9-B-94

14 22

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CORRIGIDA

Curso C-PEM 2003

Partido TI

Solução do P-III-5 (Mo) – MONOGRAFIA

Apresentada Por

RICARDO LUIZ GOMES BRAGA

CAPITÃO-DE-MAR-E-GUERRA (EN)

NOME E POSTO

RIO DE JANEIRO

2003

9-B-94

9_B_94

NÃO CIRCULE
BIBLIOTECA

MARINHA DO BRASIL

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

- A FUNÇÃO MANUTENÇÃO NA MB: DIRETRIZES E CRITÉRIOS PARA A MANUTENÇÃO VISANDO AO AUMENTO DA VIDA ÚTIL DOS MEIOS NAVAIS -

RICARDO LUIZ GOMES BRAGA
Capitão-de-Mar-e-Guerra (EN)

Biblioteca da Escola de Guerra Naval

2003

Acc no: 228558
Ex.: 256876
MB - EGN
BIBLIOTECA
07.081.004
5927
N.

Braga, Ricardo Luiz Gomes, 1957 -
A Função Manutenção na MB: diretrizes e critérios para a manutenção visando ao aumento da vida útil dos meios navais / Ricardo Luiz Gomes Braga. – Rio de Janeiro: EGN, 2003.
viii. 47 f.
Monografia: C-PEM, 2003.
Bibliografia: f. J-1 - J-4.
1. Manutenção. 2. Sistema de Manutenção Planejada. 3.Vida Útil. I. Escola de Guerra Naval (Brasil). II. Título.

Tema : A Função Manutenção na MB – Política e Diretrizes para a Manutenção

Título : A FUNÇÃO MANUTENÇÃO NA MB: DIRETRIZES E CRITÉRIOS PARA A MANUTENÇÃO VISANDO AO AUMENTO DA VIDA ÚTIL DOS MEIOS NAVAIS.

Tópicos a Abordar:
- Métodos de Manutenção: Manutenção Preventiva ou Preditiva;
- Planejamento e Organização da Manutenção;
- Sistema de Controle da Manutenção;
- A Engenharia de Manutenção e as Diretorias Especializadas;
- O Impacto das Novas Tecnologias e dos Critérios de Construção na Suportabilidade dos Meios Navais; e
- Diretrizes e critérios para o aumento da vida útil dos Meios Navais.

Proposição :

Apresentar os principais métodos de manutenção utilizados na Marinha do Brasil (MB), destacando-se a Manutenção Preventiva e a Manutenção Preditiva. Relacionar as vantagens e desvantagens mais significativas de cada um desses métodos. Descrever o sistema por meio do qual a manutenção é implementada nos Meios Navais, sua Organização e seus instrumentos de Planejamento e Controle. Analisar a elaboração, nas Diretorias Especializadas, dos Sistemas de Manutenção decorrentes da prática da engenharia de manutenção, bem como sua adoção nos navios da MB. Avaliar o impacto das novas tecnologias e dos critérios de construção na suportabilidade dos Meios Navais. Propor diretrizes e critérios para a manutenção na MB, visando um aumento da vida útil dos Meios Navais.

Número de Palavras: 11.190

SUMÁRIO

	PÁGINA
Introdução	
CAPÍTULO 1 - A LOGÍSTICA E A FUNÇÃO MANUTENÇÃO	1
- SEÇÃO I - A LOGÍSTICA	1
- SEÇÃO II - A FUNÇÃO MANUTENÇÃO	3
Conceito	3
Evolução	4
- SEÇÃO III - CLASSIFICAÇÃO DA MANUTENÇÃO	8
- SEÇÃO IV - ESTRUTURAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA	10
O Sistema de Manutenção Planejada (SMP)	11
A Integração da Manutenção Preditiva ao SMP Tradicional	14
CAPÍTULO 2 - ESTABELECIMENTO DA VIDA ÚTIL DOS MEIOS NAVAIS	16
Requisitos de Projeto e Construção	16
Tipos de Obsolescências	17
Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade	19
Ações de Manutenção	24
CAPÍTULO 3 - A FUNÇÃO MANUTENÇÃO NA MB	25
- SEÇÃO I - O PLANEJAMENTO E A ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO	25
- SEÇÃO II - A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO E AS DIRETORIAS ESPECIALIZADAS	27
- SEÇÃO III - O SISTEMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA NAS DIRETORIAS ESPECIALIZADAS	29
Diretoria de Engenharia Naval (DEN)	29
Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha (DSAM)	31
Diretoria de Telecomunicações da Marinha (DTM)..	31
- SEÇÃO IV - A MANUTENÇÃO PREDITIVA	32
Implantação	32
- SEÇÃO V - A VISÃO DA MANUTENÇÃO PELO SETOR OPERATIVO	33
CAPÍTULO 4 - FATORES QUE INFLUENCIAM O AUMENTO DA VIDA ÚTIL DOS MEIOS NAVAIS DA MB	35
Documentação de Manutenção	35
Política de Manutenção	36
Sistema de Planejamento e Controle da Manutenção	37
Capacitação de Pessoal para Operação e Manutenção.....	38
Custos da Manutenção	40
Critérios de Projeto e Construção	40
Obsolescência Econômica, Tática, Logística e Estratégica	41
Novas Tecnologias	41
Confiabilidade	42

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS 44

ANEXO A – CARACTERÍSTICAS, VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS TIPOS, MÉTODOS E TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO..... A-1
ANEXO B PADRÕES DE FALHAS DE EQUIPAMENTOS B-1
ANEXO C – O SISTEMA INFORMATIZADO DE SMP – O SISSMP.... C-1
ANEXO D – SITUAÇÃO DOS PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DESENVOLVIDOS NO BRASIL PELA MB. D-1
ANEXO E – SITUAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO DE MANUTENÇÃO E DO SMP ADOTADOS NOS PRINCIPAIS MEIOS NAVAIS DA MB..... E-1
ANEXO F – RELAÇÃO DE ENTREVISTAS REALIZADAS..... F-1
ANEXO G – RELAÇÃO DE FIGURAS G-1
BIBLIOGRAFIA H-1

INTRODUÇÃO

A conservação de instrumentos e ferramentas é uma prática observada, historicamente, desde os primórdios da civilização. No princípio, apareceram as indústrias de artesanato onde somente ferramentas manuais eram utilizadas. Essas ferramentas, na maioria das vezes, eram fabricadas e consertadas pelo próprio artesão. Foi somente quando da invenção das primeiras máquinas têxteis a vapor no século XVI, que a função manutenção começou a ser conhecida. A partir de então, a história da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico-industrial da humanidade.

A necessidade de se manter em bom funcionamento todo e qualquer equipamento, ferramenta ou dispositivo para uso no trabalho, em épocas de paz, ou em combates, nos tempos de guerra, levou a manutenção a evoluir. Em seus primórdios, ela se resumia apenas a reparos após a quebra; atualmente, monitora o estado e a condição de funcionamento dos equipamentos, utilizando instrumentos de medição sofisticados, para, eficazmente, prevenir ou predizer avarias.

Nos dias de hoje, a manutenção é utilizada em todo tipo de instalação para evitar possíveis falhas e quebras. Ela é importante para dar confiabilidade aos equipamentos e para melhorar a qualidade. Lafraia nos ensina ainda que, com algumas exceções, a confiabilidade intrínseca de um equipamento, dada por seu fabricante, não é um fator significativo. Para ele, apesar dessa confiabilidade representar o limite de desempenho que a manutenção pode garantir, um mau programa de manutenção rapidamente a torna inócua, enquanto uma baixa confiabilidade inerente pode ser melhorada com um bom programa de manutenção (26:235).

A definição dos métodos e técnicas de manutenção mais adequados deve, portanto, ser uma preocupação constante para se alcançar bons resultados. O autor concorda com Monchy quando este diz que "não há um tipo de manutenção melhor em si mesmo, mas,

para cada máquina, cada subconjunto, será necessário adaptar um método de manutenção específico, realizando um compromisso técnico-econômico de otimizá-lo, padronizá-lo, e aperfeiçoá-lo" (29:376). A solução parece ser a combinação certa dos métodos disponíveis, que são, a manutenção por avaria, a com base no tempo de uso e a baseada na monitoração da condição do equipamento.

