

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA**  
**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA**

**FELIPE DA FONSECA MARTINS**

**CRITÉRIOS DE MANUTENÇÃO A BORDO  
DE UMA EMBARCAÇÃO MERCANTE**

**RIO DE JANEIRO**  
**2020/1**



**FELIPE DA FONSECA MARTINS**

**CRITÉRIOS DE MANUTENÇÃO A BORDO  
DE UMA EMBARCAÇÃO MERCANTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 emendada.

Orientador: Elizabeth Fátima Lourenço Borges

**RIO DE JANEIRO  
2020**



**FELIPE DA FONSECA MARTINS**

**CRITÉRIOS DE MANUTENÇÃO A BORDO  
DE UMA EMBARCAÇÃO MERCANTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 emendada.

Orientador: Elizabeth Fátima Lourenço Borges

Data da Aprovação:\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nota Final:\_\_\_\_\_

---

Assinatura do Orientador

---

Assinatura do Aluno

## RESUMO

A Praça de Máquinas é o coração da embarcação, onde se encontram os principais sistemas operacionais e de geração de energia que viabilizam todos os demais equipamentos a bordo. Portanto, a manutenção destes equipamentos torna-se parte essencial para o alcance das demandas crescentes do mercado marítimo atual.

É notório que a tecnologia caminha junto com o desenvolvimento, e o aumento acelerado do processo produtivo acaba gerando a necessidade de sistemas mecânicos e eletroeletrônicos de última geração e maior grau de complexidade nas embarcações, trazendo junto, elevados níveis de conhecimento em elétrica, eletrônica e automação para as suas manutenções.

Gerenciar corretamente esses modernos meios operacionais exige conhecimento de planejamento e execução, que sejam ao mesmo tempo eficazes e economicamente viáveis.

Equipamentos parados em momentos inoportunos comprometem a produção e podem significar danos ao à vida humana, ao meio ambiente, à embarcação, aos equipamentos portuários, etc. Diante desse cenário, a estrutura de planejamento, programação e controle de manutenção tem um papel importantíssimo.

Como fazer com que a manutenção trabalhe de forma planejada, para que os recursos sejam aplicados de forma correta, garantindo assim a disponibilidade dos equipamentos e conseqüentemente uma maior produtividade?

**Palavras-chave:** Planejamento. Programação. Controle. Manutenção. Produtividade.

## ABSTRACT

*Engine Room is the heart of the vessel, where you can learn about the main operating and power generation systems that make all other equipment on board viable. Therefore, the maintenance of this equipment becomes an essential part of meeting the growing demands of the current maritime market.*

*It is well known that it goes hand in hand with development, and the accelerated increase in the production process ends up generating the need for state-of-the-art mechanical and electronic systems and a greater degree of complexity in vessels, bringing together levels of knowledge in electrical, electronic and automation for your maintenance.*

*Managing these modern operational means correctly requires knowledge of planning and execution, which are both effective and economically viable.*

*Equipment stopped at inopportune moments compromises production and can mean damage to human life, the environment, the vessel, port equipment, etc. Faced with this scenario, a structure of planning, programming and maintenance control plays an extremely important role.*

*How to make maintenance work in a planned way, so that the resources are relative to the correct form, thus guaranteeing the availability of equipment and consequently greater productivity?*

**Keywords:** Responsibility. Regulations. Chief Engineer.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES/FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Praça de Máquinas.
<b>Figura 2:</b>	Manutenção Preventiva.
<b>Figura 3:</b>	Manutenção Preventiva.
<b>Figura 4:</b>	Medição de vibração.
<b>Figura 5:</b>	Medição de vibração.
<b>Figura 6:</b>	Ensaio ultrassonografia.
<b>Figura 7:</b>	Ensaio Endoscopia.
<b>Figura 8:</b>	Termografia em um motor elétrico.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIAGA	Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.
PMS	Sistema de Manutenção Planejada.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12.
1.1. OBJETIVO GERAL.....	12.
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12.
1.3. JUSTIFICATIVA.....	12.
1.4. METODOLOGIA DO TRABALHO.....	13.
1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	13.
1.6. COMO O TRABALHO DE MANUTENÇÃO É FEITO A BORDO DE UM NAVIO.....	13.
1.7. BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO.....	15.
1.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28.



