

Dedico este trabalho ao meu grande mestre Salustiano, que me orientou, a minha amada família, esposa e filha, que sempre me deram suporte em todas as minhas empreitadas e ao Grande Arquiteto do Universo por iluminar sempre o meu caminho expurgando todas as minhas dúvidas. Com esta base sólida e indestrutível consegui condensar teorias e ideias e homogeneizá-las com experiências de trabalho. O professor, além dos conceitos da ciência, também contribuiu na minha formação, acrescentando lições de vida a serem seguidos por todos. Dedico este trabalho a eles não só por contribuir na minha formação como Primeiro Oficial de Máquinas, mas também por contribuir na formação de uma pessoa melhor. A todos estarei eternamente grato.

AGRADECIMENTOS

Agradeço do fundo do meu coração a minha esposa Joyce, que tanto me apoiou em todas as dificuldades em minha trajetória durante o curso e que além de tudo sempre foi a minha melhor amiga, sempre com um bom conselho, um abraço ou mesmo uma palavra de conforto, sempre me dando o amor necessário para continuar lutando. Ao meu pai Valadão e minha Mãe Glória que sempre torceram e me apoiaram ao longo dessa árdua jornada. A uma pessoa que está diretamente ligada ao meu sucesso, minha filha Beatriz, que eu amo tanto, tudo o que eu faço é por e para voce. À Diretoria do curso da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante pelo apoio institucional e pelas facilidades oferecidas. E, finalmente o mais importante ao Grande Arquiteto do Universo, que com certeza sem ele não eu não teria conseguido.

RESUMO

Esta condensação de idéias busca analisar métodos, critérios e funções da manutenção eletrônica a bordo de navios que caracterizam mais eficiência no controle de circuitos e de dispositivos eletrônicos. Com o passar do tempo, o domínio dos conhecimentos da manutenção eletrônica tornou-se indispensável para a melhoria e o rendimento operacional dos equipamentos a bordo. É sugestivo então dominar este assunto, a fim de possuir o conhecimento técnico necessário exigido pela profissão de Primeiro Oficial de Máquinas sempre procurando aperfeiçoar o sistema de manutenção para atender as atuais necessidades.

Este trabalho busca citar detalhes específicos bem como critérios para a realização das manutenções preventiva, corretiva e preditiva. A pesquisa busca também traçar um paralelo com as definições dessas manutenções e determinadas teorias com as aplicações práticas voltadas para navio, buscando contextualizar sempre com a atual marinha mercante.

Outra característica a ser mencionada aqui é o estabelecimento da função da manutenção eletroeletrônica a bordo e suas aplicações tais como também estratégias específicas de manutenção para melhor rendimento operacional a bordo.

Palavras- chaves: *manutenção, critério, estratégia*

ABSTRACT

This work searches to analyze methods, criteria and functions of the electronic maintenance on board ships that characterize more efficiency in the control of circuits and electronic devices. With passing of the time, the domain of the knowledge of the electronic maintenance on board became indispensable for the improvement and the operational income of the equipment. It is suggestive then to dominate this subject, in order to always possess the knowledge necessary technician demanded by the profession of the Officer Engineer looking for to perfect the maintenance system to take care of the current necessities..

This work searches to cite specific details as well as criteria for the accomplishment of the preventive maintenances, corrective and predictive. The research also searches to trace a parallel with the definitions of these maintenances and determined theories with the practical applications directed toward ship, searching to always describe the maintenance with the current merchant marine.

Another characteristic to be mentioned here is the function of the electronic maintenance on board and its applications such as well as specific strategies of maintenance for better operational income on board.

Key Words: *maintenance, criterion, strategy*

**“Obstáculos são aquelas coisas medonhas que vemos
quando tiramos os olhos de nosso objetivo”.**

(Henry Ford)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	08
Situação Problema	10
CAPÍTULO I – TIPOS DE MANUTENÇÃO	14
1.1 Manutenção Preventiva	14
1.1.1 Método para priorização de equipamentos em manutenção preventiva.....	15
1.1.2 Métodos para elaboração de roteiros de manutenção preventiva	16
1.1.3 Estabelecimento da periodicidade da manutenção preventiva.....	19
1.2 Manutenção Corretiva	23
1.2.1 Critérios a serem observados para a rotina de manutenção corretiva.....	25
1.3 Manutenção Preditiva.....	28
CAPÍTULO II – CRITÉRIOS NA MANUTENÇÃO ELETRÔNICA.....	32
2.1 Características do oficial para o serviço de manutenção.....	32
2.2 Qualificação	33
2.3 Atenção quanto a poeira	33
2.4 A deterioração.....	34
2.5 Circuito elétrico	36
2.6 Os Manuais	36
CAPÍTULO III – METODOLOGIA DA MANUTENÇÃO ELETRÔNICA E A SUA FUNÇÃO A BORDO	38
3.1 Confiabilidade e manutenção	39
3.2 Variáveis e processos aleatórios em manutenção	40
3.3 Exploração de processos aleatórios em manutenção.....	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	43

ANEXO I.....	45
ANEXO II	46
ANEXO III.....	47
ANEXO IV	48
ANEXO V	49
ANEXO VI.....	50
ANEXO VII.....	51
ANEXO VIII	52
ANEXO IX.....	53
ANEXO X	54
ANEXO XI.....	55
ANEXO XII.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
SITES DE REFERÊNCIA	60

INTRODUÇÃO

Nos países do primeiro mundo, notadamente nos Estados Unidos, é bastante nítida a preocupação, que todos têm, em situar suas companhias de navegação no 1º quartil, ou seja, entre as empresas excelentes ou melhores do mundo. Em consequência a área de manutenção dessas empresas procura também a excelência. Não há empresa excelente sem que os seus diversos segmentos também não o sejam.

Apoiados nessa necessidade, a manutenção nas empresas norte americanas buscam a melhoria de modo constante utilizando, simplesmente, as melhores práticas que são conhecidas por todos nós. Mas, apesar de conhecermos todas essas melhores práticas, verificamos que poucas empresas podem considerar sua manutenção como classe prioritária. Não é exagero afirmar que no Brasil, os oficiais mercantes são dependentes de uma cultura que os leve a realizar a manutenção eletroeletrônica, que está a seu alcance. As objeções são muitas e como consequência temos o seguinte jargão: *“Ninguém mexe, deixa para o pessoal de terra fazer a manutenção!”*.

As empresas de navegação, principalmente as americanas que obtêm excelentes resultados na área de manutenção eletroeletrônica de seus navios, oferece condições, atualização e treinamento de seus oficiais mercantes. Conseqüentemente existe a possibilidade da realização de algumas providências de manutenção preventiva, preditiva e corretiva. No entanto, quando se trata de navios de outras bandeiras é possível que alguns oficiais mercantes conhecem e fazem, outros conhecem e não fazem.

Alguns autores como Motta(1999) e Moubray(1996) assinalam que é possível que a grande dificuldade de conscientizar as empresas de navegação no investimento do profissional mercante voltado para manutenção, seja justificado perante as seguintes características:

- Alta taxa de retrabalho
- Falta de pessoal qualificado

- Convivência com problemas crônicos
- Falta de sobressalentes no estoque
- Número elevado de serviços não previstos
- Baixo rendimento operacional
- Histórico de manutenção inexistente ou não confiável.
- Falta de planejamento prévio
- Abuso de "gambiarras"
- Horas Extras em profusão
- Total falta de tempo para qualquer coisa

Essas características podem estar todas presentes na manutenção a bordo dos navios de uma determinada empresa e, nesse caso, a situação merece uma melhoria global. É possível que em outras empresas, haja ocorrência de algumas dessas características no entanto elas não serão o bastante para prejudicar os resultados.

São principais conseqüências da falta de preparo do pessoal responsável pela manutenção são:

- Moral do grupo sempre em baixa
- Não cumprimento de prazos
- Elevado número de equipamentos abertos (em manutenção)
- Disponibilidade baixa
- Perda de rendimento por problemas de equipamentos
- Manutenção predominantemente corretiva não planejada
- Não se mede, não se estuda, não se planeja

Como a manutenção é uma função estratégica dentro da organização, o seu desempenho afeta, diretamente, o desempenho do navio. Logo, qualquer medida que implique em mudança rumo a melhoria deve ter ponto de partida na gerência. A sustentação desse movimento será obtida pelo(a):

- a) **Empenho da gerência** - Isso deve ser visível para toda a tripulação e não somente para a manutenção;

b) **Participação de todos** - Nenhum programa pode ter sucesso sem isso.

c) **Obtenção de melhorias** - À medida que as melhorias começam a aparecer, atuam como impulsionadoras e motivadoras da mudança.

d) **Lucro com os resultados** - Os lucros com resultados podem ser traduzidos por uma grande variedade de benefícios que passam pela permanência da companhia no mercado da marinha mercante, manutenção do emprego, redução de chamadas em horários de descanso, maneira mais ordenada de realizar o serviço etc

É muito comum encontrar uma aplicação maior do que a necessária nos recursos na manutenção. Serviços desnecessários consomem boa parte desses recursos e entre esses podemos citar: excesso de manutenção preventiva, problemas de qualidade de mão de obra que geram repetição de serviços e maior tempo na execução dos serviços, problemas tecnológicos e problemas crônicos, dentre outros.

A crescente complexidade das plantas a bordo aliada à necessidade de melhores índices vem exigindo uma reformulação nos conceitos antigos de especialização e habilidades da mão de obra. Atividades que eram feitas por uma especialidade passaram a ser executadas, também, por outras especialidades, com a mesma qualidade e, sempre em nome da qualidade e rapidez do serviço.

Devido ao fato de ainda hoje ser observado que este assunto não tem recebido a atenção necessária a bordo dos navios (o que influi no rendimento), este tema foi escolhido com interesse de aprimorar determinados conhecimentos relativos à manutenção eletroeletrônica dos equipamentos encontrados a bordo visando o crescimento profissional do oficial mercante e o conseqüente engrandecimento da marinha mercante brasileira.

Situação problema

O que tem acontecido, na realidade, em relação à manutenção de equipamentos eletroeletrônicos, de um modo geral, a bordo dos navios?