Atualmente, a manutenção precisa deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz. Não basta apenas que se reparem equipamentos ou instalações o mais rápido possível. É preciso manter a função dos equipamentos ou instalações disponíveis e reduzir os riscos das paradas não planejadas (27:11). Não é mais aceitável que o equipamento pare dessa forma; a manutenção deve ser organizada de modo que o equipamento pare planejadamente. Na visão atual: "a manutenção existe para que não haja manutenção".

Adicionalmente, para a Marinha do Brasil, face às dificuldades financeiras correntes, a manutenção cresce em importância porque, além de buscar permanentemente a máxima disponibilidade operacional dos sistemas e equipamentos, ao menor custo, deverá também criar condições para que a vida útil dos navios possa ser aumentada. Essa opção se torna relevante no cenário atual, pois novas obtenções de meios navais em futuro próximo, por construção, parecem ser pouco prováveis.

Dentro desse contexto, o presente trabalho inicialmente aborda a logística, apresentando seu surgimento, sua importância e suas divisões, até chegar-se às funções logísticas, dentre as quais se destaca a Função Manutenção.

No capítulo inicial são ainda apresentadas as diversas definições para a Função Manutenção; a classificação para ela proposta pelo autor; e a maneira como deve ser estruturada. No seguinte, são descritos os fatores que interferem no estabelecimento da vida útil dos meios navais.

Após a abordagem teórica, a monografia passa então a tratar em seu capítulo 3, da Função Manutenção dentro da Marinha, destacando seu planejamento e organização, a prática da engenharia de manutenção pelas Diretorias Especializadas, a montagem do sistema de manutenção planejada (SMP), a adoção de técnicas de manutenção preditiva e a visão do Setor Operativo sobre sua execução. Em seguida, são analisados no capítulo 4, os principais fatores que influenciam o cumprimento da vida útil originalmente estabelecida e aqueles que interferem em sua extensão.

Como resultado das análises realizadas são propostas, no capítulo 5, diretrizes e critérios que, se adotados, contribuirão para a extensão da vida útil dos meios navais da Marinha do Brasil.

CAPÍTULO 1

A LOGÍSTICA E A FUNÇÃO MANUTENÇÃO

"Quando tudo vai bem, ninguém
lembra que existe; quando algo vai
mal, dizem que não existe; quando
é para gastar, acha-se que não é
preciso que exista; porém, quando
realmente não existe, todos
concordam que deveria existir."
(Autor Desconhecido)

SEÇÃO I - A LOGÍSTICA

A palavra logística foi aplicada pela primeira vez na história da Arte Militar, no tratado "Precis de l'art de la guerre" do Barão Henri Jomini, em 1836. Esse general suíço, a serviço de Napoleão, define que logística é "a arte prática de mover exércitos" e "o estabelecimento e organização de linhas de abastecimento". Para a Marinha do Brasil (MB), logística é "a componente da arte da guerra que tem como propósito obter e distribuir às Forças Armadas os recursos de pessoal, material e serviços em quantidade, qualidade, momento e lugar por elas determinados, satisfazendo as necessidades na preparação e na execução de suas operações exigidas pela guerra" (14:1-3).

No meio naval, a palavra logística começou a ser utilizada em 1908. Porém, foi apenas em 1917, quando o Tenente-Coronel George Thorpe publicou o texto intitulado "Pure Logistics, the Science of War Preparation", que a verdadeira tomada de consciência da logística, como ciência, ocorreu. A partir daí, a logística passou a estar situada no mesmo nível da estratégia e da tática.

A estratégia determina onde e com que forças deve ser travada a batalha; a tática emprega as forças em busca do propósito visado; e a logística prevê e provê o necessário para tais forças se deslocarem até a área de operações estabelecida e lá se manterem em condições de lutar. Portanto, a logística é uma ciência de apoio à estratégia e à tática; não cria necessidades mas as satisfaz.

Como, na maioria das situações, os recursos são escassos, a logística condiciona a estratégia e a tática. Assim, pode-se dizer que, devido às suas intensas relações com essas outras artes militares, ela impõe aos logísticos dominarem, na sua essência, a estratégia, e a conhecerem, pelo menos nas suas aplicações, a tática.

A logística, por ser uma ciência, admite diversas classificações, dependendo da óptica segundo a qual for encarado seu estudo. Pela natureza do seu conteúdo pode ser caracterizada como pura ou teórica e aplicada ou prática. Quanto ao nível de comando em que se colocam os problemas logísticos, pode-se distinguir entre a nacional ou de alto nível e a operacional. Finalmente, segundo o ponto de vista das funções que exerce, pode ser dividida em: de produção e de consumo (14:1-3 - 1-5).

O objetivo da logística aplicada, subdivisão que interessa a este trabalho, é a resolução de problemas segundo uma metodologia específica, adequada à sua natureza, tendo por base uma teoria capaz de relacionar, harmoniosamente, todos os elementos que intervêm nesses problemas. O problema logístico é originado na necessidade de prover às forças os recursos requeridos, em determinadas circunstâncias. Para resolvê-lo será preciso realizar um esforço logístico, que definirá a solução e a executará. Desse esforço tomam parte o Comando ou Direção, que determina quais problemas serão resolvidos, e de que forma; as Funções Logísticas, que são conjuntos de atividades logísticas afins, correlatas ou de mesma natureza que contribuem para a solução do problema, dentre as quais destaca-se a Função Manutenção; e o Ciclo Logístico, que

será executado por meio da Determinação de Necessidades, Obtenção e Distribuição, suas três fases básicas (16:2-1).

SEÇÃO II - A FUNÇÃO MANUTENÇÃO

Conceito

A manutenção, que é uma das sete funções logísticas - as outras são: suprimento; salvamento; saúde; recursos humanos; transporte e engenharia, visa manter um item ou equipamento em condições de cumprir a função para a qual foi projetado, dentro de um contexto operacional estabelecido.

O termo "manutenção" tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era "manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material num nível constante". O aparecimento desse termo na indústria ocorreu por volta do ano 1950 nos Estados Unidos da América (EUA). Na França, ele se sobrepõe progressivamente à palavra "conservação" (29:3). O dicionário Aurélio define manutenção como o ato ou efeito de manter(-se); as medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação; ou os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas (23).

Para a MB, manutenção "é o conjunto de atividades técnicas e administrativas que são executadas visando manter o material[1] na melhor condição para emprego com confiabilidade[2], segurança e custo adequado e, quando houver avarias, reconduzi-lo àquela condição." (16:3-1).

Tavares estabelece: "Manutenção - Todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma

---

[1] O termo "material" utilizado nesse trabalho, deve ser entendido no sentido amplo, abrangendo cada item, equipamento, sistema, ou o próprio meio naval, aeronaval e de fuzileiros navais (16:3-2).
[2] Probabilidade de um item ter o desempenho requerido nas condições estabelecidas, por um determinado período de tempo (8:3).

condição especificada." (37:57). Já Monks considera que "a manutenção é uma atividade desenvolvida para manter o equipamento ou outros bens em condições que irão melhor apoiar as metas organizacionais. As decisões de manutenção devem refletir a viabilidade do sistema a longo prazo." (30:466). Para Pinto e Xavier a missão da manutenção é "garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de forma a atender a um processo de produção e preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo adequados." (33:16).

Esse último conceito, mais recente, estimula a discussão entre o paradigma anterior da manutenção, e ainda atual em muitos lugares, no qual "o homem de manutenção sente-se bem quando executa um bom reparo" e o moderno, onde "o homem de manutenção sente-se bem quando não tem que fazer reparo porque conseguiu evitar todas as quebras não planejadas". A adoção do novo papel da manutenção é o grande desafio gerencial dos tempos atuais.