## 1. INTRODUÇÃO

A manutenção em navios é fator relevante levando-se em consideração os custos de execução que vão de 15% a 30% dos bens produzidos, sendo que 1/3 destes custos desperdiçados, resultado da manutenção desnecessária ou inadequada.

Com o desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, tanto os equipamentos das indústrias como os instalados a bordo dos modernos navios se tornaram mais velozes, mais leves, compactos e altamente automatizados, dificultando com isso a relação mecânica entre o homem e a máquina, não possibilitando mais ao operador ou equipe de manutenção verificar através de simples toque ou audição identificar dano ou avaria na operacionalidade do equipamento. Atualmente, são necessários instrumentos apropriados para detectar e medir as vibrações e suas frequências, possibilitado análise e diagnóstico mais precisos da condição de máquinas.

### 1.1. Objetivo Geral

Descrever os principais sistemas de manutenção utilizados bordo das embarcações mercantes.

### 1.2. Objetivo Específico

Analisar os sistemas de manutenção corretiva, preventiva e preditiva.

Ressaltar a importância de cada um destes sistemas de manutenção a bordo.

### 1.3. Justificativa

Para que seja executado em segurança e evite desperdícios os sistemas de manutenção devem ser realizados a bordo dos navios mercantes, especificamente em uma praça de máquinas, onde se faz necessário o conhecimento e o cumprimento de especificações técnicas pertinentes a cada sistema operacional específico.

#### 1.4. Metodologia do trabalho

A ideia básica que irá orientar o presente trabalho tem como objetivo descrever os principais sistemas de manutenção realizados a bordo das embarcações mercantes, por meio de uma pesquisa bibliográfica.

O objetivo central é exaltar a grande importância exercida pela manutenção dos equipamentos a bordo das embarcações mercantes no custo operacional final, além de prover a segurança da tripulação e meio ambiente.

Os dados serão coletados através da leitura, interpretação e análise da bibliografia citada.

#### 1.5. Organização do Trabalho

O trabalho proposto introduz o assunto disponibilizando seus objetivos e justificativos no texto quanto a sua organização.

#### 1.6. Como o trabalho de manutenção é feito a bordo de um navio?

Figura1: Praça de Máquinas.



Fonte: Internet<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Disponível em: < <https://www.marineinsight.com>>. Acesso em 20/10/2020.

Manutenção é o que mantém qualquer equipamento mecânico ou maquinário funcionando. Seja uma máquina pequena ou uma grande estrutura, uma manutenção eficiente pode ajudar com uma vida útil prolongada e um resultado favorável. Em um navio, a manutenção é algo que mantém as máquinas atualizadas e proporciona uma condição de funcionamento suave.

Na Praça de Máquinas de um navio, onde se encontram as máquinas principal e auxiliares da embarcação, a tripulação de máquinas realiza manutenção periódica dos equipamentos para uma operação segura e eficiente

Cada equipamento requer manutenção que deve ser realizada em determinado intervalo regular e de tempo.

Atualmente as embarcações tem operado com tripulação reduzida e o tempo necessário para realizar a manutenção do navio também foi reduzido. A manutenção requer mão de obra e tempo que podem não estar disponíveis o tempo todo, pois o número de tripulantes é menor e a quantidade de máquinas é maior.

Por esse motivo, é importante planejar a manutenção do maquinário com antecedência, para que ele possa ser revisado e mantido adequadamente. Geralmente, um segundo oficial é necessário para planejar o cronograma de manutenção de um navio.

O planejamento eficiente e o uso adequado dos equipamentos são a chave para a manutenção produtiva. Dentre os principais tipos de procedimentos de manutenção seguidos em um navio.