O que se observa é uma diferença entre os cuidados tomados com o equipamento elétrico e aqueles dispensados às máquinas em geral. O primeiro normalmente recebe menos atenção. As máquinas são limpas e polidas, lubrificadas e ajustadas regularmente sem que se pense em poupar o trabalho dispensado a este serviço. O equipamento elétrico, porém, mesmo quando parte de uma máquina, que seria incapaz de funcionar sem ele, recebe no máximo uma limpeza superficial por semana: sua manutenção não vai além disso.

O motivo disso baseia-se em duas razões claras. Em primeiro lugar, há a explicação psicológica, de que é sempre maior o interesse pelos objetos em movimento que pelos inanimados. A outra razão é que as máquinas avisam quando há algo errado, produzido rangidos, batidas ou ruídos estridentes, ou então, aquecendo-se. Nos aparelhos eletrônicos as falhas iminentes não são em geral perceptíveis através de um simples exame visual, e geralmente só podem ser constatadas apenas através de uma inspeção bem mais minuciosa com instrumentos específicos ou então através de LED's sinalizadores de defeito.

Examinemos mais de perto estes fatores a fim de verificar a possibilidade de encontrar uma solução satisfatória para a manutenção de equipamentos eletrônicos.

O equipamento eletrônico está blindado e o que se pode ver são apenas alguns botões ou alavancas de comando com medidores. Do exterior nada se pode ver da enorme atividade que se desenrola no interior: correntes alternadas são convertidas em contínuas, dados observados por fotocélulas, correntes, tensões, rotações e temperaturas controladas. Tudo isso e muito mais pode ter lugar em apenas uma unidade, sem qualquer sinal do que está acontecendo, exceto talvez o ligeiro movimento do ponteiro de um medidor ou o piscar de um LED. O equipamento eletrônico desempenha seu trabalho rápida e precisamente, mas de forma absolutamente silenciosa. O monitoramento de anomalias pode ser feito geralmente somente através de sensores e controles através de terminais de vídeo ligados a uma CPU.

Esta diferença entre aparelhos mecânicos e eletrônicos influi na atenção que recebem. Como já mencionado, as máquinas recebem cuidados ao mais insignificante ruído; algumas peças são lubrificadas a cada duas horas, outras diariamente ou ainda semanalmente.

A atenção dispensada ao aparelhamento elétrico está diretamente relacionada com o local onde se encontra. Em geral acha-se o mesmo em algum canto ou espaço vazio, fora das vistas, pois sempre é possível o controle remoto. Isto, por si só, contribui para que não lhe seja dispensada muita atenção. O cuidado que recebe limita-se então à proteção contra danos causados por transeuntes ou objetos pesados e isto é feito, de preferência, localizando-o num canto de difícil acesso.

Outro problema a ser analisado são os altos gastos realizados com a manutenção dos equipamentos eletrônicos de bordo. Os custos de manutenção correspondem à parte principal dos custos operacionais totais de todas as plantas do navio. Dependendo da embarcação, os custos de manutenção podem representar entre 15% a 30% do custo dos bens produzidos.

Recentes pesquisas da efetividade da gerência da manutenção indicam que um terço de todos os custos de manutenção é desperdiçado como resultado de manutenção desnecessária ou inadequadamente realizada. Quando se considera que a frota mercante americana gasta bilhões de dólares todo ano com manutenção de equipamentos de navios e instalações, o impacto sobre o rendimento e o lucro que é representado pela operação de manutenção se torna claro.

Segundo Xavier (1998), engenheiro mecânico e diretor da TECEM, em seu livro *Manutenção – Função Estratégica*, “o resultado da gerência ineficaz da manutenção representa uma perda de mais de 60 bilhões de dólares todo ano”. Talvez o mais importante é o fato de que nossa gerência ineficaz da manutenção tem um impacto dramático sobre nossa habilidade de sermos competitivos no mercado mundial. A perda do rendimento, que resulta da gerência inadequada da manutenção tem tido um impacto dramático sobre nossa condição de competir com outros países que têm implementado filosofias mais avançadas de gerência de manutenção.

A razão dominante para esta gerência ineficaz é a falta de dados fatuais, que quantifiquem a real necessidade de reparo ou manutenção de equipamentos e sistemas da planta do navio. O cronograma de manutenção tem sido, e em muitos casos é, previsto em dados de tendência estatística ou na falha real de equipamentos da planta da embarcação.

Até recentemente, a gerência de nível médio e corporativo tinha ignorado o impacto da operação da manutenção sobre o rendimento geral da embarcação, custos de viagens e, mais importante, no lucro básico. A opinião geral tem sido de que “Manutenção é um mal necessário”, ou “Nada pode ser feito para melhorar os custos de manutenção”. Talvez estas fossem declarações verdadeiras 10 ou 20 anos atrás.

Entretanto, o desenvolvimento do microprocessador e outros instrumentos baseados em computador usados para monitorar a condição operativa de equipamentos eletrônicos e de sistemas, têm oferecido meios para se gerenciar a operação da manutenção. Eles têm capacitado o pessoal a reduzir ou eliminar reparos desnecessários, evitar falhas catastróficas do equipamento, e reduzir o impacto negativo da operação da manutenção sobre o rendimento das plantas de operação do navio.

Logo o objetivo deste trabalho é apresentar os principais tipos de manutenção que podem ser realizadas nas placas eletroeletrônicas a bordo dos navios mercantes, observando as seguintes características:

- (i) revisar brevemente conceitos sobre confiabilidade aplicada à manutenção; e
- (ii) discutir teoricamente às estratégias usuais de manutenção. Algumas fundamentações teóricas empregadas:
- (iii) gestão estratégica em Certo e Peter (1993);
- (iv) estratégias de manutenção em Higgins (2001, seção 2);
- (v) análise de Weibull e intervalo ótimo de intervenção em Sellitto; Borchardt e Araújo (2002); e
- (vi) alocação de confiabilidade em Elsayed (1996).

CAPÍTULO I

TIPOS DE MANUTENÇÃO

As manutenções eletroeletrônicas realizadas em navios podem ser classificadas nos seguintes tipos:

- 1) Manutenção Preventiva
- 2) Manutenção Corretiva
- 3) Manutenção Preditiva

O tipo de manutenção usada em cada navio pode influenciar decisivamente na diferença entre um navio que apresenta pouco rendimento operacional e um navio que rende bem. A diferença vai depender única e exclusivamente da habilidade e experiência dos oficiais a bordo e da gerencia do navio com relação à manutenção.

1.1 Manutenção preventiva

Antes de começar este subcapítulo, é importante salientar que um Programa de Manutenção Preventiva (MP) somente deve ser iniciado após o grupo de manutenção adquirir alguma experiência em manutenção corretiva. Embora a manutenção preventiva seja necessária para ampliar a vida útil do equipamento com a conseqüente redução dos custos e aumento da sua segurança e desempenho, a limitação de recursos materiais, humanos e financeiros nem sempre favorecem a sua priorização. Uma metodologia simples, em que são utilizados alguns critérios para seleção de equipamentos (priorização), necessariamente deve fazer parte de um programa de manutenção preventiva.

1.1.1 Método para priorização de equipamentos em manutenção preventiva

Para a implementação da metodologia de priorização de equipamentos para o programa de manutenção preventiva as informações necessárias são:

- *identificação do equipamento*: nome do equipamento, marca, modelo e idade (se possível);
- *local* ou setor a que o equipamento pertence;
- *estado do equipamento*: se em operação ou desativado;
- *grau de utilização do equipamento*: sua importância para a operação do navio (serviços essenciais);
- *obsolescência tecnológica*: se o equipamento satisfaz as atuais necessidades para o bom funcionamento operacional do navio.

Uma vez feito o levantamento inicial dos equipamentos, pode-se iniciar a priorização através da utilização dos seguintes critérios:

- a) *risco*: equipamentos que apresentam alto risco à vida operador em caso de falha;
- b) *importância estratégica*: equipamentos cuja manutenção preventiva foi solicitada pela própria administração da empresa, equipamentos cuja paralisação atrasa operação no navio, e equipamentos de reserva e/ou que possuem alto grau de utilização, ou seja, cuja paralisação impossibilita ou dificulta a realização de um ou mais serviços oferecidos.
- c) *recomendação*: equipamentos sujeitos a algum tipo de norma de fiscalização por parte das auditorias para seu funcionamento; equipamentos sujeitos a recomendações dos seus fabricantes, ou seja, que possuem peças de vida útil predeterminada ou que devem sofrer procedimentos de rotina.

Devem ser incluídos em um programa de manutenção preventiva entre outros os seguintes equipamentos de apoio:

- caldeira
- compressores
- conjunto de bombas de recalque
- equipamento de ar condicionado e refrigeração
- painéis elétricos que contenham contadores e relés
- grupo gerador (emergência)
- disjuntores de alta tensão
- bombas de vácuo
- autoclaves
- transformadores

1.1.2 Métodos para elaboração de roteiros de manutenção preventiva

Um dos problemas mais sérios enfrentados encontrados a bordo é a falta de um roteiro do próprio fabricante do equipamento para a execução da manutenção preventiva, o que dificulta muito o trabalho dos tripulantes, que, além de executar a MP, deve também elaborar roteiros de MP e avaliar o nível e a periodicidade de ocorrência de MP.

A implementação do programa de manutenção preventiva pode ser feita através do controle rigoroso das datas e horários para a MP de cada equipamento incluído no programa, o conhecimento dos tripulantes responsáveis pelo serviço onde o equipamento está sendo utilizado, o estabelecimento de um roteiro detalhado com todos os procedimentos a serem realizados, a lista das ferramentas, equipamentos para teste e material de consumo necessários. A implementação de um programa de manutenção preventiva deve sempre ser discutida e aprovada conjuntamente com o comandante do navio. Deve ser um processo dinâmico, que está sempre se auto-corrigindo e se ajustando para satisfazer às necessidades da operação do navio.