Evolução

Em meados do século XIX, durante a Revolução Industrial, surgiu a Manutenção Corretiva, também conhecida como Manutenção Reativa. Naquela época, peças produzidas de forma artesanal passaram a ser fabricadas com máquinas que, obviamente, quebravam após certo tempo de uso. Após a quebra, daí o nome reativa, os responsáveis pela manutenção procuravam "reagir" ao defeito e corrigi-lo. Evidentemente os custos desse procedimento são altos, principalmente se somarmos aos custos dos reparos, as paradas inesperadas de produção. Essa particularidade praticamente levou a Manutenção Corretiva, como política de manutenção para equipamentos prioritários dentro da linha de produção, à obsolescência, apesar de ser a forma mais óbvia e primária de manutenção.

No início do século XX, até o final da década de 20, a manutenção era focada

apenas no reparo de equipamentos avariados, sem sistematização na organização e na execução das rotinas. Essa estratégia era viável devido à robustez dos equipamentos que projetados com altos fatores de segurança, exagerados, reduziam a propensão de falhas; ao alto nível de redundância existente; e à pequena interdependência dos equipamentos, fazendo com que a avaria em um deles não se refletisse nos demais. Não existia um sistema de manutenção estruturado. Os operadores eram responsáveis por um mínimo de manutenção, afeta apenas àquilo que influenciasse o desempenho de seu equipamento.

No período entre 1915 e 1940 a Manutenção Preventiva começou a se fazer notar, ainda incipiente, baseada na repetição de ações de manutenção simples, tais como reaperto de parafusos e lubrificação periódica. Nessa época, após o surgimento de plantas mais modernas, com equipamentos interdependentes, avarias de um equipamento comprometiam seriamente a operação integrada do sistema. Essas avarias tinham que ser evitadas e não apenas corrigidas. Apesar disso, a manutenção ainda não era sistemática; não haviam planos nem instruções pré-estabelecidas. A manutenção era executada por um funcionário, exclusivamente selecionado para esse fim, que circulava pela planta executando as ações, na medida e freqüência que ele ou seu chefe consideravam razoáveis. As ações dependiam diretamente de sua experiência e de seu conhecimento sobre os equipamentos. Assim, as férias, que começavam a se tornar direito dos trabalhadores, podiam causar aumento da taxa de falhas. Embora simples, essa sistemática foi responsável pela acentuada redução no número de falhas, especialmente nas linhas de montagem e na indústria naval.

A partir de 1935 surge a Manutenção Preventiva Sistemática, com organização definida, procedimentos formalizados e periodicidade estabelecida. Responsável por um aumento substancial na disponibilidade e na confiabilidade dos equipamentos e

sistemas, ela teve grande crescimento nos EUA na época da 2ª Grande Guerra, devido à falta de pessoal especializado em diagnóstico e reparo, causada pela convocação de homens para a guerra e a conseqüente utilização de mulheres nesse tipo de tarefa. Essa manutenção considerava a substituição de itens que se desgastavam, em caráter preventivo, para prevenir avarias. Economicamente justificava-se porque os fatores de segurança adotados nos projetos das máquinas vinham sendo reduzidos, visando a redução de custos iniciais, e pelos crescentes níveis de segurança exigidos no funcionamento das indústrias. A ambição de toda boa fábrica ao final da guerra era ter um sistema de Manutenção Preventiva estabelecido. A área naval, principalmente a marinha americana, seguiu e desenvolveu tal tendência, ainda hoje utilizada em diversas instalações.

Essa fase consagrou-se pelo desperdício, onde muitas peças boas foram descartadas. Não havia qualquer explicação científica para esse procedimento. Caracterizava-se apenas pelo conceito de que era necessário revisar antes de quebrar, sem que houvesse um teste para assegurar a má qualidade do componente a ser substituído.

De 1950 a 1970 foi desenvolvido nos EUA o conceito de Manutenção Produtiva, como um passo adiante em relação a Manutenção Preventiva da década de 40. Ela buscava a falha zero através da prevenção da manutenção. Isso seria possível com a adoção de soluções de projeto que reduzissem a necessidade daquelas ações; a eliminação das causas das falhas investigadas, por meio de medidas que evitassem sua repetição; e a execução de ações preventivas periódicas, a exemplo dos sistemas da década anterior.

A Manutenção Produtiva reduziu as falhas mas não alcançou a falha zero pois, com os novos métodos de cálculo e de projeto desenvolvidos à época e com a busca pela otimização decorrente da acirrada competição no mercado, os equipamentos tornaram-

se muito mais complexos e sensíveis. Para muitas organizações essa técnica de manutenção ainda é um estágio a alcançar. Os americanos exportaram-na para o Japão do pós-guerra, durante o período de reconstrução por eles tutelada (32:7).

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) surgida nos EUA a partir de 1965, significou um passo à frente da Manutenção Produtiva na busca pela falha zero, ao tentar evitar as conseqüências da falha. Ela foi inicialmente utilizada na indústria aeronáutica americana, por intermédio da "United e American Airlines", e propagou-se para as áreas nuclear, militar e de geração elétrica. A marinha americana adota os conceitos da RCM desde 1978 (31:262-269).

A Manutenção Produtiva Total (TPM)[3] foi desenvolvida no Japão também a partir de 1965, ao mesmo tempo em que os EUA desenvolviam a RCM. Implementada na indústria japonesa através da Nippon Denso, empresa pertencente ao grupo Toyota, formou junto com a Qualidade Total e o "Just-in-time" o tripé responsável pelo impressionante desempenho industrial do Japão a partir da década de 70. Voltada inicialmente para a indústria de produção seriada, virou "febre" no Ocidente em todos os ramos de atividade, inclusive em alguns, para os quais não era adequada.

A Terotecnologia foi desenvolvida na Inglaterra a partir de 1970, como resposta inglesa às técnicas de manutenção desenvolvidas nos EUA e no Japão (32:7). Ela determina a participação de um especialista em manutenção desde a concepção do equipamento até sua instalação e primeiras horas de operação. Com a Terotecnologia, obtêm-se equipamentos que facilitam a intervenção dos mantenedores.

A partir de 1975, novos recursos de monitoração, o processamento de sinais e a redução substancial no preço dos computadores viabilizaram a Manutenção Preventiva

---

[3] Na opinião do autor, o melhor nome para essa técnica seria Manutenção da Produtividade Total, pois o que ela efetivamente busca é manter a produtividade e não, necessariamente, o equipamento de "per si". A denominação Produtiva Total pode ter sido erro de tradução pois, em inglês, "Productive" significa tanto produtiva como produtividade.

Preditiva ou, simplesmente, Manutenção Preditiva. Esse método, desenvolvido para cobrir as deficiências da Manutenção Preventiva, tem como idéia central conhecer a condição de componentes de máquinas sem a necessidade de inspeções internas, ou seja, sem a necessidade de parar o equipamento e abri-lo para verificar o estado dos componentes. No jargão técnico: inspeções pouco intrusivas. Dessa forma, tornou-se possível planejar a parada de acordo com os interesses da produção, ao mesmo tempo em que as peças são utilizadas com melhor aproveitamento de sua vida útil.

Posteriormente, a partir da década de 90, a Manutenção Detectiva começa a ser mencionada na literatura técnica, em decorrência da utilização cada vez mais intensa de computadores digitais em instrumentação e controle de processo nas plantas industriais e da importância de identificar falhas ocultas que ocorrem nesses sistemas complexos, para garantir suas confiabilidades.

A Manutenção Pró-Ativa, uma variação da Manutenção Preditiva, e a Engenharia de Manutenção, que ao buscar identificar as causas básicas dos defeitos para evitar a repetição dos reparos, na realidade é um dos componentes da Manutenção Produtiva americana da década de 50, também foram formuladas no início dos anos 90.

SEÇÃO III – CLASSIFICAÇÃO DA MANUTENÇÃO

A classificação dos diversos tipos, métodos e técnicas de manutenção é um assunto que ainda hoje não está totalmente pacificado e cada estudioso tem um entendimento particular sobre o assunto. Assim, a grande variedade de denominações utilizadas para classificar a atuação da manutenção, não raramente provoca uma certa confusão em sua caracterização.

Pinto e Xavier identificam como tipos básicos de manutenção a Corretiva não planejada; a Corretiva planejada; a Preventiva; a Preditiva; a Detectiva; e a Engenharia de Manutenção. Eles não consideram a TPM e a RCM como tipos, apesar do nome, mas

sim como ferramentas que permitem a aplicação dos tipos por eles estabelecidos (33:31-32).