### **1.6.1. Tipos de procedimentos de manutenção**

#### **1.6.1.1. Sistema de manutenção preventiva ou programada**

É conhecido como PMS ou Sistema de Manutenção Planejada. Neste tipo de sistema, a manutenção é realizada de acordo com as horas de funcionamento como 4000 horas, 8000 horas, etc., ou pelos intervalos de calendário, como 6 meses, anuais, etc. da máquina. A manutenção é realizada independentemente do estado da máquina. As peças devem ser substituídas se estiver escrito na programação,

mesmo que ainda possam ser usadas.

#### 1.6.1.2. Manutenção corretiva ou por avaria

Neste sistema, a manutenção é realizada quando a máquina quebra. Esta é a razão pela qual é conhecida como manutenção de avarias. Este não é um método adequado e bom, pois podem ocorrer situações em que o maquinário seja necessário em caso de emergência. A única vantagem desse sistema é que o funcionamento das peças do maquinário é aproveitado em toda a sua vida útil ou até sua quebra. Este sistema pode ficar caro, pois durante a avaria, várias outras peças também podem ser danificadas.

#### 1.6.1.3. Sistema de manutenção de condições

Neste sistema, as peças do maquinário são verificadas regularmente. Com a ajuda de sensores, etc., o estado da máquina é acessado regularmente e a manutenção é feita de acordo. Este sistema requer experiência e conhecimento, pois uma interpretação incorreta pode danificar o maquinário e levar a reparos caros que podem não ser aceitáveis pela empresa.

### 1.7. Benefícios Da Manutenção

Os principais benefícios da manutenção de caráter geral são:

- Segurança melhorada, pois instalações bem mantidas têm menor probabilidade de se comportar de forma imprevisível ou não padronizada, ou até mesmo, falhar totalmente, e as chances de apresentarem riscos para a tripulação são menores.
- Disponibilidade é o percentual de tempo que um equipamento ou instalação ficou à disposição para o desempenho de sua função nominal. É o tempo que o equipamento funcionou em sua plenitude, desconsiderando os períodos em que ficou parado em manutenção ou por qualquer outro motivo.
- Confiabilidade aumentada, porque conduz a: menos tempo perdido com conserto das instalações, menos interrupções das atividades normais de produção, e níveis de serviço mais confiáveis.
- Custos de operação menos elevados. Com a manutenção realizada regularmente

os elementos de tecnologia de processo tem um funcionamento mais eficientemente.

- Aumento da vida útil dos equipamentos através do cuidado regular, limpeza ou lubrificação podem prolongar a vida efetiva das instalações, reduzindo os pequenos problemas na operação, cujo efeito cumulativo causa desgaste ou deterioração.

### 1.7.1. Manutenção Corretiva

Manutenção Corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado.

Ao atuar em um equipamento que apresenta um defeito ou um desempenho diferente do esperado estamos fazendo manutenção corretiva. Assim, a manutenção corretiva não é, necessariamente, a manutenção de emergência.

Convém observar que existem duas condições específicas que levam à manutenção corretiva:

- a) Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais.
- b) Ocorrência de falha. Desse modo, a ação principal na **Manutenção Corretiva é Corrigir ou Restaurar** as condições de funcionamento do equipamento ou sistema.

A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes:

#### 1.7.1.1. Manutenção Corretiva Não Planejada

Manutenção Corretiva Não Planejada é a correção da **FALHA** de maneira **ALEATÓRIA**.

Caracteriza-se pela atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menor que o esperado. Não há tempo para preparação do serviço. Infelizmente ainda é mais praticado do que deveria.

Normalmente a manutenção corretiva não planejada implica altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção.