O conteúdo dos procedimentos de MP deve ser o mais completo possível para garantir que a inspeção seja feita da mesma maneira todas as vezes, assegurando um nível mínimo de inspeção adequada. Por isso, os roteiros de manutenção preventiva não devem ser muito

superficiais, com instruções do tipo “verifique e limpe a unidade”. Por outro lado, as explicações dos roteiros não precisam ser tão detalhadas a ponto de requerer um esforço extensivo de leitura, o que não aumentará a efetividade da MP. Um roteiro de MP deve ser fácil de entender e composto basicamente por procedimentos de:

- a) *inspeção geral*: consiste na inspeção visual (verificação da integridade física da carcaça do equipamento e de seus componentes internos como placas de circuito impresso, folgas, desgastes das engrenagens e botões, amassados ou ferrugens na pintura) e limpeza do equipamento (procedimentos, produtos de limpeza utilizados e as ferramentas necessárias);
- b) *troca de peças e acessórios com a vida útil vencida*: essas instruções para substituição de partes e peças normalmente estão incluídas nos manuais do equipamento fornecidos pelos fabricantes;
- c) *aferição e posterior calibração do equipamento*: como e onde deve ser feita a leitura e verificação de indicadores e níveis (corrente, tensão, potência, rotação, pressão, vazão, etc.), quando necessário;
- d) *testes de desempenho e de segurança (elétrica e mecânica)*: explicação da execução dessa tarefa através da leitura e verificação de níveis de líquidos lubrificantes e indicadores em geral e observação de anomalias como calor, vibração, vazamentos ou odores, quando necessário.

No início de cada roteiro deve ser anotada uma relação de ferramentas e equipamentos de testes para a execução de cada uma das tarefas descritas no roteiro. Levando-se em consideração que a manutenção preventiva normalmente demanda muito tempo e a sua execução requer a paralisação de um equipamento em funcionamento, é importante que a pessoa que irá executá-la seja rápida e eficiente.

Além dos itens acima para a elaboração dos procedimentos de MP, devem ser levadas em consideração as recomendações dos fabricantes e normas governamentais ou de algum órgão fiscalizador aos quais os equipamentos estão sujeitos. Adicionalmente, devem-se

observar os históricos de manutenção dos equipamentos para identificar as falhas mais freqüentes e criar procedimentos específicos para reduzir a ocorrência dessas falhas. Isso vem demonstrar a importância da elaboração do histórico do equipamento para que a MP tenha sucesso.

Para facilitar a aplicação dos roteiros de MP de equipamentos de bordo, assim como reduzir o custo do programa de manutenção preventiva, os procedimentos de MP podem ser divididos em duas categorias:

1. *MP abrangentes*: é feita uma avaliação geral da segurança e desempenho dos equipamentos, ou seja, engloba todos os procedimentos de um roteiro de MP.
2. *MP específicas*: são verificados e trocados os itens que se degradam entre as inspeções abrangentes. Geralmente, as inspeções são feitas em obediência às normas de funcionamento ou às recomendações dos fabricantes dos equipamentos.

A tabela seguinte mostra uma sugestão de critérios para manutenções preventivas em certas categorias de equipamentos eletrônicos encontrados a bordo.

Tabela 01. CATEGORIA DO EQUIPAMENTO: CRITÉRIOS GERAIS

Equipamentos alimentados pelo sistema elétrico principal do navio	A MP abrangente deve incluir a verificação visual, testes de segurança elétrica e de desempenho. A MP específica deve incluir a verificação da segurança elétrica (requerida por algumas normas).
Equipamentos alimentados por bateria	Os mesmos procedimentos para a categoria de equipamentos alimentados pelo sistema elétrico principal do navio, com a inclusão de testes da capacidade ou tensão da bateria a cada MP abrangente ou específica. Algumas baterias necessitam de um ciclo de descarga/carga para melhorar o desempenho e aumentar a vida útil. Para minimizar as chamadas de emergência e possíveis desativações, deve-se considerar a possibilidade de trocar periodicamente as baterias, com base em sua vida média.
Equipamentos controlados ou alimentados por sistemas mecânicos, eletromecânicos, pneumáticos ou fluidos	Os roteiros de MP devem incluir verificação visual, testes de segurança elétrica e de desempenho; limpeza, lubrificação. A execução de uma MP abrangente ou específica vai depender da classe do equipamento.
Equipamentos localizados em áreas de cuidados especiais	Esses equipamentos podem necessitar de verificações mais freqüentes. Entretanto, a sua presença ou utilização dentro de uma área de cuidados especiais não significa que haja uma obrigatoriedade de aumentar a freqüência de MP.

1.1.3 Estabelecimento da periodicidade da manutenção preventiva

O estabelecimento da periodicidade dos procedimentos de MP é uma tarefa bastante complexa e não há uma fórmula que possa resolver todas as questões. A sugestão é o

estabelecimento da periodicidade de acordo com a frequência das falhas que a MP tenta evitar. Para isso, deve-se levar em consideração:

- a) as condições de operação do equipamento (risco que o equipamento apresenta em caso de falha, probabilidade de o equipamento falhar devido a condições inseguras de operação, como, por exemplo, a existência de equipamentos elétricos expostos à ação de líquidos);
- b) a facilidade de realizar a MP (ergonomia de manutenção) do equipamento, ou seja, equipamentos com MP mais complexa exigem mais tempo de MP;
- c) frequência de utilização do equipamento (equipamentos bastante utilizados necessitam de mais atenção, ou seja, uma MP mais freqüente);
- d) a experiência da tripulação (a experiência com o equipamento ajuda a determinar a frequência de MP).

Normalmente, costuma-se considerar que a frequência dos procedimentos de MP é adequada quando o número de equipamentos incluídos no programa de manutenção preventiva que apresentam falhas ou necessitam de conserto entre cada MP é menor do que 5%. A tabela seguinte sugere critérios para saber se a frequência dos procedimentos de MP está sendo adequada, muito alta ou muito baixa.

Tabela 02. Tabela de avaliação da frequência dos procedimentos de MP

FREQÜÊNCIA DOS PROCEDIMENTOS DE MP		
Muito alta	Adequada	Muito baixa
<ul style="list-style-type: none"> • equipamento sempre calibrado, sem necessidade de mudanças 	<ul style="list-style-type: none"> • equipamento ligeiramente fora de calibração, sem ter a sua operação afetada 	<ul style="list-style-type: none"> • equipamento sempre fora de calibração, gerando resultados errôneos na operação
<ul style="list-style-type: none"> • equipamento não precisa de limpeza • peças e botões ajustados sem folgas • não há necessidade de lubrificação 	<ul style="list-style-type: none"> • é necessária alguma limpeza • lubrificação fará o equipamento funcionar adequadamente • desajustes (folgas leves nos componentes) 	<ul style="list-style-type: none"> • filtros de ventilação sujos, impedindo um fluxo de ar adequado • desgaste devido à lubrificação inadequada • falta de porcas ou parafusos • botões frouxos e com folgas que tornam incertos os valores ajustados para o funcionamento dos equipamentos
	<ul style="list-style-type: none"> • nenhuma reclamação sobre a operação do equipamento 	<ul style="list-style-type: none"> • reclamações freqüentes sobre a operação do equipamento
	<ul style="list-style-type: none"> • freqüência reduzida de manutenções corretivas 	<ul style="list-style-type: none"> • freqüência de MC aumenta ou fica inalterada

Para a elaboração de um roteiro de MP, pode-se tomar como exemplo um bomba de incêndio de emergência, que se enquadra nas categorias de equipamentos alimentados pelo sistema elétrico principal ou sistema elétrico de emergência, por sistemas eletromecânicos, e geralmente se localiza em áreas de cuidados especiais. É composta basicamente por uma

bomba peristáltica, que consiste em um motor de passo alimentado pelo QEP/QEE. Esse equipamento possui circuitos eletrônicos para fazer a programação das rotações da bomba e acionar os alarmes de nível do fluido, da falta de energia elétrica da rede e dispositivo de acionamento do sistema elétrico de emergência devido à interrupção de energia elétrica.

Para a MP de uma bomba deve-se especificar procedimentos que verifiquem suas partes mecânicas (lubrificação e verificação visual dos roletes e engrenagens) e suas partes elétricas e eletromecânicas (aferição e possível calibração do motor de passo, dos alarmes dos circuitos eletrônicos e verificação da integridade física das chaves de comando e de controle). Também devem-se incluir alguns procedimentos periódicos de testes de segurança elétrica do equipamento. Com isso, um roteiro básico de MP de uma bomba de incêndio de emergência fica da seguinte maneira:

Exemplo de roteiro de procedimentos de MP

Aparelho: Bomba de Incêndio de Emergência “CIAGA”

Procedimentos de manutenção preventiva:

Parte mecânica

- *roletes*: ver se estão rodando livres, sem obstruções nem falhas;
- *engrenagens*: observar as folgas, ajustes, integridade dos dentes e lubrificação;
- *inspeção visual*: observar se não há amassados, rachaduras na carcaça ou falhas na pintura. Efetuar a limpeza, se necessário.

Parte elétrica

- *motor de passo e circuito eletrônico*: verificar o tempo e o volume através do uso de um cronômetro.

- *alarme de nível*: simular o funcionamento anormal do aparelho com o aparelho ligado e verificar se o alarme de nível (som e lâmpada indicadora) será ativado;
- *chaves de comando e de controle*: posicionar cada dígito das chaves de comando e de controle em todas as posições possíveis e verificar se há alguma irregularidade de funcionamento;
- medição de correntes de fuga e de isolamento através do analisador de segurança elétrica.

1.2 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é uma técnica de gerência reativa que espera pela falha do equipamento, antes que seja tomada qualquer ação de manutenção. Também é o método mais caro de gerência de manutenção.

É importante dizer que a filosofia usada para a elaboração da seqüência de atividades para manutenção corretiva, deve ser utilizada para a elaboração de outras seqüências de atividades, ou seja, para manutenção preventiva, instalação e aquisição de equipamentos ou peças de reposição. A elaboração da uma seqüência de atividades para cada serviço a ser executado define a tarefa a ser realizada e a pessoa encarregada da execução. Esse procedimento reduz uma série de problemas que podem ocorrer em caso de discussões dentro do grupo sobre a pessoa que deveria ter executado um determinado trabalho e não o fez.

Poucas plantas de navios usam uma filosofia verdadeira de gerência por manutenção corretiva. Em quase todos os casos, as plantas realizam tarefas preventivas básicas, como calibração e ajustes de equipamento, mesmo em um ambiente de manutenção corretiva. Entretanto, neste tipo de gerência, os equipamentos da planta não são revisados e não são feitos grandes reparos até que o equipamento falhe em sua operação.