Alternativamente, Mirshawka adota uma classificação mais simples. Ele distingue apenas três tipos de manutenção: a Corretiva ou Curativa, efetuada após a pane ou avaria; a Sistemática, Produtiva ou Baseada na Duração do Funcionamento, cumprida a intervalos regulares, de forma sistemática; e a Condicional, Preditiva ou Previsional, realizada em função do estado do material. Para ele as Manutenções Sistemática e Condicional são subdivisões da Manutenção Preventiva (28:103-104).

A marinha americana, apesar de reconhecer que a classificação da manutenção depende do ponto de vista, considera apenas três tipos: a Preventiva, que visa prevenir ou descobrir falhas funcionais; a Corretiva, que busca reconduzir um equipamento avariado às suas condições operacionais; e, considerando que modificações ou alterações no equipamento são um tipo de manutenção, a Modificadora, cujas ações buscam eliminar falhas alterando o projeto (21:7).

A MB não estabelece um critério claro de classificação, considerando apenas a existência das Manutenções Corretiva; Preventiva; Preditiva; e Modificadora (16:3-3) e que a Manutenção Preditiva está contida na Manutenção Preventiva (14:4-5).

O autor considera a manutenção inicialmente dividida em dois tipos básicos: Preventiva e Corretiva. A primeira consistindo num conjunto de procedimentos e ações antecipadas que visam manter o equipamento em funcionamento e a segunda, a que se destina a reparar ou recuperar o equipamento danificado para repô-lo em condições de uso.

Dentro dessa classificação, a Manutenção Corretiva pode ser executada por intermédio de dois métodos: o planejado e o não planejado e a Manutenção Preventiva de quatro: o Periódico; o Preditivo; o Detectivo; e a Engenharia de Manutenção.

TPM, RCM, Manutenção Pró-Ativa e Terotecnologia foram caracterizadas de acordo com o conceito de Pinto e Xavier, isto é, como ferramentas disponíveis para aplicação dos métodos relacionados.

As características, vantagens e desvantagens dos tipos, métodos e técnicas de manutenção estão apresentadas no Anexo A.

SEÇÃO IV - ESTRUTURAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Nas instalações industriais, paradas para manutenção constituem preocupação constante na programação da produção. Se elas não forem previstas, ocorrerão vários problemas, tais como, atrasos no cronograma de fabricação; indisponibilidade dos equipamentos; e elevação dos custos. Para evitar esses problemas, foram criados o planejamento e a programação da manutenção.

Um plano de manutenção deve responder às seguintes perguntas: Como? O quê? Em quanto tempo? Quem? Quando? Quanto? As três primeiras perguntas são essenciais para o planejamento pois planejar significa conhecer os trabalhos, os recursos para executá-los e tomar decisões. As três últimas são imprescindíveis à programação; programar implica em determinar pessoal, dia e hora para executar os trabalhos.

Entretanto, não basta planejar, programar e executar a manutenção. Ela deve ser controlada para se obter informações que orientem a tomada de decisões quanto aos equipamentos e equipes envolvidos. O controle deve ser feito por meio da coleta e tabulação de dados, que serão posteriormente interpretados. Dessa forma são estabelecidos os padrões e normas de trabalho.

Assim, para harmonizar os processos que interagem na manutenção, é fundamental a existência de um sistema para seu controle. Ele permitirá, entre outras coisas, identificar que serviços serão feitos e quando; que recursos serão necessários para a execução dos serviços e quanto tempo levarão; qual será o custo de cada serviço; que

materiais serão aplicados; e que máquinas, dispositivos e ferramentas serão necessários (33:62). Além disso, o sistema possibilitará nivelar recursos e mão-de-obra; programar equipamentos de apoio; registros para consolidar o histórico e a alimentação de sistemas especialistas; e priorizar adequadamente os trabalhos (33:63).

Dentro desse contexto surgiu o Sistema de Manutenção Planejada (SMP) como ferramenta indispensável à condução da manutenção.

O Sistema de Manutenção Planejada (SMP)

O SMP, constituído por instruções, listas e detalhamento de tarefas e recursos necessários ao seu cumprimento, tem como propósito garantir a máxima disponibilidade, confiabilidade e desempenho para os equipamentos e sistemas por ele abrangidos, mediante a otimização dos recursos disponíveis para a manutenção.

As avarias ou degradações de desempenho do material podem ocorrer, basicamente, por desgaste ou deterioração ou por falhas aleatórias. Os sinais de desgaste ou deterioração podem ser identificados por meio de testes e verificações, realizados a intervalos regulares, que subsidiarão as competentes ações de manutenção. Essas atividades, de caráter preventivo, permitirão predizer o momento esperado para a ocorrência da avaria, incrementando os índices de disponibilidade operacional e atenuando os efeitos de falhas inesperadas decorrentes de desgastes ou defeitos progressivos.

As falhas aleatórias, por sua própria natureza, não podem ser previstas. O SMP, mesmo não se propondo a eliminá-las completamente, busca fornecer, nesses casos, as informações necessárias ao início das atividades de Manutenção Corretiva.

O sistema consiste, essencialmente, na consolidação dos procedimentos de Manutenção Preventiva dos diversos equipamentos e sistemas de forma padronizada e eficiente, buscando a máxima economia de meios. Ele possui as seguintes

características principais:

a) as atividades de manutenção são administradas e empreendidas pela estrutura organizacional, em vários níveis;

b) as atividades de manutenção são planejadas para cada nível, considerando-se as demais atividades da organização;

c) as atividades de manutenção têm execução descentralizada, cabendo a cada indivíduo a responsabilidade pelo cumprimento da que lhe for atribuída;

d) as atividades de cada nível de operação do sistema são controladas, de forma a assegurar a retroalimentação da informação;

e) o funcionamento é baseado na existência de documentação técnica, equipamentos de teste e ferramentas especiais, sobressalentes e pessoal qualificado;

f) não entra em funcionamento por si só nem produz resultados automaticamente. É indispensável a existência, em todos os níveis da organização, de uma atitude positiva de crença e confiança em sua eficiência;

g) deve ter condições de permitir a execução imediata de atividades de Manutenção Corretiva ao ser identificada avaria durante a execução de rotinas de Manutenção Preventiva; e

h) existência obrigatória de elementos para a contínua avaliação de sua eficiência e de instrumentos para seu aperfeiçoamento.

O SMP é organizado e funciona através das seguintes etapas:

a) elaboração, quando os documentos previstos são produzidos;

b) programação, quando as rotinas de manutenção são distribuídas dentro do período básico estabelecido para a organização, a partir do planejamento[4] realizado;

c) execução, quando do cumprimento das rotinas de manutenção programadas;

---

[4] No planejamento as rotinas de manutenção são distribuídas ao longo do ciclo de atividades estabelecido.

d) registro, quando do lançamento, na documentação pertinente, das informações obtidas durante a execução das rotinas de manutenção; e

e) controle, quando reúne o acompanhamento das atividades, em cada nível de operação do sistema; analisa os resultados obtidos; e apresenta as conclusões decorrentes dessa análise (6:25).

O projeto de um SMP deverá ser desenvolvido a partir da definição da lista de equipamentos a serem considerados, passando pelo estabelecimento do ciclo de atividades[5] da organização e do período básico ou de referência; pela definição da hierarquia do material, dos níveis de operação do sistema e da documentação básica (plano mestre, programas, tabelas, quadros, etc.); e pela caracterização da periodicidade das rotinas, até à elaboração das instruções para seu funcionamento.

Os principais documentos a serem produzidos para um SMP são:

a) Plano Mestre de Manutenção,[6] com a distribuição de todas as rotinas de manutenção ao longo do ciclo de atividades;

b) Programas de Manutenção, distribuindo no período básico da organização as ações de Manutenção Preventiva constantes do Plano Mestre de Manutenção que serão realizadas;

c) Cartões de Manutenção, de Condução e de Defeitos, Causas e Correções, que são documentos em formato padronizado e extremamente detalhados, que permitem, respectivamente, a execução das rotinas de manutenção, de condução e de pesquisa de avarias;

d) Instruções de Funcionamento que estabelecem ciclo de operação e período básico

---

[5] Ciclo composto de um Período Operativo e de um Período de Manutenção (PM) de longa duração. Tem início com a operação do meio, após sua incorporação à MB ou após o encerramento de um PM de longa duração, e termina ao se concluir o PM de longa duração seguinte (16:3-1).