Além disso, quebras aleatórias podem ter consequências bastante graves para o equipamento, isto é, a extensão dos danos pode ser bem maior. Em plantas industriais de processo contínuo (petróleo, petroquímico, cimento, etc.) estão envolvidas no seu processamento elevadas pressões, temperaturas, vazões, ou seja, a quantidade de energia desenvolvida no processo é considerável. Interromper processamentos desta natureza de forma abrupta para reparar um determinado equipamento compromete a qualidade de outros que vinham operando adequadamente, levando-os a colapsos após a partida ou a uma redução da campanha da planta. Exemplo típico é o surgimento de vibração em grandes máquinas que apresentavam funcionamento suave antes da ocorrência.

#### 1.7.1.2. Manutenção Corretiva Planejada

Manutenção Corretiva Planejada é a correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por DECISÃO GERENCIAL, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra.

Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro do que um trabalho não planejado. É será sempre de melhor qualidade.

A característica principal da manutenção corretiva planejada é função da qualidade da informação fornecida pelo acompanhamento do equipamento.

Mesmo que a decisão gerencial seja de deixar o equipamento funcionar até a quebra, essa é uma decisão conhecida e algum planejamento pode ser feito quando a falha ocorrer. Por exemplo, substituir o equipamento por outro idêntico, ter um “kit” para reparo rápido, preparar o posto de trabalho com dispositivos e facilidades etc.

A adoção de uma política de manutenção corretiva planejada pode advir de vários fatores:

- Possibilidade de compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção.
- Aspectos relacionados com a segurança – a falha não provoca nenhuma situação de risco para o pessoal ou para a instalação.

- Melhor planejamento dos serviços.
- Garantia da existência de sobressalentes, equipamentos e ferramental.
- Existência de recursos humanos com a tecnologia necessária para a execução dos serviços e em quantidade suficiente, que podem, inclusive, serem buscados externamente à organização.

Para exemplificar: quanto maiores forem as implicações da falha na segurança pessoal e operacional, nos custos intrínsecos dela, nos compromissos de entrega da produção, maiores serão as condições de adoção da política de manutenção corretiva planejada.

### 1.7.2. Manutenção Preventiva

Manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em INTERVALOS definidos DE TEMPO, ou seja, como o próprio nome sugere, consiste em um trabalho de prevenção de defeitos que possam originar a parada ou um baixo rendimento dos equipamentos em operação. Deve ser executada, adotando as medidas que visam manter a máquina em funcionamento através de verificações contínuas. Desta forma certas providências devem ser tomadas para impedir a parada imprevista da máquina por dano. E também para evitar o seu desgaste prematuro que poderá comprometer a operação da embarcação.

Estas medidas envolvem um projeto, compra da máquina adequada para o serviço, a fabricação, instalação, amaciamento, testes finais e as especificações para operação e manutenção.

Nos casos onde os equipamentos ficarão como sobressalentes deve-se fazer um armazenamento de acordo com os seus sistemas e suas localidades.

**Figura 2:** Manutenção Preventiva.



Fonte: Internet<sup>2</sup>

E nos casos em que a máquina não seja nova, a limpeza destas deve ser realizada para evitar que as camadas protetoras sejam removidas com o tempo.

Cada máquina possuiu sua durabilidade e eficiência variada de acordo com as especificações do fabricante, portanto a manutenção preventiva também irá variar. Porém algumas regras de caráter geral podem ser aplicadas às máquinas, tais como:

- Ler sempre o manual da máquina em questão e certificar-se de que o funcionamento e a finalidade de todos os botões, alavancas e manivelas, foram compreendidos pelo operador.
- Quanto ao operador deve-se submetê-lo a um treinamento durante as primeiras operações com as máquinas, para que ele futuramente possa manuseá-la adequadamente e para que desta forma assegure uma máxima produtividade com um desgaste mínimo das máquinas;
- O operador deve estar familiarizado e apto a fazer a leitura e interpretação dos dispositivos de controle do painel, como também na identificação de outros sintomas de defeitos da máquina, como ruídos estranhos, vazamento e trincas;
- Observar os tipos de materiais e seus limites de resistência e verificar se estes

---

<sup>2</sup> Disponível em: < <https://clickpetroleogas.com.br>>. Acesso em 20/10/2020.



