Lubrificar a parte do corpo da válvula que penetra na cabeça do cilindro**

**Montar todos os órgãos por ordem inversa de desmontagem**

**Untar pernos e porcas de fixação da válvula à cabeça com *MOLYKOTE***

## **INSPECÇÃO DA VÁLVULA**

Esta operação é efectuada após a desmontagem e visa determinar se a sede e o obturador podem ser rectificadas ou se têm de ser substituídos. Para o efeito começa-se por interpor dois calços de madeira entre o obturador e a sede da válvula, após o que se procede à sua desmontagem.

Uma vez retirado o obturador do alojamento, inspecciona-se o obturador e a sede, verifica-se se existem depósitos, procede-se à limpeza do interior do corpo da válvula com um escovilhão e medem-se os desgastes respectivos, através de escantilhões apropriados e de um canivete-apalpa folgas.

### **Medição do grau de desgaste:**

**sede – (máximo admissível - 3 mm)**

**obturador – (máximo admissível - 3 mm)**

## **Rectificação da sede:**

**Colocar o corpo da válvula com a sede, no suporte da máquina rectificadora**

**Desbastar a sede com a pedra de esmeril**

**Rectificar a pedra de esmeril com o dispositivo adequado para efectuar o acabamento do vedante**

## **Desbaste na rectificadora:**

**Ângulo de desbaste –  $30^{\circ} + 0/2'$**

**Velocidade de avanço – 7 a 9 rpm**

**Avanço – 3,5 mm/min**

**Penetração – 0,1 mm**

## **Acabamento na rectificadora:**

**Ângulo de desbaste –  $30^{\circ} + 0/2'$**

**Velocidade - 3 a 5 rpm**

**Avanço - 1 mm/min**

**Penetração – 0,03 mm**

## **Rectificação do obturador:**

### **Desbaste na rectificadora:**

**Ângulo de desbaste –  $(30^\circ + 10/12^\circ)$**

**Velocidade – 7 a 9 rpm**

**Avanço – 3,5 mm/min**

**Penetração – 0,1 mm**

### **Acabamento na rectificadora:**

**Ângulo de desbaste  $(30^\circ + 10/12^\circ)$**

**Velocidade – 3 a 5 rpm**

**Avanço – 1 mm/min**

**Penetração – 0,03 mm**