[6] Documento que planifica, baseado em condições médias de disponibilidade de mão-de-obra, as rotinas de manutenção preventiva previstas para o ciclo de atividades (6:15).

do SMP; níveis de operação; composição hierárquica das rotinas de manutenção; descrição do sistema; e instruções e fluxogramas de funcionamento; e

e) Registros Diversos para documentar o cumprimento ou não das rotinas de manutenção; informações relevantes para o histórico dos sistemas e equipamentos; e demais dados de interesse para o SMP (6:27-28).

Integração da Manutenção Preditiva ao SMP Tradicional

A Manutenção Preditiva não prescinde da Preventiva nem do sistema sob o qual ela é executada. Ela apenas torna a Manutenção Preventiva mais flexível e econômica. A grande mudança implementada pela Manutenção Preditiva está na atribuição de periodicidade à inspeção e não mais à substituição antecipada de itens.

Programas de Manutenção Preditiva devem se relacionar com o SMP tradicional de forma a usufruir dos benefícios do esforço, já demandado, de padronização dos serviços a serem realizados. Esses programas utilizam a base de dados do SMP e, uma vez implementados, tornam possíveis a realização de análises, a nível de Engenharia de Manutenção, para:

a) rever a periodicidade da manutenção tradicional, uma vez que a Manutenção Preditiva não substitui a Preventiva mas a complementa, flexibilizando os intervalos;

b) adequar rotinas secundárias;

c) comprovar cálculos de confiabilidade e de disponibilidade[7]; e

d) comprovar a manutenibilidade[8].

Esse entendimento foi confirmado num estudo que analisou os resultados alcançados por duzentas empresas norte-americanas que implantaram programas de

---

[7] Medida da probabilidade de que um item esteja em situação operacional para a realização de uma missão (8:3).

[8] Probabilidade de que um sistema avariado seja reparado, ou melhor, restituído à condição operacional, num determinado intervalo de tempo (14: 6- 5).

Manutenção Preditiva. Dentre os mais relevantes, pode-se relacionar os seguintes:

a) redução dos custos de manutenção, superior a 50%;

b) redução do número de paradas por quebra, após dois anos de implantação do programa, de 50 a 60%;

c) redução do número de paradas para manutenção, após um ano de implantação do programa, de 50 a 80%;

d) aumento de produção, de 20 a 30%;

e) aumento da vida útil dos equipamentos, após cinco anos de operação, de 20 a 40%; e

f) aumento nos lucros de 25 a 60% (28:190).

CAPÍTULO 2

ESTABELECIMENTO DA VIDA ÚTIL DOS MEIOS NAVAIS

A vida útil dos meios navais, conceituada na MB como o período compreendido entre a incorporação do meio até a sua baixa (16:3-1), é definida em função da avaliação de diversos fatores que interferem em seu estabelecimento e que estão em permanente evolução. Dentre eles, destacam-se os requisitos de projeto e construção; os tipos de obsolescência; a confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade; e as ações de manutenção, a seguir analisadas.

Requisitos de Projeto e Construção

Os Requisitos de Estado-Maior (REM), os Requisitos de Alto Nível dos Sistemas (RANS) e as especificações de construção utilizados na obtenção do novo meio são alguns dos principais fatores que afetam na definição de sua vida útil. Durante a fase de projeto, a vida útil estabelecida orientará o tipo da estrutura, o material a empregar e a resistência do casco, de modo que ele não dê baixa prematuramente por problemas estruturais. Adicionalmente, a vida útil estabelecida também interferirá na definição das margens de crescimento futuro de peso e volume para modernizações ou instalações de novos sistemas de armas, bem como de reservas, que possibilitem futuros aumentos de carga, por exemplo, de energia elétrica; ar condicionado; e água gelada destinados, principalmente, a viabilizar as modificações pretendidas.

O critério adotado pela marinha americana, vigente há várias décadas, é construir navios para uma vida útil de, pelo menos, 30 anos. Programas de reconstrução são igualmente empregados, desde que a custos aceitáveis, para estender a vida útil dos meios em até 50%, como foi o caso do "Service Life Extension Program (SLEP)" aplicado aos porta-aviões convencionais construídos durante a década de 60 (2:268).

A marinha do Reino Unido, por sua vez, está projetando seus meios para uma vida útil de 20 a 25 anos, com quase nenhuma margem de peso e espaço para futuras modernizações. A tendência britânica, oposta à americana, é de encurtar a vida útil, favorecendo os planos de construção naval de novos navios antes de modernizar ou reconstruir os existentes.

A capacidade industrial de um país, particularmente no que se refere à indústria de defesa e de construção naval, é outro fator de grande importância quando se define a vida útil. Países com maior base industrial e mais desenvolvidos possuem maior capacidade de modificar e estender a vida útil dos meios do que aqueles onde a indústria naval é pouco desenvolvida ou inexistente.

Tipos de Obsolescências

Apesar da importância dos requisitos de projeto no estabelecimento da vida útil dos navios, as obsolescências com que eles se deparam afetam sobremaneira as forças navais. Não é raro se ter sistemas obsoletos sendo instalados em navios ainda em construção devido, especialmente, à velocidade com que estão evoluindo, na busca permanente de superar, em desempenho e capacidade, aqueles produzidos na geração anterior. Esse efeito torna-se mais grave nos últimos navios da classe se o projeto original não for modificado ou modernizado.

Dentre as obsolescências que afetam a vida útil dos meios navais pode-se destacar:

a) a econômica, que ocorre quando o custo de operação se torna proibitivo ao ser comparado com a pequena contribuição do meio à capacidade da força que o emprega ou quando os custos de modernização ou recuperação superam o custo de aquisição de um novo meio com capacidade superior. A comparação entre meios que podem cumprir as mesmas funções, com melhor eficiência e custos mais reduzidos, também conduzem a esse tipo de obsolescência.

Entende-se por custos de operação aqueles resultantes, dentre outros, dos custos de combustível, munição, sobressalentes, reparos, manutenção e também de pessoal;

b) a tática, que é observada quando os sistemas de armas têm seus desempenhos superados pelos das forças inimigas, tornando o navio ineficaz para cumprir suas funções originais. Essa obsolescência igualmente se percebe pela dificuldade de alterar as faixas de emissão dos meios, que são crescentemente utilizadas pelas plataformas inimigas, que possuem sensores e sistemas de armas mais modernos;

c) a logística, que decorre da impossibilidade de manter ou reparar os sistemas existentes nos navios devido à falta de sobressalentes que deixaram de ser fabricados. Essa obsolescência termina afetando a confiabilidade e a disponibilidade geral do meio, tornando cada vez mais difícil, dispendioso e lento o processo de manutenção;

d) a estratégica, que ocorre com o surgimento de novas plataformas ou sistemas capazes de cumprir, de forma mais eficiente e econômica, as tarefas estabelecidas para um determinado meio; e

e) a total, que é a integração das obsolescências anteriores. Nesse caso, o meio é antieconômico e está obsoleto tática, logística e estrategicamente (2:266-268).

Analisando-se as diversas obsolescências e os critérios utilizados para suas caracterizações percebe-se que a logística é a única que não conta com um critério bem definido. Como ele não pode ser outro que não o comportamento do material, conclui-se que são necessárias informações acerca da taxa de falhas[9], disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade dos meios para que se possa acompanhar a evolução dessa obsolescência (36:87).