estão dentro dos padrões especificados no manual de cada máquina. Fazendo com que desta forma, o desgaste da máquina seja retardado e a sua durabilidade seja aumentada;

- Aquecer a máquina e assegurar o balanceamento térmico antes de aplicar carga ou alta rotação, para que todos os componentes cheguem à temperatura normal de funcionamento. O aquecimento deve ser feito na ocasião de parada dos motores. Nos casos em que as condições climáticas são de baixas temperaturas, deve-se então utilizar resistências nos motores para aquecer o óleo lubrificante e consequentemente evitar que este se torne pastoso;
- Certificar que a máquina está devidamente abastecida com todos fluídos antes de dar partida;
- Permitir que os lubrificantes cheguem às partes em movimento antes que sejam atingidas velocidades maiores durante a partida - pré-lubrificação - pois em caso contrário, provocará um início de desgaste nas partes metálicas internas das máquinas.
- Certificar que todos os comandos estão funcionando antes de pôr a máquina em movimento;
- Obedecer sempre às recomendações do fabricante, sobre a maneira de amaciar a máquina.

Em princípio, o amaciamento deve ser feito com carga reduzida, mas, às vezes, a recomendação é contrária. Um caso é aquele no qual os motores com camisas duras e anéis de pistão cromados, devem ser amaciados com carga e plena rotação, caso contrário os anéis não se assentarão;

- Controlar o devido abastecimento da máquina, tanto a respeito da quantidade, como sobre a qualidade dos fluídos. No caso de um refrigerante sujo, este provocará depósitos nas paredes das câmaras do refrigerante. Tratando-se de quantidade insuficiente de refrigerante, este provocará superaquecimento.

Adicionando-se refrigerante num motor quente, este provocará trincas do cabeçote.

E a falta de óleo combustível num tanque do motor diesel, poderá provocar falhas dos injetores, além da necessidade de retirar o ar.

- Evitar vibrações, porque conduzem às peças componentes, esforços muito superiores aos calculados pelo projetista. Não se deve sobrecarregar a máquina, nem arrancar ou parar bruscamente, e não deve usar grande velocidade quando não for absolutamente necessário;
- Manter a máquina limpa, pois a sujeira não permite notar, por exemplo: vazamento de óleo, água, trincas, corrosões ou mesmo parafusos quebrados.

### 1.7.3. Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de CONDIÇÃO ou DESEMPENHO, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática, ou seja, é aquela manutenção que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se de um processo que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. Assim, atua-se com base na modificação de parâmetro de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. A manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos.

Quando é necessária a intervenção da manutenção no equipamento, a empresa estará realizando uma manutenção corretiva planejada.

Os objetivos da manutenção preditiva são:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;

- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção. Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade. Para ser executada, a manutenção preditiva exige a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos vibrações das máquinas; pressão; temperatura; desempenho; e aceleração. Com base no conhecimento e análise dos fenômenos,

Torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos.

A manutenção preditiva, após a análise dos fenômenos, adota dois procedimentos para atacar os problemas detectados:

Estabelece um diagnóstico e efetua uma análise de tendências. No diagnóstico, detectada a irregularidade, o responsável terá o encargo de estabelecer, na medida do possível, um diagnóstico referente à origem e à gravidade do defeito constatado. Este diagnóstico deve ser feito antes de se programar o reparo.

Já a análise da tendência da falha consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra, por meio de aparelhos que exercem vigilância constante predizendo a necessidade do reparo. Geralmente, adotam-se vários métodos de investigação para poder intervir nas máquinas e equipamentos. Entre os vários métodos destacam-se os seguintes: estudo das vibrações; análise dos óleos; análise do estado das superfícies e análises estruturais de peças.

#### 1.7.3.1. Estudo das vibrações

Todas as máquinas em funcionamento produzem vibrações que, aos poucos, levam-nas a um processo de deterioração. Isso é caracterizado por uma

modificação da distribuição de energia vibratória pelo conjunto dos elementos que constituem a máquina. Observando a evolução do nível de vibrações, é possível obter informações sobre o estado da máquina.