Os maiores custos associados com este tipo de gerência de manutenção são: altos custos de estoques de peças sobressalentes, altos custos de trabalho extra, elevado tempo de paralisação da máquina, e baixa disponibilidade de operação.

Já que não há nenhuma tentativa de se antecipar os requisitos de manutenção, uma planta que utilize gerência por manutenção corretiva absoluta deve ser capaz de reagir a todas as possíveis falhas dentro do navio. Este método reativo de gerência força a companhia a manter caros estoques de peças sobressalentes que incluem equipamentos reservas ou, pelo menos, todos os principais componentes para todos os equipamentos críticos a bordo. A alternativa é fundar-se em vendedores de equipamentos que possam oferecer entrega imediata de todas as peças sobressalentes requisitadas.

Mesmo que o último seja possível, as recompensas para entrega expedita aumentam substancialmente os custos de reparo de peças e de tempo paralisado necessário para corrigir as falhas dos equipamentos. Para minimizar o impacto sobre a produção criada por falhas inesperadas a bordo, o oficial também deve estar apto a reagir imediatamente a todas as falhas no navio. O resultado líquido deste tipo reativo de gerência de manutenção é maior custo de manutenção e menor disponibilidade de maquinaria de processo. A análise dos custos da manutenção indica que um reparo realizado no modo corretivo- reativo terá em média um custo cerca de 3 vezes maior que quando o mesmo reparo for feito dentro de um modo programado ou preventivo. A programação do reparo garante a capacidade de minimizar o tempo de reparo.

1.2.1 Critérios a serem observados para a rotina de manutenção corretiva

A manutenção corretiva a bordo relativa aos equipamentos eletrônicos a bordo segue determinada rotina com determinados critérios que devem ser observados.

Antes do início de qualquer reparo, o tripulante deve seguir alguns procedimentos para evitar a abertura de um equipamento cuja falha pode ser simplesmente devida a erro de operação, queima de fusível ou qualquer outra causa de fácil solução. Para isso, é necessário que o oficial, em colaboração com toda a tripulação, desenvolva algumas rotinas iniciais de manutenção e instrua cada tripulante contratado dos procedimentos que devem ser adotados (exemplo: utilizar como ajuda a listagem de verificações – *troubleshooting** do manual de operação do equipamento). Reuniões periódicas com a tripulação para discussão e estabelecimento dos procedimentos iniciais de manutenção corretiva constituem uma das melhores maneiras de desenvolver essas rotinas, que devem ser idênticas para grupos específicos de equipamentos.¹

2

A decisão de desativação de um equipamento depende não somente do custo, mas também da dificuldade de obtenção de peças de reposição, do número de vezes que este equipamento vem apresentando falhas nos últimos anos, da existência de tecnologias mais modernas com um menor custo de operação, da disponibilidade financeira da empresa, etc. Nos casos de desativação, o que ocorre também em relação a serviços terceirizados, quem examinou o equipamento deve preparar um relatório à administração justificando o motivo de sua *sugestão* para a desativação do equipamento. O termo “sugestão” foi colocado em *itálico* para lembrar que não é o responsável pelo grupo que decide sobre a desativação de um equipamento; este apenas recomenda e justifica a necessidade desse procedimento para a administração.

Durante o reparo, é possível a necessidade de substituição de peças. Cada peça substituída deve ser rigorosamente anotada no sistema de gerenciamento a bordo. O controle de peças em estoque depende muito do sistema de almoxarifado (paiol) adotado pela empresa. Para peças de reposição de uso intenso e diário (resistores, capacitores, semicondutores, etc.),

1

^{2*} *Troubleshooting- resolução de problemas*

é sugestivo o acesso livre do oficial capacitado para manutenção (Oficial de Máquinas), a quem caberia também o controle de estoque mínimo. Para cada peça retirada, seria dada baixa em uma ficha específica daquele item, localizada na gaveta ou caixa onde a peça está armazenada. Para cada peça que o tripulante retirar da gaveta, ele deve contar o número de peças restantes daquele determinado item e, se estiver abaixo do estoque mínimo, ele mesmo deve emitir uma solicitação de aquisição.

Para os casos em que a peça de reposição não esteja disponível, é sugestivo que a Ordem de Serviço (OS) seja devolvida ao responsável pelo grupo, acompanhada do formulário de aquisição, descrição da peça e a quantidade a ser solicitada. Tanto no caso de peças abaixo do estoque mínimo como para peças não disponíveis no paiol, o pedido de compra deve ter o mesmo formato e seguir o mesmo procedimento. No formulário para requisição devem constar a quantidade e todas as características da peça a ser comprada. Entretanto, o processo de aquisição pode se tornar bastante complicado, pois nem sempre as características de uma determinada peça são de fácil descrição. Frequentemente, a pessoa que solicita desconhece o número com que o fabricante designa a peça (*part number*) ou a existência do desenho explodido do local onde a peça é colocada. Em navios em que o próprio oficial executa a aquisição, esse processo pode ser significativamente facilitado, pois a pessoa que solicita é a mesma que descreve a peça ao fornecedor. Por outro lado, o tempo que o oficial despense nesse procedimento compromete significativamente o rendimento. Em grupos com um único comprador (normalmente com perfil administrativo), a falta de informações para a aquisição pode comprometer bastante o tempo de retorno do equipamento ao tripulante. Para agilizar o processo de aquisição e reduzir a possibilidade de compra de peças erradas, é recomendado que, quando o responsável recebe a OS de volta com a ficha de solicitação de aquisição, este verifique se todos os dados relativos à peça estão corretamente preenchidos. Somente após essa verificação e possível correção com o pessoal operativo é que a ficha será enviada ao sistema de compras do navio.

Como foi mencionado, são fundamentais o treinamento e a conscientização do pessoal capacitado da importância de um cuidadoso reparo em equipamentos eletrônicos de bordo. Muitos deles são fundamentais para a segurança e bom funcionamento das operações realizadas tanto no convés como também na praça de máquinas de um navio.

O controle de qualidade oferecido após a manutenção tem um reflexo bastante positivo para o tripulante. É importante que o grupo crie alguns protocolos de teste que devem obrigatoriamente ser efetuados após a manutenção de equipamentos, principalmente aqueles que são fundamentais para a operação do navio. Cada teste deve ser baseado nos recursos materiais (equipamentos de teste e simuladores) disponíveis no grupo. Uma vez elaborados, esses testes podem ser efetuados pelo próprio tripulante e, através deles, verificar diversos itens do equipamento, desde o estado da pintura externa até a sua calibração. A elaboração dos testes pode ser baseada no próprio manual de operação do equipamento e no manual de manutenção (caso exista).

A OS quando é encerrada deve ser arquivada para posterior utilização no controle periódico desenvolvido pela tripulação. Após o encerramento da rotina de manutenção corretiva ou preventiva de cada equipamento, tenha sido ela executada através de serviço interno ou externo, é importante que haja um documento que faça um resumo do serviço executado, das peças que foram substituídas e do custo de manutenção (interna ou externa). Esse resumo ou histórico do equipamento serve como informação tanto para os técnicos do grupo de manutenção no início de cada serviço, como para os oficiais para que possam gerenciar o andamento da manutenção de cada equipamento sob sua responsabilidade. Esse documento deve conter toda a história do equipamento de modo bastante resumido, desde sua chegada ao navio até a desativação. Dele devem ser extraídas as seguintes informações:

- a) número e tipo de falhas ocorridas no equipamento;
- b) comparação das falhas que foram relatadas pelo grupo interno de manutenção e aquelas relatadas pelas empresas prestadoras de serviço;
- c) tipo e número de peças que estão sendo substituídas no equipamento, tanto em serviços internos como externos;
- d) custo por serviço (interno e externo) e custo acumulado;
- e) datas de realização de cada serviço;

f) no caso de serviços externos, a pessoa de contato para cada serviço executado na(s) empresa(s) de prestação de serviço.

1.3 Manutenção preditiva

Como a manutenção preventiva, a manutenção preditiva tem muitas definições. Para os mecânicos, a manutenção preditiva monitora a vibração da maquinaria rotativa numa tentativa de detectar problemas incipientes e evitar falha catastrófica. Para os eletricitas, é o monitoramento das imagens infravermelhas de circuitos, de chaves elétricas, motores, e outros equipamentos elétricos para detectar problemas em desenvolvimento.

A premissa comum da manutenção preditiva é que o monitoramento regular do rendimento operacional, e outros indicadores da condição operativa dos equipamentos e sistemas de processo fornecerão os dados necessários para assegurar o intervalo máximo entre os reparos. Ela também minimizaria o número e os custos de paradas não-programadas criadas por falhas do equipamento.

Nos últimos anos, têm-se discutido amplamente a gerência de manutenção preditiva. Tem-se definido uma variedade de técnicas que variam desde o monitoramento da vibração até imagens em infravermelho. A manutenção preditiva tem sido reconhecida como uma técnica eficaz de gerenciamento de manutenção.

Outras terminologias têm surgido como ferramentas de gerência de manutenção, estes novos termos - RCM, manutenção centrada na confiabilidade; TPM, manutenção produtiva total; e JIT, manutenção “Just-in-Time” - são apresentadas como substitutas à manutenção preditiva e a solução definitiva aos seus altos custos de manutenção.

A capacidade em monitorar todas as máquinas críticas, equipamentos, e sistemas em uma planta típica de navio não pode se limitar a uma única técnica. As técnicas de monitoramento na manutenção preditiva, baseadas em condições, incluem: análise de ultrassom, ferrografia, tribologia, monitoria de processo, inspeção visual, e outras técnicas de análise não-destrutivas. A combinação destas técnicas de monitoramento e de análise oferece os meios de monitoramento direto de todos os equipamentos e sistemas críticos no navio.

A manutenção preditiva trata-se portanto de um meio para melhorar o rendimento, o lucro, e a efetividade global de nossos navios. A manutenção preditiva não é meramente monitoramento de análise de imagens térmicas ou qualquer das outras técnicas de teste não destrutivo que tem sido marcadas como ferramentas de manutenção preditiva.

O professor Márcio Tadeu de Almeida da Escola Federal de Engenharia de Itajupá acredita que *“a manutenção preditiva é uma filosofia ou atitude que usa a condição operacional real do equipamento e sistemas da planta industrial para otimizar a operação total.”*. Um programa abrangente de gerência de manutenção preditiva utiliza uma combinação das ferramentas mais efetivas em custo para obter a condição operativa real de sistemas críticos da planta industrial e, baseado-se nestes dados reais, todas as atividades de manutenção são programadas numa certa base.