---

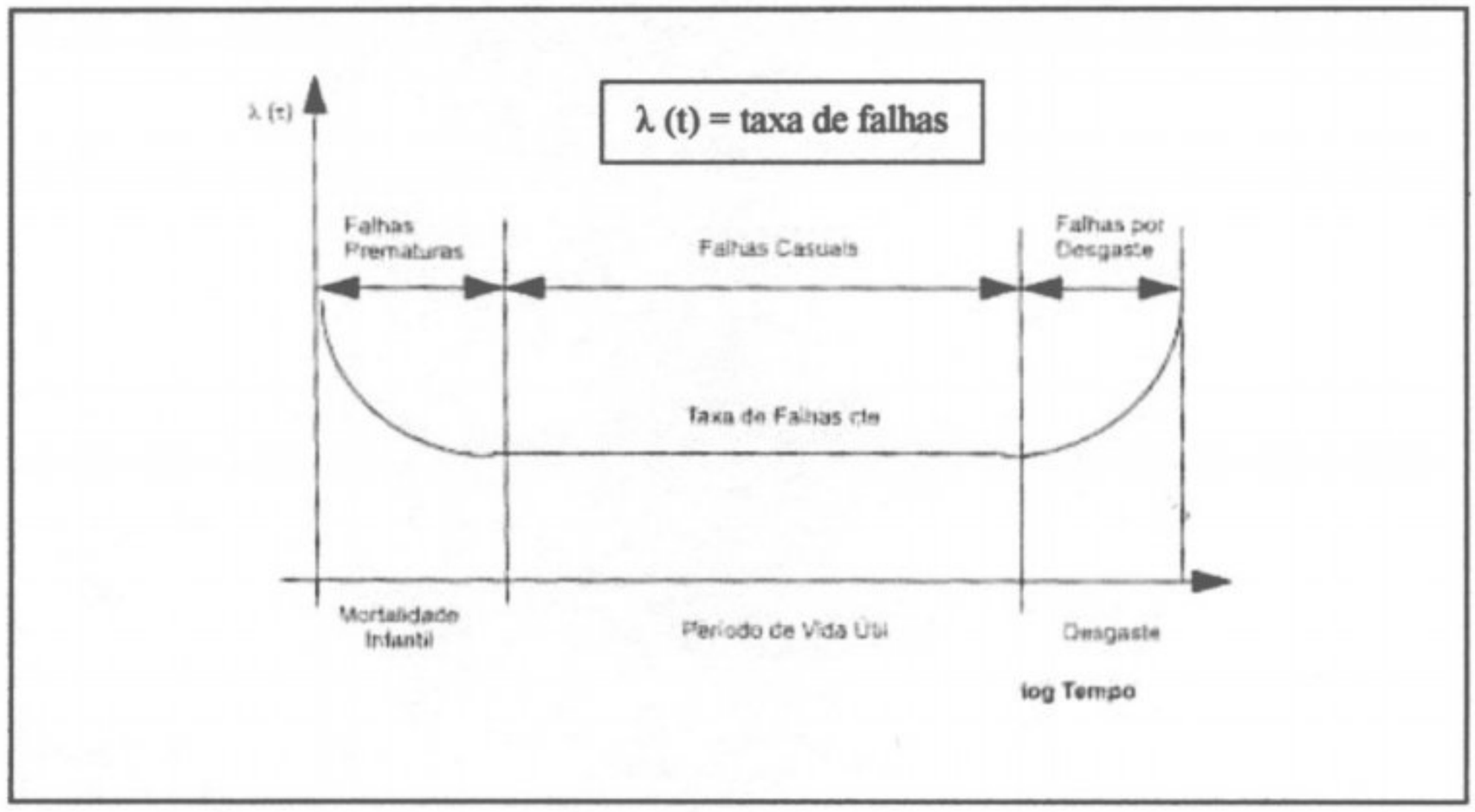
[9] Freqüência com que as falhas ocorrem, num certo intervalo de tempo, medida pelo número de falhas para cada hora de operação ou número de operação do sistema ou componente. O inverso da taxa de falhas é conhecido como Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) (26:15).

Confiabilidade, Manutenibilidade[10] e Disponibilidade

A confiabilidade está diretamente relacionada à confiança que se tem num componente, equipamento ou sistema, ou seja, que ele não apresente falhas. Dessa forma, confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de que um componente ou sistema, funcionando dentro dos limites especificados de projeto, não falhe durante o período de tempo previsto para a sua vida, sob condições definidas de uso (26:2). A confiabilidade está geralmente ligada às falhas durante a vida do produto.

Ao se analisar a vida de componentes ou sistemas observa-se que nem todos apresentam o mesmo comportamento. Tradicionalmente, as fases de suas vidas podem ser representadas pela "curva da banheira", apresentada na Figura 1, onde são identificados três períodos distintos: mortalidade infantil; vida útil; e desgaste.

Fig. n.° 1 – Curva da Banheira (26:16)



No período de mortalidade infantil ocorrem as falhas prematuras devido, principalmente, à deficiências de fabricação ou montagem; a taxa de falhas é

---

[10] Podem ser usadas, indistintamente, as palavras manutenibilidade ou mantenabilidade (do inglês "maintenability") (33:81).

decrescente. As falhas que ocorrem no período de vida útil são de natureza aleatória, pouco podendo ser feito para evitá-las; esse período é caracterizado por uma taxa de falhas constante. Por último, no período de desgaste, inicia-se o término da vida útil do equipamento; a taxa de falhas cresce continuamente.

Em decorrência das falhas a serem corrigidas ou da própria operação, a maioria dos sistemas sofre manutenção. A facilidade com que se efetuam reparos e outras atividades de manutenção determina a manutenibilidade do sistema. Ela é uma característica de projeto e define a facilidade e o tempo de manutenção, os custos e as funções que o item executa (26:161).

A manutenibilidade afeta diretamente a disponibilidade pois o tempo gasto para reparar falhas e executar rotinas de manutenção retira o sistema do estado disponível. Há assim, um relacionamento próximo entre confiabilidade e manutenibilidade. Uma afetando a outra, e ambas afetando a disponibilidade e o custo de operação.

A disponibilidade pode ser definida como a medida do grau de operatividade e de confiabilidade do item no início da missão, quando demandado. Esse índice pode ser representado pela expressão:

$$\text{disponibilidade} = \frac{\text{tempo total disponível}}{\text{tempo total disponível} + \text{tempo de reparo}^{11} + \text{tempo de manutenção}^{12}}$$

A otimização da disponibilidade ao longo das últimas décadas sempre esteve associada à execução de algum tipo de Manutenção Preventiva. O entendimento de que a maioria dos componentes operava confiavelmente durante sua vida útil e de que as informações adequadas de taxa de falhas estavam disponíveis, respaldava essa estratégia e levava à conclusão de que a adoção de medidas preventivas de manutenção evitariam

---

[11] Tempo gasto na execução de ações corretivas.
[12] Tempo gasto na execução de ações preventivas.

as falhas. No entanto, esse relacionamento que se pode prever entre o tempo de uso e a taxa de falha só é valido para alguns modos de falha observados em equipamentos simples e padrões de falha com período de desgaste identificável.

Atualmente, devido à complexidade crescente dos equipamentos, são utilizados outros padrões de falha, apresentados no Anexo B. O resultado do estudo que identificou esses padrões contradiz a afirmação de que sempre há uma conexão entre a taxa de falhas e o tempo de operação, isto é, de que quanto mais cedo for a intervenção de manutenção menor será sua taxa de falhas. A menos que algum modo de falha predominante, dependente do tempo, esteja presente, não há relação alguma entre a idade do equipamento e sua correspondente taxa de falhas. Portanto, manutenções programadas podem, na realidade, aumentar a taxa de falhas através da introdução de falhas prematuras que não existiam no sistema.