**Figura 3:** Manutenção Preventiva.



Fonte: Internet<sup>3</sup>

O princípio de análise das vibrações baseia-se na ideia de que as estruturas das máquinas alteradas pelos esforços dinâmicos (ação de forças) dão sinais vibratórios, cuja frequência é igual à frequência dos agentes excitadores. Se captadores de vibrações forem colocados em pontos definidos da máquina, eles captarão as vibrações recebidas por toda a estrutura. O registro das vibrações e sua análise permitem identificar a origem dos esforços presentes em uma máquina em funcionamento. Por meio da medição e análise das vibrações de uma máquina em serviço normal de produção detecta-se, com antecipação, a presença de falhas que devem ser corrigidas: rolamentos deteriorados, engrenagens defeituosas, acoplamentos desalinhados, rotores desbalanceados, vínculos desajustados, eixos deformados, lubrificação deficiente, folga excessiva em buchas, falta de rigidez, problemas aerodinâmicos, problemas hidráulicos e cavitação. O aparelho empregado para a análise de vibrações é conhecido como analisador de vibrações.

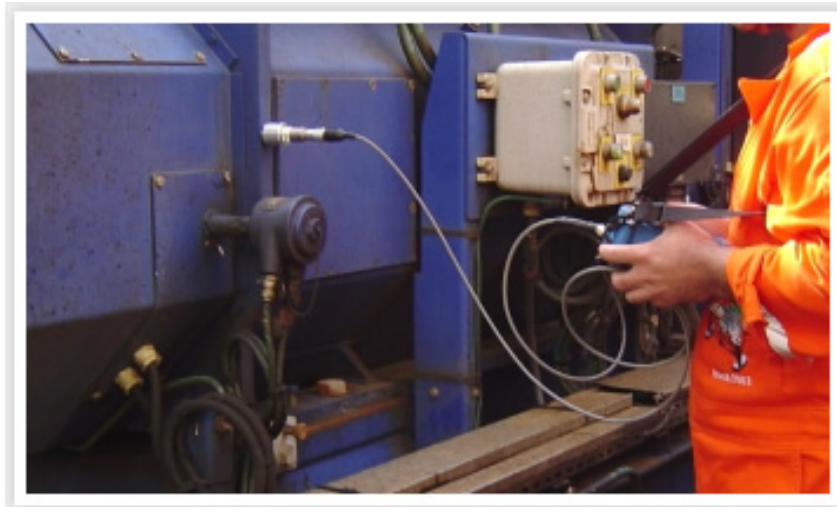
No mercado há vários modelos de analisadores de vibrações, dos mais simples aos mais complexos; dos portáteis que podem ser transportados manualmente de um lado para outro até aqueles que são instalados definitivamente

---

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br>. Acesso em 20/10/2020.

nas máquinas com a missão de executar monitoração constante.

**Figura 4:** Medição de vibração.



Fonte: Internet<sup>4</sup>

#### 1.7.3.2. Análise de óleos

Seus objetivos são dois: economizar lubrificantes e sanar os defeitos.

Os modernos equipamentos permitem análises exatas e rápidas dos óleos utilizados em máquinas. É por meio das análises que o serviço de manutenção pode determinar o momento adequado para sua troca ou renovação, tanto em componentes mecânicos quanto hidráulicos.

A economia é obtida regulando-se o grau de degradação ou de contaminação dos óleos. Essa regulagem permite a otimização dos intervalos das trocas. A análise dos óleos permite, também, identificar os primeiros sintomas de desgaste de um componente. A identificação é feita a partir do estudo das partículas sólidas que ficam misturadas com os óleos.

**Figura 5:** Medição de vibração.

---

<sup>4</sup>Disponível em: <<http://www.zematra-marine.com>>. Acesso em 19/10/2020.