A manutenção preditiva é um programa de manutenção preventiva acionado por condições. Ao invés de se fundar em estatística de vida média na planta do navio (p.ex., tempo médio para falha) para programar atividades de manutenção, a manutenção preditiva usa monitoramento direto das condições eletrônicas, rendimento do sistema, e outros indicadores para determinar o tempo médio para falha real ou perda de rendimento para cada máquina e sistema na planta de bordo. Na melhor das hipóteses, os métodos tradicionais acionados por tempo garantem uma guia para intervalos “normais” de vida do equipamento.

Em programas preventivos ou corretivos, a decisão final sobre os programas de reparo ou de recondicionamento se baseia na intuição e experiência pessoal dos tripulantes em relação à manutenção. A adição de um programa de gerência preditiva abrangente pode fornecer dados sobre a condição eletrônica real de cada equipamento e o rendimento operacional de cada sistema de processo. Estes dados habilitarão o oficial a bordo a programar atividades de manutenção muito mais efetivamente em termos de custo.

Um programa de manutenção preditiva pode minimizar o número de quebras de todos os equipamentos eletrônicos da planta do navio e assegurar que o equipamento reparado esteja em condições aceitáveis. Ele pode identificar problemas do equipamento antes que se tornem sérios já que a maioria dos problemas eletrônicos podem ser minimizados se forem detectados e reparados com antecedência. Os modos normais de falha eletrônica degradam-se em uma

velocidade diretamente proporcional a sua severidade; portanto, quando um problema é detectado logo, normalmente pode-se evitar maiores reparos.

Segundo o professor Márcio Almeida autor da dissertação *Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade*(2005) “existem cinco técnicas não destrutivas que são usadas normalmente para gerência de manutenção preditiva: monitoramento de vibração (com espectros de corrente elétrica), monitoramento de parâmetro de processo, termografia, tribologia, e inspeção visual.” Cada técnica tem um conjunto único de dados que assistirá o gerente de manutenção na determinação da necessidade real de manutenção.

A manutenção preditiva que utiliza análise da assinatura de vibração é predicada em dois fatos básicos:

- (1) todos os modos de falha comuns possuem componentes distintos de frequência de vibração que podem ser isolados e identificados, e
- (2) a amplitude de cada componente distinto de vibração permanecerá constante a menos que haja uma mudança na dinâmica operacional da máquina.

A manutenção preditiva que utiliza rendimento de processo, perda de calor, ou outras técnicas não-destrutivas, pode quantificar o rendimento operacional de equipamentos ou sistemas não-mecânicos da planta do navio. Estas técnicas, usadas em conjunto com a análise de vibração podem fornecer ao oficial a bordo ou engenheiro da planta do navio informações fatuais que os habilitarão a obter confiabilidade ótima e disponibilidade a partir de sua planta.

Os programas de manutenção preditiva mais abrangentes usam análise de vibração como ferramenta primária associada com espectros de corrente, que geralmente vem associadas num mesmo instrumento coletor de dados. Já que a maioria dos equipamentos normais da planta do navio são mecânicos (acionados por motores elétricos), o monitoramento da vibração fornecerá a melhor ferramenta para coleta de rotina e identificação de problemas incipientes. Entretanto, somente a análise de vibração não fornecerá com alta confiabilidade os dados requeridos sobre equipamentos elétricos (deve-se usar também os espectros da corrente elétrica que alimenta o motor), áreas de perda de calor,

condição do óleo lubrificante, ou outros parâmetros que devem ser incluídos em seu programa. Portanto, um programa de manutenção preditiva total deve incluir várias técnicas, cada uma projetada para oferecer informações específicas sobre equipamentos da planta, para obter os benefícios que este tipo de gerência de manutenção pode oferecer.

As técnicas específicas dependerão do tipo de equipamento da planta, seu impacto sobre a operação e outros parâmetros-chaves da operação da planta, e dos objetivos que se deseja que o programa de manutenção preditiva atinja.

CAPÍTULO II

CRITÉRIOS NA MANUTENÇÃO ELETRÔNICA

Para o serviço de manutenção a bordo é preciso levar em consideração determinados critérios e características. Examinar essas características podem determinar fundamentalmente a diferença entre o serviço bem elaborado e o serviço ineficaz.

2.1 Características do oficial para o serviço de manutenção

Os fatores essenciais para que o serviço de manutenção seja o mais eficaz possível são o elemento humano e o equipamento.

Quem faz manutenção deve possuir interesse pelo serviço e ser capaz de aplicar a necessária atenção para encontrar a causa das irregularidades do equipamento entregue aos seus cuidados. O oficial em a responsabilidade de realizar o trabalho de acordo com as orientações aprendidas no seu curso de formação

Além do interesse pelo serviço, da parte dos oficiais, o comandante deve ter consciência de que a manutenção apropriada requer tempo e este trabalho deve fazer parte da rotina normal do equipamento no navio. Durante o tempo gasto na manutenção a unidade pode não estar contribuindo em nada para a operação no navio, mas de qualquer forma está recebendo cuidado e atenção a que tem direito para sua subsistência. É por isso que, na programação de serviço da máquina, nunca deve ser esquecido o tempo de manutenção.

Não se pode estabelecer regra geral sobre a inspeção ser feita diária, semanal ou mensalmente, pois depende muito do tipo de equipamento, sua importância no processo de operação, os efeitos de sua localização e a carga, para mencionar alguns poucos fatores. O melhor guia do oficial é a experiência.

Boas relações entre todos a bordo e os oficiais que realizam a manutenção no navio assegurarão que estes últimos sempre receberão um aviso imediato se alguma coisa parecer

não estar em ordem, mesmo sendo uma indisposição passageira. Isto pode favorecer um indício acerca das providências a serem tomadas para evitar que isso se transforme em algo mais sério. Uma das primeiras obrigações do serviço de manutenção, com o apoio do comandante, é de explicar a todos os que tenham contato com aparelhos eletrônicos, que este tipo de equipamento, mesmo que não tenha partes móveis, realiza um enorme trabalho e por esta razão, está sujeito a desgaste e necessita de manutenção regular. Talvez até seja recomendável dar a oficiais selecionados um resumo das finalidades e do funcionamento dos aparelhos.

2.2 Qualificação

A manutenção de equipamento eletrônico exige bastante habilidade no manuseio dos instrumentos, análise de dados e na sua capacidade de tirar as conclusões acertadas dos resultados das medições.

Para que o oficial cuide da manutenção dos equipamentos elétricos deve conhecer os princípios que regem os conceitos de correntes contínuas e alternadas, aplicados às máquinas e aos aparelhos, assim como os regulamentos relativos a métodos de instalação e precauções de segurança.

Evidentemente, o tripulante experimentado possui as necessárias qualificações, mas, geralmente, quando o equipamento eletrônico de um navio é em número reduzido, a sua manutenção é feita por um dos elementos da manutenção geral.

2.3 Atenção quanto a poeira

Apesar de todas as precauções sempre será encontrado poeira no interior dos equipamentos, pois todos eles “respiram”. Quando está funcionando e, portanto, aquecido, o ar no interior se expande e o excesso vai para o exterior. Quando está desligado, a temperatura baixa e o ar é novamente aspirado do exterior, trazendo consigo partículas de pó. A caixa deveria ser hermética para evitar tal inconveniente, mas isto, mesmo se fosse realizável, traria certas outras desvantagens como a ausência da necessária ventilação.

A maioria dos instrumentos eletrônicos possui orifícios de ventilação em suas caixas, a fim de permitir que o ar quente dos resistores e transformadores possa ser retirado pelo ar frio

que penetra pela parte inferior. O ar penetrando no equipamento traz consigo partículas de pó, algumas das quais são depositadas no interior da caixa. Se as partes laterais também tiverem perfurações, mais pó irá acumular-se, acabando por formar uma espessa camada sobre todos os componentes.

Esse pó, enquanto seco, não pode causar danos, do ponto de vista elétrico, pois a poeira não é boa condutora de eletricidade. Porém uma espessa camada de poeira é boa isolante térmica, prejudicando a necessária dissipação do calor gerado pelos componentes. Isto pode resultar no superaquecimento e mesmo combustão instantânea, com a possível perda total do equipamento.

No instante, porém, em que a poeira ficar úmida, haverá a possibilidade de aparecerem correntes de fuga e eventualmente será dispendido um tempo precioso na localização das causas de uma súbita operação “temperamental” do equipamento. Num momento pode o mesmo ter o funcionamento satisfatório para, no minuto seguinte, deixar de fazê-lo. Esta é a pior espécie de defeito encontrado pelo oficial no navio responsável pela manutenção, pois, geralmente a localização da sua causa consome um tempo enorme.

Podem penetrar também no interior do equipamento outras formas de sujeira. Na verdade, a poeira é uma forma de sujeira, mas, neste caso, estamos nos referindo a partículas da pintura do teto ou das paredes, cavacos limalhas, aparas e pedaços de metal ou fios, etc. Geralmente deveria ser possível excluir tais objetos, mas na aplicação de refrigeração forçada isto se torna muito difícil. Esta classe de sujeira pode provocar muito mais inconvenientes que a poeira, principalmente quando contém partículas metálicas.

E ainda, qualquer orifício, que não tenha uma finalidade específica, deve ser mantido fechado, a fim de que roedores ou insetos não possam alojar-se no equipamento, e pela sua eletrocução causar aborrecimentos.

2.4 A deterioração

Uma vez que a unidade esteja limpa, outro cuidado a bordo é um exame cuidadoso de todas as ligações que possam ser ter se soltado; terminais, fios ou componentes partidos. Se a unidade está normalmente sujeita a vibrações, a fiação pode facilmente partir-se em

conseqüência da fadiga metálica. Essas vibrações podem ser reduzidas ou mesmo eliminadas pela colocação de amortecedores de borracha; em alguns casos, basta suportar uma ligação ou um feixe de ligações de maneira a modificar sua frequência natural (de vibração), impedindo assim a vibração em grande amplitude.