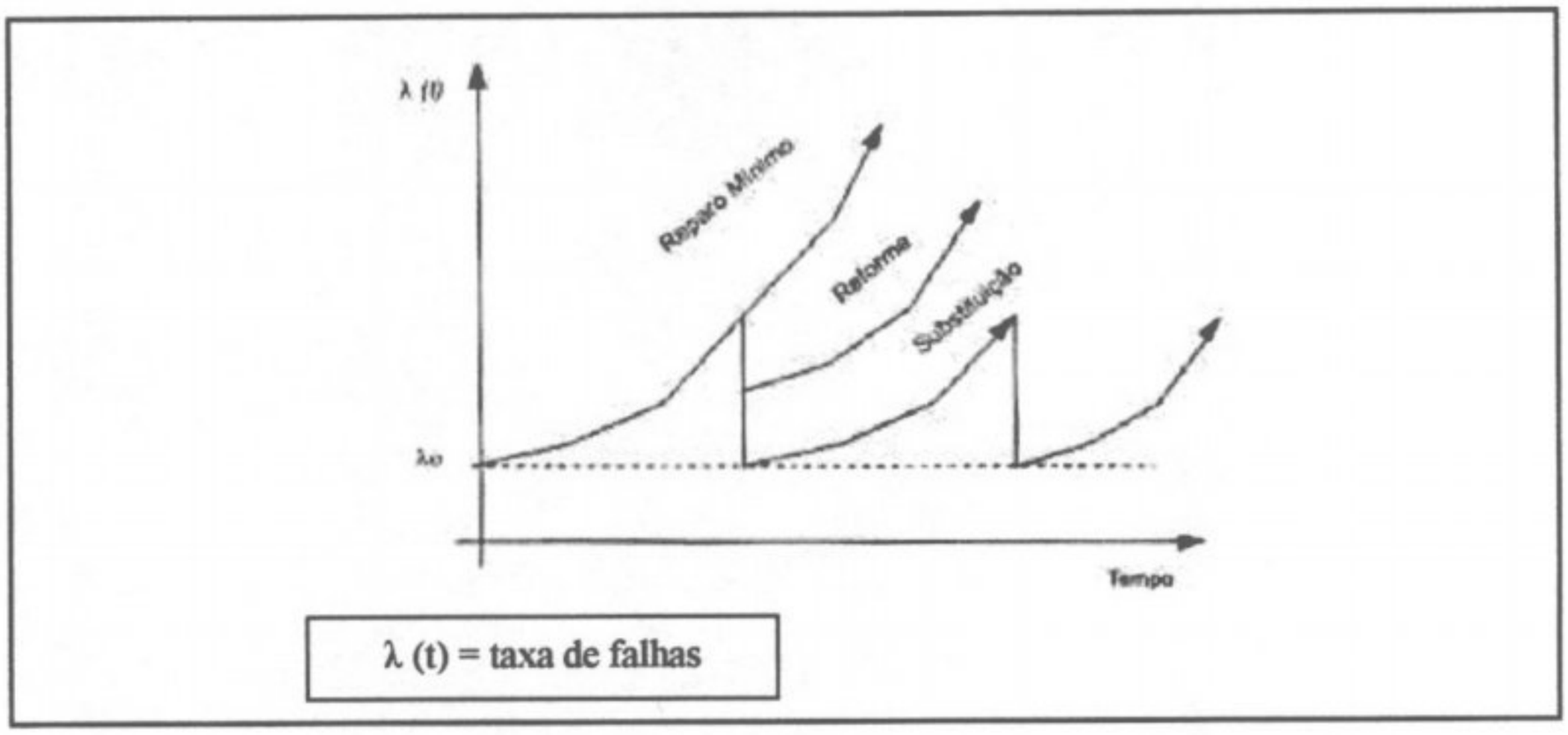
Da análise dos padrões apresentados no Anexo B pode-se observar que o envelhecimento dos equipamentos é caracterizado por taxas de falhas crescentes com o tempo. Em princípio, a execução de ações de Manutenção Preventiva pode diminuir o crescimento continuado dessas taxas. Nesse sentido, distingue-se as seguintes atividades, esquematizadas na Figura 2:

a) reparo mínimo, cuja adoção não afeta a evolução da taxa de falha do equipamento;

b) reforma, que ao ser executada reduz a taxa de falha a valores intermediários; e

c) substituição, que reduz a taxa de falha ao valor inicial, podendo ser executada tanto como medida preventiva, quanto como corretiva; o equipamento fica "tão bom quanto novo" (26:183).

Fig. n.° 2 - Comportamento da Taxa de Falhas em Função das Ações de Manutenção (26:184)



Caso um equipamento ou sistema se encontre na zona de desgaste da "curva da banheira", ao se praticar Manutenção Preventiva imperfeita[13] a intervalos de tempo iguais, a taxa de falha apresentará uma tendência crescente (Figura 3). Isso significa que o equipamento ou sistema apresentará maior tendência a falhar à medida que envelhece, ou, de outra forma, que atingirá a taxa de falha máxima a intervalos de tempo cada vez menores, aumentando, consequentemente, o custo da manutenção (Figura 4).

[13] Ocorre a manutenção imperfeita quando na manutenção preventiva somente são substituídos os componentes cuja taxa de falha tenham alcançado um nível inadequado, enquanto outros, cuja taxa de falhas proximamente atingirão o limite máximo estabelecido, permanecerão, elevando, certamente, a taxa de falhas do sistema como um todo (26.185).

Fig. n.° 3 – Extensão da Vida Útil - Comportamento do Aumento da Taxa de Falhas para Intervalos de Tempo entre manutenções Constante (26:184)