Fonte: Internet <sup>5</sup>

Tais partículas sólidas são geradas pelo atrito dinâmico entre peças em contato. A análise dos óleos é feita por meio de técnicas laboratoriais que envolvem vidrarias, reagentes, instrumentos e equipamentos. Entre os instrumentos e equipamentos utilizados temos viscosímetros, centrífugas, fotômetros de chama, espectrômetros, microscópios, etc.

O laboratorista, usando técnicas adequadas, determina as propriedades dos óleos e o grau de seus contaminantes.

As principais propriedades dos óleos que interessam em uma análise são:

índice de viscosidade, índice de acidez, índice de alcalinidade, ponto de fulgor e ponto de congelamento. Em termos de contaminação dos óleos, interessa saber quanto existe de: resíduos de carbono, partículas metálicas e água. Assim como no estudo das vibrações, a análise dos óleos é muito importante na manutenção preditiva. É a análise que vai dizer se o óleo de uma máquina ou equipamento precisa ou não ser substituído e quando isso deverá ser feito.

### 1.7.3.3. Análise do estado das superfícies

Ao analisar as superfícies das peças, sujeitas aos desgastes provocados

---

<sup>5</sup> Disponível em: < <https://www.solucoesindustriais.com.br>>. Acesso em 20/10/2020.



pelo atrito, pode-se controlar o grau de deterioração das máquinas e equipamentos. A análise superficial abrange, além do simples exame visual - com ou sem lupa - várias técnicas analíticas: endoscopia, holografia e molde e impressão.

#### 1.7.3.4. Análise estrutural

É por meio da análise estrutural que se detecta, por exemplo, a fissuras, trincas e bolhas nas peças das máquinas e equipamentos. Em uniões soldadas, a análise estrutural é de extrema importância. As técnicas utilizadas na análise estrutural são: interferometria holográfica, ultrassonografia, radiografia, gamagrafia (raios gama) e periodicamente por um técnico que utiliza sistemas portáteis de monitoramento.

As informações recolhidas são registradas numa ficha, possibilitando ao responsável pela manutenção preditiva.

**Figura 6:** Ensaio ultrassonografia.



Fonte: Internet<sup>6</sup>

A periodicidade dos controles é determinada de acordo com os seguintes fatores: número de máquinas a serem controladas, número de pontos de medição estabelecidos, duração da utilização dos mecanismos instalados e meios materiais colocados à disposição para a execução dos serviços.

**Figura 7:** Ensaio Endoscopia

---

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br>>. Acesso em 20/10/2020.



Fonte: Internet<sup>7</sup>

#### 1.7.3.5. Análise termográfica

É uma técnica que permite medir a temperatura superficial de diferentes materiais através dos raios infravermelhos emitidos, seu uso permite observar padrões diferenciais de distribuição de calor, sem contato físico com as partes inspecionadas. Através dessa tecnologia é possível detectar, em estágio inicial, processos de defeito ou falha gerados por anomalias térmicas em um determinado componente, antes que ocorra deficiência ou mesmo interrupção de seu funcionamento, em equipamentos elétricos, mecânicos e instalações industriais em geral. A análise das informações da inspeção termográfica permite ao departamento de manutenção minimizar o tempo de parada de máquinas, reduzir custos, obter proteção adequada de equipamentos valiosos, evitar perda de produção devido à interrupção imprevista, garantir a segurança das pessoas e instalações.

A inspeção termográfica quando utilizada em equipamentos mecânicos permite identificar problemas causados pelo atrito entre peças devido à lubrificação deficiente ou inadequada, desalinhamento de eixos pelo aquecimento nos dispositivos de acoplamento, sistemas de refrigeração defeituosos ou mal projetados.