Água ou substâncias químicas podem causar falhas de isolamento, contatos deficientes, curto-circuitos ou interrupções. Essas falhas podem não ocorrer imediatamente, mas certamente num período bem curto de tempo. Quaisquer componentes afetados desse modo devem ser imediatamente substituídos. O equipamento elétrico e eletrônico tem a grande vantagem em relação a outros tipos de aparelhos, que se houver qualquer possibilidade de penetração de umidade ou vapores químicos, poderá ser facilmente instalado em outro local e dotado de comando remoto.

Periodicamente devem ser examinados resistores, capacitores e transformadores. A descoloração de um resistor pode ser uma indicação de que está (ou esteve) sobrecarregado. Um capacitor que apresenta vazamento de óleo ou graxa deve ser limpo, a fim de evitar aderência de poeira, e, para maior segurança, deve ser substituído.

Gotas de material de impregnação desprendidas de transformadores são indícios óbvios de sobrecarga. No caso de sobrecarga muito pronunciada, a isolação terá ficado escura, ou mesmo carbonizada.

Os terminais ou fios com contato deficiente sempre estão descolorados, devido ao calor produzido. Os contatos de relés e chaves eletromagnéticas tendem a se tornar ásperos e devem ser reconicionados com uma lima fina.

Os potenciômetros possuem contatos deslizantes e, após um uso prolongado, o fio (no caso dos potenciômetros de fio) gasta-se. O único remédio é a troca do componente. Deve-se fazer a substituição antes de aparecer o defeito, quando se notam sinais de muito desgaste. O eixo do potenciômetro pode necessitar de uma gota de óleo, mas nunca mais que uma gota, pois o excesso somente serve para acumular poeira.

2.5 Circuito elétrico

Determinadas condições elétricas como por exemplo a corrente e temperatura não podem ser checadas simplesmente por observação. As correntes elétricas podem naturalmente ser sentidas, mas a inspeção não pode ser baseada neste princípio. São necessários instrumentos de medição elétrica para converter os fenômenos em formas que possam ser avaliadas por inspeção visual direta.

Entre estes instrumentos, estão, desde o mais simples detetor de tensão (com lâmpada neon) muitas vezes embutido no cabo de uma chave de fenda, lâmpada de série, voltímetros, amperímetros, multímetros eletrônicos e até osciloscópio.

2.6 Os manuais

Os fabricantes dos equipamentos eletrônicos de bordo normalmente fornecem um manual de seu produto, ou pelo menos deveriam fazê-lo. Esse manual fornece dados sobre o modo de desembalar o equipamento, sua instalação e ajustes, etc. Deveria incluir também o seguinte:

- 1- Uma descrição do funcionamento.
- 2- Um resumo dos detalhes que devem ser examinados regularmente, ou seja, um programa de manutenção preventiva.
- 3- Instruções para a localização de defeitos, aviso sobre a maneira incorreta de proceder, etc.
- 4- Sugestões de como consertar ou reajustar qualquer componente que necessite ferramentas ou métodos especiais.
- 5- Circuito esquemático e diagrama de fiação, bem como lista de componentes.

Porém é freqüente o caso em que as informações são bastante incompletas e se torna difícil fazer os consertos com rapidez. Deve-se dispor, de qualquer maneira, de um circuito esquemático contendo os valores dos componentes. Se o fabricante não o fornecer é

necessário preparar um. Nem sempre o circuito é suficientemente simples para permitir a sua visualização.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DA MANUTENÇÃO ELETRÔNICA E A SUA FUNÇÃO A BORDO

A função da manutenção eletrônica tem incorporado às suas estratégias usuais de gerenciamento alguns conceitos originados na confiabilidade. Para o autor Moubray (1996), a manutenção tem procurado novos modos de pensar, técnicos e administrativos, já que as novas exigências de mercado tornaram visíveis as limitações dos atuais sistemas de gestão.

Autores divergem quanto à classificação das estratégias de manutenção. Neste trabalho seguir-se-á a seguinte tipologia de proposta:

- (i) a emergência opera até a falha, reparando o item que falhou;
- (ii) a corretiva opera até a falha, reforçando ou corrigindo o item que falhou;
- (iii) a preditiva executa intervenções baseadas em diagnósticos; e
- (iv) a preventiva, executa intervenções incondicionais constantes de um programa pré-agendado.

Ao menos três dissertações de mestrado recentes já exploraram a incorporação de elementos de confiabilidade pela manutenção. O autor Santos (2003) estima o intervalo ótimo entre manutenções preventivas em chaves elétricas. O autor Hiraiwa (2001) apresenta uma metodologia para determinar o período em que deve ser realizada a manutenção preventiva em equipamentos eletrônicos.

Motta (1999) desenvolveu um modelo de análise de confiabilidade de equipamentos reparáveis, aplicado na definição da periodicidade de intervenção em relés de proteção de sistemas elétricos. Tais relés podem apresentar falhas ocultas. O modelo fornece os riscos de

falhas de relés, associados aos possíveis intervalos entre manutenções preventivas e também foi publicado em Motta e Colosimo (2002). Sheu e Chien (2004) propõem uma política generalista de reposição por idade de sistemas sujeitos a impactos que ocorrem em quantidades aleatórias por unidade de tempo. Os autores enumeram outras obras e autores que os antecederam neste tema e que propõem políticas de manutenção específicas que consideram o custo e o risco para os equipamentos enfocados.

Estes objetivos se relacionam com esta pesquisa, justificando a citação desses trabalhos. Ao menos duas linhas metodológicas para a modelagem de dados de falhas recorrentes em equipamentos surgem na bibliografia. A primeira linha modela os dados segundo um processo puntual, através da função intensidade e sua fundamentação teórica surge em Pulcini (2001) e Hokstad (1997). A segunda linha emprega a função taxa de falha (*hazard function*) em sistemas reparáveis e sua fundamentação teórica é encontrada em Grosh (1989), Elsayed (1996) e Lafraia (2001). Uma aplicação desta linha metodológica calcula intervalos de manutenção preventiva associados a riscos e custos na operação de ônibus urbanos de passageiros e é encontrada em Sellitto, Borchardt e Araújo (2002).

3.1 Confiabilidade e manutenção

Uma das funções da manutenção é a confiabilidade. O conceito de confiabilidade foi introduzido na manutenção por um trabalho seminal sobre falhas em equipamentos eletrônicos de uso militar nos anos 1950, nos Estados Unidos da América. A tarefa foi conduzida por um grupo de estudos da Federal Aviation Administration, cujas conclusões reorientaram os procedimentos de manutenção até então vigentes:

- (i) se um item não possui um modo predominante e característico de falha, revisões programadas afetam muito pouco o nível de confiabilidade do item; e
- (ii) para muitos itens, a prática de manutenção preventiva não é eficaz (MOUBRAY, 1996).

Segundo a norma brasileira NBR 5462-1994, item 2.2.6.4, a confiabilidade de um item é a probabilidade de que este item desempenhe a função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso. Segundo Elsayed (1996), “a confiabilidade é a

probabilidade que um equipamento eletrônico ou serviço opere adequadamente e sem falhas sob as condições de projeto, durante um tempo especificado, a vida de projeto.” A função confiabilidade pode ser usada como uma medida parcial do sucesso quando se fala no rendimento operacional de um navio.

Em manutenção eletrônica se associa uma taxa de falhas decrescente ao período de falhas prematuras do equipamento. Neste período as falhas são atribuídas mais a deficiências iniciais do projeto e dos componentes, sendo sanadas à medida que são identificadas. A uma taxa de falhas constante se associa o período de maturidade do equipamento. Neste período ocorrem falhas pouco previsíveis, puramente aleatórias, que obedecem a um processo de Poisson homogêneo. Finalmente, a uma taxa de falhas crescente se associa o período de falhas em tempo justificável, por desgaste dos materiais. Neste período as falhas se tornam inevitáveis por perda na resistência dos componentes, indicando-se uma política de reposição preventiva.

3.2 Variáveis e processos aleatórios em manutenção

Há oficiais mercantes , hoje em dia, que acreditam que a operação e o reparo de um equipamento em um navio são experimentos. O tempo até a falha, a produção até a falha e o tempo até o reparo são algumas das saídas do experimento. São variáveis aleatórias, entre outras, as:

- (i) horas entre falhas;
- (ii) unidades produzidas entre falhas; e os
- (iii) minutos até o reparo.

Estas variáveis são conseqüências de outras variáveis aleatórias, tais como o tempo alocado para operação, a resistência dos materiais e a carga exigida pelo serviço. Quando não se consegue conhecer e controlar todos os fatores ativos, usam-se técnicas probabilísticas para prever o comportamento das variáveis.

3.3 Exploração de processos aleatórios em manutenção

Quando estudamos determinados conceitos elétricos concluímos que a resistência e a carga de um componente são variáveis aleatórias. Uma falha ocorre quando a resistência é momentaneamente menor do que a carga. Em uma falha considerada prematura de um determinado equipamento que pode estar equipado com componentes oriundos da parte baixa da distribuição de resistência, falharão se exigidos na parte alta da distribuição de carga. Se o substituto for de alta resistência, este modo de falha não ocorre mais. À medida que se conhecem as cargas e os componentes frágeis são substituídos por componentes mais fortes, os modos de falha não se manifestam mais e o processo de defeito se aproxima de um processo de Poisson: apenas sobrecargas imprevisíveis e de intensidades extraordinárias, e portanto aleatórias, causarão falhas. O fim da falha prematura do equipamento pode ser antecipado caso se conheçam *a priori* as cargas máximas e se selecionem apenas componentes de alta resistência.

Atingida a maturidade, monitora-se o equipamento para que se possa, eventualmente, identificar o início do processo de desgaste. A monitoração pode ser contínua e automatizada, ou periódica, sob a forma de inspeções, constituindo a estratégia de predição, a preditiva. Desse modo, nesta fase só ocorrerão as quebras catastróficas, ligadas a liberações de quantidades extremas de energia em tempos muito curtos ou pequenas ultrapassagens de resistência ligadas a falhas prematuras de manifestação tardia ou mau uso do equipamento.

Os casos a bordo devem abordar as estratégias de manutenção corretiva, preditiva, preventiva e emergência. A estratégia de emergência opera até a falha com um custo mais baixo do que a preventiva. Já vimos que a estratégia preventiva identifica itens frágeis e agenda trocas em períodos calculados, encontrando uma solução de compromisso que minimize a soma do custo dos itens e o custo da eventual emergência ao longo do ciclo de vida do item.

Na gestão estratégica a fase de maturidade se inicia mais cedo, termina mais tarde e o patamar de expectativa de falha é mais baixo. Iniciada a fase de desgaste, pode-se voltar à maturidade através de intervenções preventivas ou reformas, o que também caracterizaria um processo de renovação de mais largo alcance. Ocorre um novo patamar de expectativa de falha, desta vez mais alto do que o anterior, porém mais baixo do que sem uma estratégia. A

manutenção autônoma é útil na maturidade, pois aumentam a interação visual com o operador, evitam o mau uso da máquina, previnem catástrofes e permitem a detecção do início da fase de desgaste. Evitar o mau uso do equipamento e prevenir catástrofes na maturidade pode baixar o patamar de expectativa de falha e retardar a senilidade. Fora da maturidade, a eficácia destes programas cai, pois a causa estrutural das falhas passa a ser intrínseca aos equipamentos e não mais extrínseca, por suas características de projeto ou por características de uso.

Em resumo, durante a fase inicial do equipamento podem ocorrer falhas prematuras causadas principalmente por má especificação, mau projeto, má instalação ou por má fabricação de componentes. Uma estratégia corretiva identifica e sana estas deficiências.

Na fase de maturidade do equipamento ocorrem falhas por:

- (i) ultrapassagens de resistências ainda não manifestadas na fase inicial, o que indica que a falha prematura do equipamento ainda não estava totalmente encerrada;
- (ii) falhas ligadas ao mau uso do equipamento; e
- (iii) grandes ultrapassagens de resistências causadas por catástrofes.

Finalmente, na fase de desgaste, as quebras ocorrem por processos progressivos de falhas, sendo importante o momento de início da falha e o momento da quebra. O início da falha pode ser detectado e a quebra pode ser predita por técnicas de manutenção preditiva que devem ser adotadas na fase de maturidade, quando ainda não se sabe quando se iniciará o período de desgaste. Após o início deste período, técnicas preditivas continuam sendo úteis, pois podem auxiliar na predição do momento da ruptura, que será prevenida por uma estratégia de manutenção preventiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessário entender e praticar dois fundamentos :

- a) Sair do estágio em que se encontra a manutenção, hoje, e alcançar a Manutenção Ideal
- b) Caminhar na direção dos melhores com velocidade compatível e se manter entre eles.

Se a Manutenção estiver no primeiro estágio - reativa, isto é, reagindo aos acontecimentos, ela estará praticando Manutenção Corretiva não Planejada. Nessa situação quem comanda a manutenção são os equipamentos. Nessa fase não se consegue inovar; não acontecem melhorias. É preciso dominar a situação, controlar a manutenção para que se possa, a partir daí, introduzir as melhorias tão necessárias. Assim é necessário, primeiro, controlar, poder analisar, diagnosticar e prever quais serão os próximos passos, para depois inovar (manutenção preditiva). Somente depois dessas duas fases pode-se atingir a manutenção ideal.

O fundamento de uma manutenção ideal está relacionado com a necessidade de buscar a superioridade, ou seja, sair da igualdade para se colocar entre os melhores do mundo. Num cenário de alta competitividade, os resultados das empresas e de seus segmentos devem ser cada vez melhores e a melhoria contínua é um objetivo de cada um. Se na nossa busca por essa superioridade mantivermos uma velocidade baixa, comum a empresas e manutenções de 3º mundo, jamais alcançaremos resultados que nos insiram no rol das empresas e manutenções de alto nível. É preciso promover uma ruptura com os métodos e com a velocidade atual e buscar ultrapassar este nível em que nos encontramos em um tempo menor. Ninguém vai ficar nos esperando nessa corrida; todos os países estão competindo.

Para que o rendimento a bordo atinja a excelência é necessária a melhoria em todas as áreas e isso só será obtido pelo engajamento e colaboração de toda a tripulação. Hoje não há espaço para comportamentos estanques e herméticos ultrapassados onde cada área era um mundo particular. A parceria na operação da manutenção é fundamental nesse caminho e pode se dar através da formação de times em áreas específicas que podem ser utilizados para análise conjunta de: falhas, problemas crônicos, desempenho de equipamentos, planejamento de serviços e até na programação diária (manutenção preventiva).

Essa prática promove, em consequência:

- maior integração entre o pessoal
- alto envolvimento no resultado final
- maior compreensão, mútua, dos problemas e dificuldades
- respostas mais rápidas na solução de problemas
- desenvolvimento de uma cultura aberta e honesta entre a operação a manutenção.

Sempre existe um modo melhor de se fazer as coisas. A melhoria contínua deve ser uma preocupação constante das companhias de navegação e das pessoas. Essa melhoria atinge os métodos, processos, pessoas, ferramentas, equipamentos, enfim tudo que se relaciona com as nossas atividades no dia a dia a bordo dos navios da marinha mercante.

Com o tempo, os conhecimentos assimilados dessa forma, aliados à experiência adquirida no navio, propiciarão a competência técnica que o capacitará a cuidar de toda a manutenção e dos consertos dos equipamentos.

ANEXO I



Photo 1. View of DG 2 circuit breaker and relay consoles. DG 1 and bus-tie breaker consoles are on either side.

Figura 01. Equipamento eletrônico danificado devido à falta de manutenção ou manutenção deficiente.

ANEXO II



Figura 02. Exemplo de circuito eletrônico sem manutenção preventiva

ANEXO III



Figura 03. Controlador de motor com Softstart

ANEXO IV

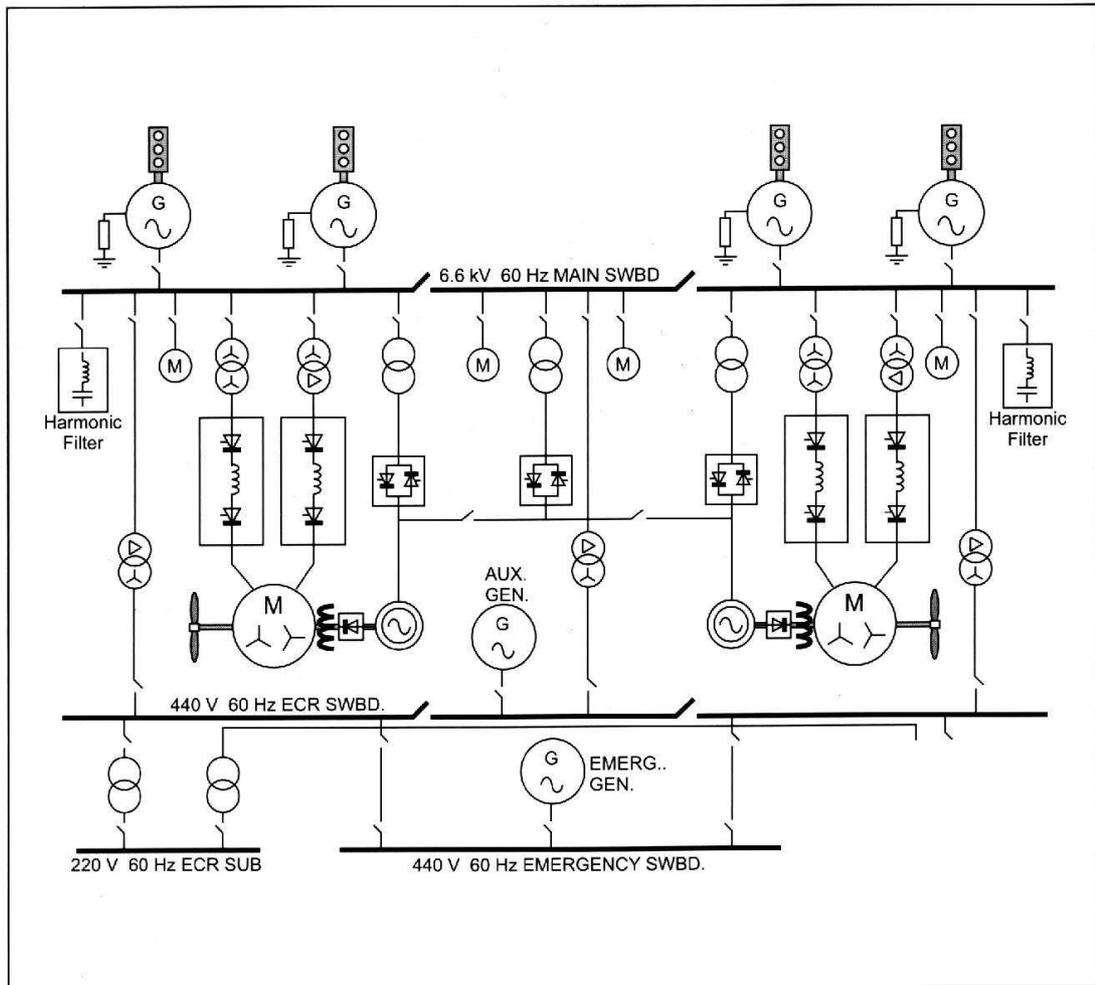


Figura 04. Exemplo de diagrama de Sistema Supervisório Eletrônico

ANEXO V



Figura 05. Exemplo de placa danificada por trepidação

ANEXO VI



Photo 2. View of burned cabling above deck of engine control room (note effect of heat on copper tubing)

Figura 08. Terminais e fios queimados por sobrecarga devido à falta de manutenção