**Figura 8:** Termografia em um motor elétrico.

---

<sup>7</sup> Disponível em: < <https://www.solucoesindustriais.com.br> >. Acesso em 20/10/2020





Fonte: Internet<sup>8</sup>

Assim, com a análise termográfica, componentes como compressores, mancais, sistemas de transmissão por correia/polias, podem ser convenientemente monitorado

#### 1.7.3.6. Manutenção Detectiva

A Manutenção Detectiva começou a ser mencionada na literatura a partir da década de 90. Sua denominação Detectiva está ligada à palavra detectar – em inglês *Detective Maintenance*. Pode ser definida da seguinte forma:

- Manutenção Detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar FALHAS OCULTAS ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

Desse modo, tarefas executadas para verificar se um sistema de proteção ainda está funcionando representam a Manutenção Detectiva. Um exemplo simples e objetivo é o botão de teste de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis.

A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade.

---

<sup>8</sup> Disponível em: < <https://www.solucoesindustriais.com.br>>. Acesso em 19/10/2020

Em sistemas complexos essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação.

É cada vez maior a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais.

Enquanto a escolha deste ou daquele sistema ou de determinados tipos de componentes é discutida pelos especialistas com um enfoque centrado basicamente na confiabilidade, é importante que estejam bastante claras as seguintes particularidades:

- Os sistemas de *trip* ou *shut-down* são a última barreira entre a integridade e a falha.
- Esses sistemas são projetados para atuar automaticamente na iminência de desvios que possam comprometer as máquinas, a produção, a segurança no seu aspecto global ou o meio ambiente.
- Os componentes dos sistemas de *trip* ou *shut-down*, como qualquer componente, também apresentam falhas.
- As falhas desses componentes e, em última análise, do sistema de proteção, podem acarretar dois problemas:
  - Não atuação.
  - Atuação indevida.

A não atuação de um sistema de *trip* ou *shut-down* é algo que jamais passa despercebido. É evidente que existem situações onde é possível contornar ou fazer um acompanhamento, mas em outras isso é definitivamente impossível.

O *trip* por alta vibração em máquinas rotativas pode deixar de atuar, desde que haja um acompanhamento paralelo e contínuo do equipamento pela equipe de manutenção. Na maior parte dos casos ocorre uma progressão no nível de vibração que permite um acompanhamento. Entretanto, o aumento na temperatura de mancal pode ser muito rápido, ou seja, se o sistema não atuar comandando a parada da

máquina, as consequências podem ser desastrosas.

A atuação indevida de um sistema de *trip* ocasiona, obviamente, a parada do equipamento e, conseqüentemente, a cessação da produção, na maioria dos casos.

O que se segue, imediatamente à ocorrência (indevida) do *trip* é um estado de ansiedade generalizada para entender a ocorrência. Isso normalmente leva algum tempo, pois vários *checks* devem ser feitos. O ideal seria não colocar uma máquina, um sistema ou uma unidade para operar sem que as razões que levaram à ocorrência do *trip* sejam descobertas e/ou confirmadas.

Em resumo, se a confiabilidade do sistema não é alta, teremos um problema

de disponibilidade a ele associado, traduzindo por excessivo número de paradas, não cumprimento da campanha programada e outros.

Fica evidente que a mudança do status quo é ter o domínio da situação. Essa

modificação é obtida com a Manutenção Detectiva. Na Manutenção Detectiva especialistas fazem verificações no sistema, sem tirá-lo de operação, são capazes de detectar falhas ocultas, e preferencialmente podem corrigir a situação, mantendo o sistema operando.

## 1.8. Bibliografia.

- PIAZZA, Gilberto. **Introdução à Engenharia de Confiabilidade**. Caxias do Sul: Educs, Editora. 2000.
- SEIXAS, Eduardo de Santana. **Confiabilidade aplicada na manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark. Editora Ltda. 1 ed. 2000.
- KARDEC, Alan; Nascif, Julio. **Manutenção: Função Estrategica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda. 2001.

- D. HOUSE. **Dry Docking and Shipboard Maintenance** - A Guide For Industry, Routledge, 2016.
- D. BUTLER. **Guide to Ship Repair Estimates** (In Man Hour), 1ª Ed, Butterworth Heinemann, 2000.