ANEXO VII

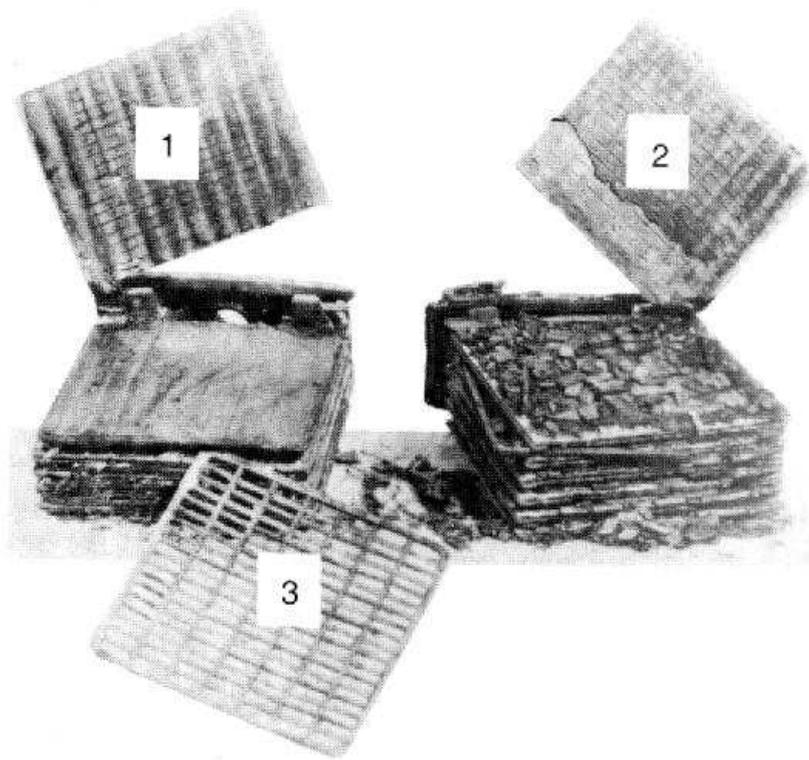


Figura 07. Placas danificadas por água e por falta de eletrólito

ANEXO VIII



Figura 08. Câmera Termográfica

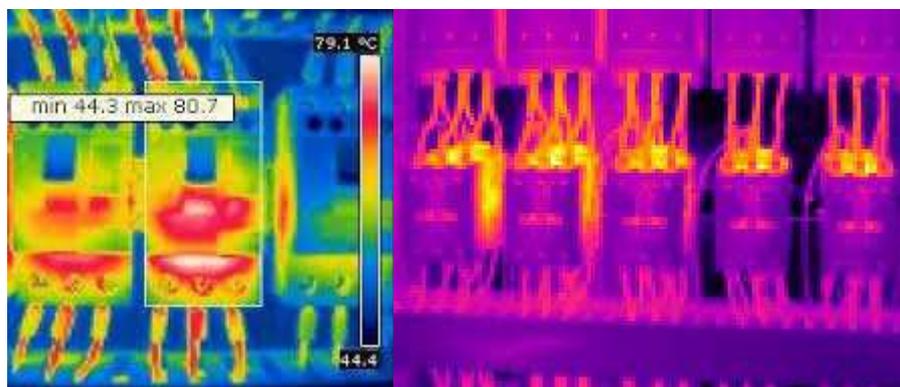


Figura 08.2 Análise Termográfica de painéis elétricos

ANEXO IX

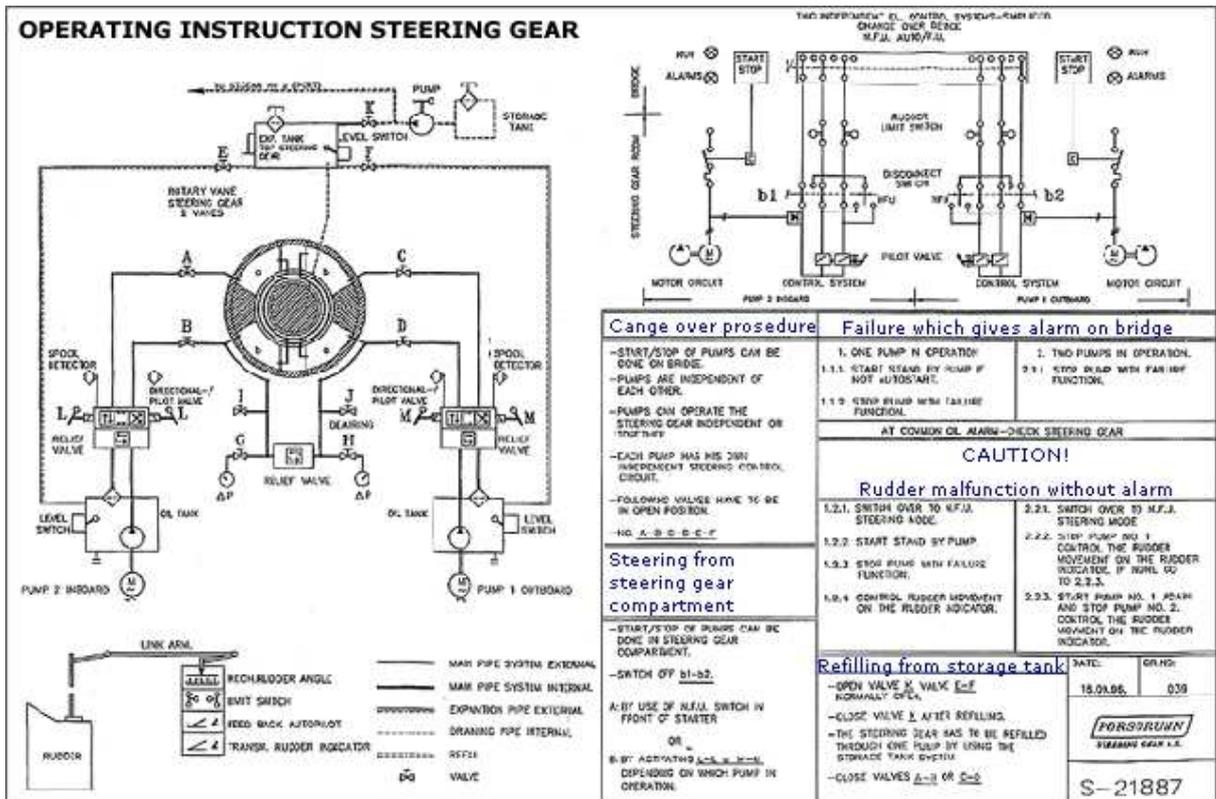


Figura 09. Modelo de instruções referente ao funcionamento do aparelho de governo elétrico e eletro-hidráulico com os diagramas de bloco e os procedimentos a serem tomados.

ANEXO XI



Figura 11. Bateria aberta mostrando as placas

ANEXO XII



Figura 12. Carregador portátil de bateria

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462: **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ALMEIDA, Márcio Tadeu de. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2005.

CERTO, S.; PETER, J. **Administração estratégica**. São Paulo: Makron Books, 1993.

CHEU, S.; CHIEN, Y.: Optimal replacement policy of a system subject to shocks with random leadtime. *European Journal of Operational Research*, n. 159, p. 132-144, 2004.

ELSAYED, E. **System reliability engineering**. Reading, Massachusetts: Addison Wesley Longman, 1996.

GROSH, D. **A primer of reliability theory**. New York: John Wiley & Sons, 1989.

HAHN, G.; SHAPIRO, S. **Statistical models in engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1967.

HIGGINS, R. **Maintenance engineering handbook**. 6. ed. New York: Mc. Graw- Hill, 2001.

HIRAIWA, G. **Metodologia para determinação do período de manutenção preventiva em equipamentos eletromédicos**. Dissertação de mestrado em engenharia elétrica, UFSC, Florianópolis, 2001.

HOKSTAD, P. **The failure intensity process and the formulation of reliability and maintenance models**. *Reliability Engineering and Systems Safety*, n. 58, p. 69-82, 1997.

KARLIN, S.; TAYLOR, H. **A first course in stochastic process**. San Diego: Academic Press, 1997.

LAFRAIA, J. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LEWIS, E. **Introduction to reliability engineering**. USA: John Wiley & Sons, 1996.

Maintenance Conference. **NPRA** - Nashville USA 1996

MONCHY, F. **A função manutenção**. São Paulo: Durban, 1989.

MOTTA, S. Periodicidade de manutenções preventivas em dispositivos de proteção de sistemas elétricos de potência. **Aplicação de técnicas quantitativas de confiabilidade à engenharia de manutenção**. Dissertação de mestrado em engenharia de produção, UFMG, Belo Horizonte, 1999.

MOTTA, S.; COLOSIMO, E. Determination of preventive maintenance periodicities of standby devices. **Reliability Engineering and Systems Safety**, n. 76, p. 149-154, 2002.

MOUBRAY, J. **Introdução à manutenção centrada na confiabilidade**. São Paulo: Aladon, 1996.

Maintenance Conference. **NPRA**. Nashville USA 1996

National Manufacturing Week. **Word Class Maintenance**. Chicago USA 1998

OLIVEIRA, L.; SELLITTO, M.; VERDI, R. **Gerenciando estrategicamente a manutenção de uma organização de transportes com base em um sistema de informações**. Revista Análise, FACE PUCRS, Porto Alegre, v. 13. n. 1. p. 103-118. 1º semestre 2002.

PAPOULIS, A. **Probability, random variables and stochastic processes**. Singapore: McGraw-Hill, 1984.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER Nascif Júlio. **Manutenção - Função Estratégica**, Rio de Janeiro : Quality Mark 1998

PROCONF98. **Confiabilidade de componentes**. Software. Copyright©, Maxxi Gestão Empresarial, Porto Alegre, 1998.

PROSIS2000. **Confiabilidade de componentes**. Software. Copyright©, Maxxi Gestão Empresarial, Porto Alegre, 2002.

PULCINI, G. **A bounded intensity process for the reliability of repairable equipment**. Journal of Quality Technology. v. 33, n. 4, p. 480- 492, oct. 2001.

ROSS, S. **Stochastic process**. New York: John Wiley & Sons. 1996.

SANTOS, W. Determinação da periodicidade da manutenção preventiva em sistemas reparáveis. Dissertação de mestrado em estatística, UFMG, Belo Horizonte, 2003.

SELLITTO, M. Modelo de manutenção, planilha eletrônica, disponível em <http://inf.unisinos.br/~sellitto/manut.html.manweiex.xls>, acesso em 02-01-2004.

SELLITTO, M.; BORCHADT, M.; ARAÚJO, D. **Manutenção centrada em confiabilidade: uma abordagem quantitativa**. Anuais do XXIIº ENEGEP. Curitiba: ABEPRO, 2002.

SITES DE REFERÊNCIA

Ballard Power Systems

<http://www.ballard.com>

Wikipédia, a enciclopédia livre

<http://pt.wikipedia.org/>

Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS)

<http://www.navcen.uscg.mil>

IMO International Maritime Organization

<http://www.imo.org>

International Association of Classification Societies (IACS)

<http://www.iacs.org.uk>

U.S. Coast Guard

<http://www.navcen.uscg.mil>