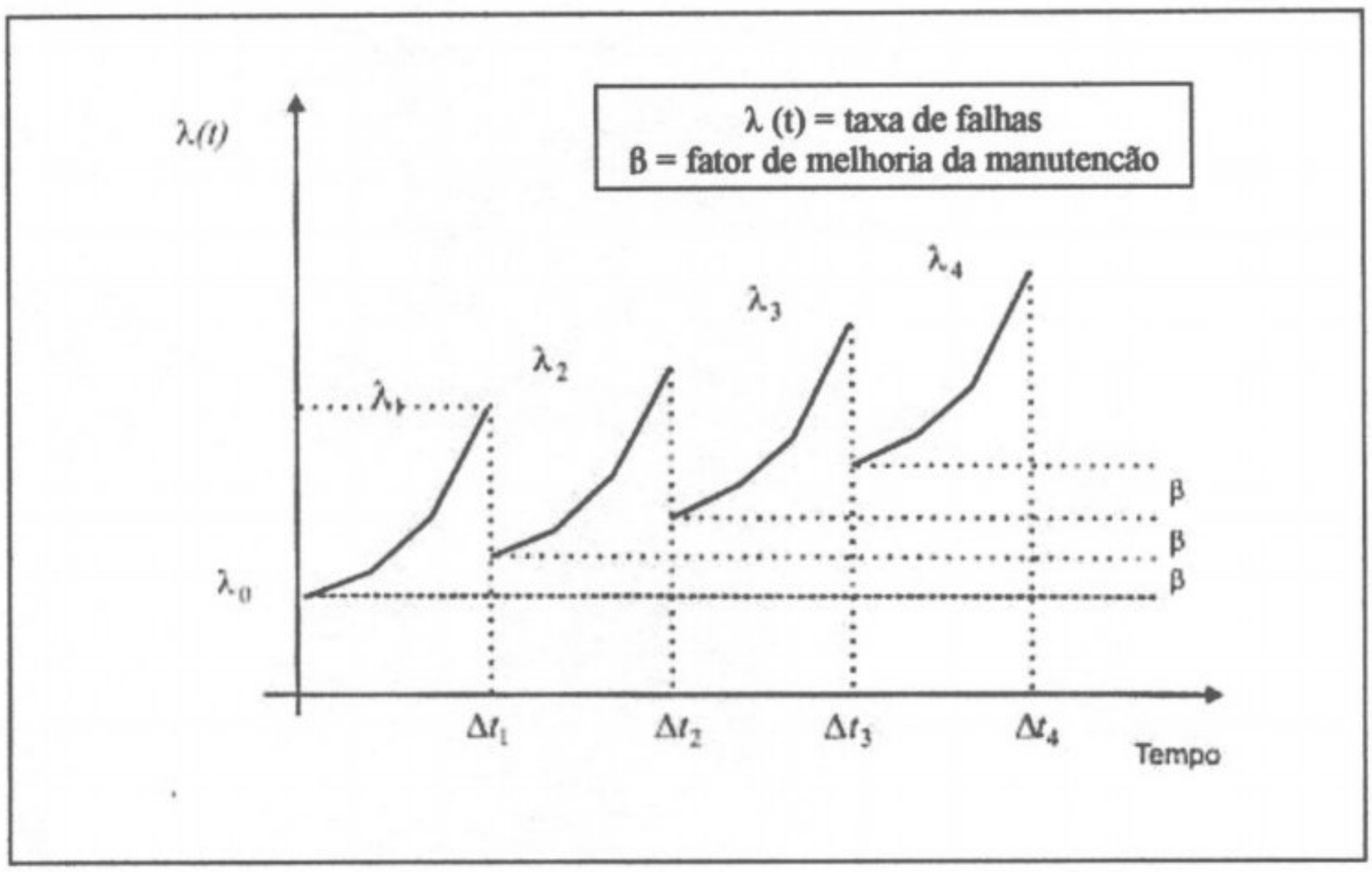
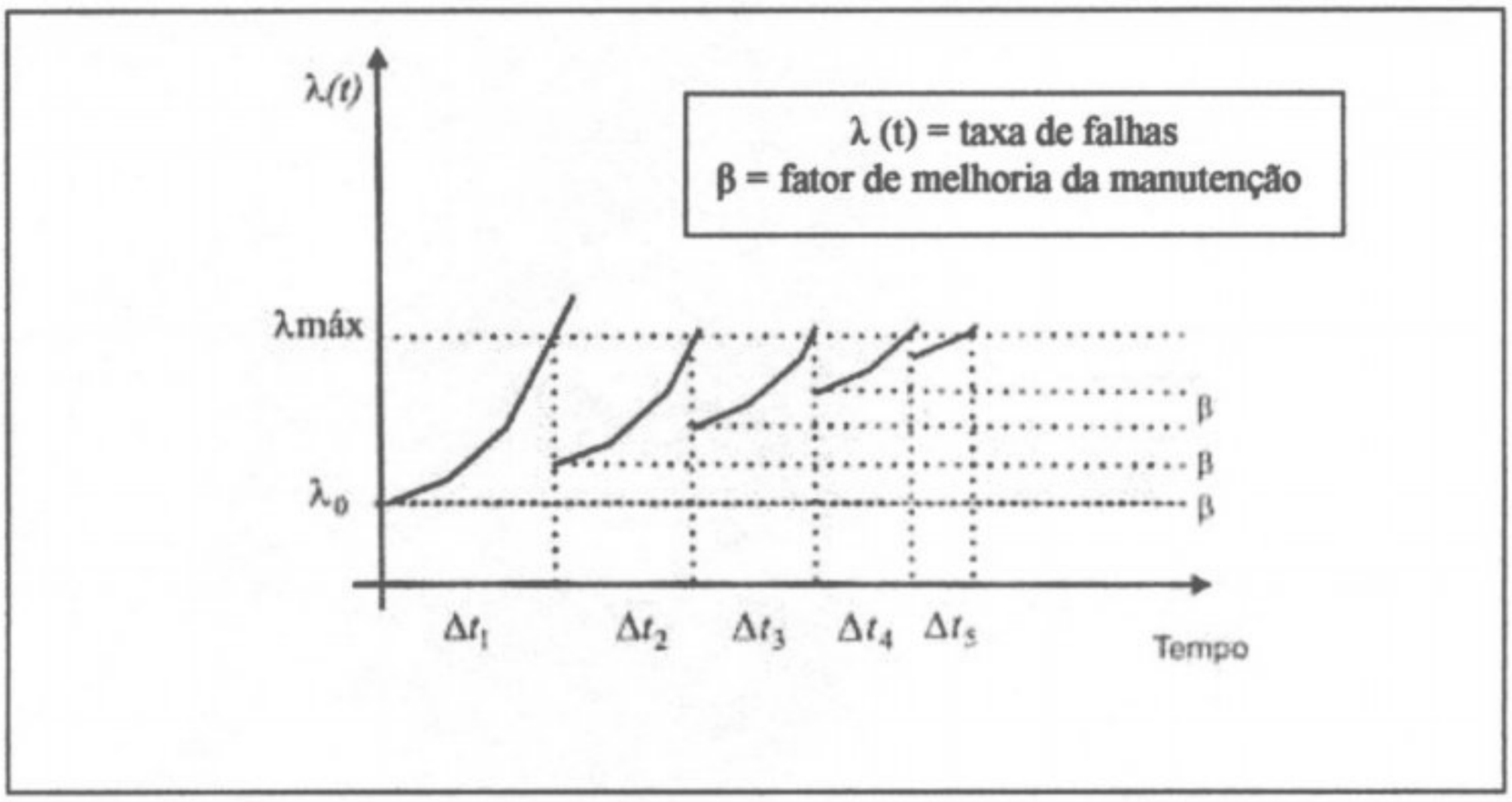


Fig. n.° 4 - Extensão da Vida Útil - Comportamento da Redução do Intervalo de Tempo entre Manutenções para Taxa de Falhas Limitada (26:185)



O equilíbrio entre efetividade e custo deve ser buscado na fase de projeto, através da seleção de níveis adequados de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade para diminuir o custo do ciclo de vida. Alcançando o maior nível de confiabilidade e de manutenibilidade possíveis, aumenta-se o tempo médio para falha e reduz-se o tempo

médio para reparo, maximizando a disponibilidade.

Ações de Manutenção

Para garantir o cumprimento da vida útil estabelecida e, com isso, possibilitar sua extensão, Astaburuaga identifica que, além da execução das manutenções preventiva e corretiva, as seguintes ações podem ser adotadas:

a) recuperação, que se destina a manter ou melhorar a confiabilidade dos diversos sistemas de bordo por meio de reparos e recondicionamentos periódicos, para que o meio permaneça atendendo aos requisitos de projeto;

b) modernização, que visa aumentar o potencial bélico, ampliar a capacidade de cumprir tarefas ou superar certas obsolescências de ordem logística ou tática que dificultam o cumprimento da missão atribuída ao navio; ou

c) reconstrução, que busca estender a vida útil dos meios navais, modernizando onde for necessário e recuperando, profunda e extensamente, todas as suas capacidades originais e estruturas físicas (2:268).

Para Astaburuaga, os programas de recuperação e modernização não estão, em geral, orientados para aumentar a vida útil dos navios. Somente programas de reconstrução permitem aumentar efetivamente a vida útil além do planejado no projeto original (2:274). Contrariamente a esse pensamento, a MB entende que por intermédio de programas de revitalização ou modernização o ciclo de vida de um equipamento pode, após análise prévia de viabilidade operacional, técnica e econômica, ser estendido; e que a manutenção corretamente executada aumenta sua vida útil, reduz as necessidades de suprimento e permite economizar recursos para atender a outras finalidades (14:4-4).

CAPÍTULO 3

A FUNÇÃO MANUTENÇÃO NA MB

SEÇÃO I – O PLANEJAMENTO E A ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

A manutenção do material da MB é responsabilidade de todas as Organizações Militares (OM) constantes da estrutura do Comando da Marinha. Os atores mais importantes dessa atividade são o Setor Operativo, responsável, principalmente, pelo planejamento e controle das atividades de manutenção dos meios e o Setor do Material[14], a quem cabe, dentre outras responsabilidades, elaborar normas e instruções específicas sobre o planejamento, execução, registro e controle da manutenção do material e avaliar os resultados de sua execução, que serão utilizados como subsídios para seu aperfeiçoamento. A execução da manutenção propriamente dita é responsabilidade dos navios ou das Organizações Militares Prestadoras de Serviço (OMPS), que são subordinadas ao Setor Operativo ou ao Setor do Material.

O planejamento da manutenção dos meios navais na MB está consolidado no Programa Geral de Manutenção (PROGEM), elaborado pelo Setor Operativo de acordo com o ciclo de atividades dos navios para um período de quatro anos, com o propósito de proporcionar aos meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais plena capacidade operativa. São fatores condicionantes para a elaboração dos subsídios ao PROGEM a disponibilidade de recursos financeiros e de mão-de-obra das OMPS industriais que executam as atividades de manutenção.

Os Períodos de Manutenção (PM)[15] dos meios navais têm suas extensões definidas, em princípio, por sua classe ou tipo. Todavia, o planejamento, a programação e o

---

[14] A expressão "Setor do Material" engloba as OM subordinadas à Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM) (16:1-1).

[15] Períodos em que o meio se encontra indisponível, para fins operativos, como forma de viabilizar a realização das atividades de manutenção (16:3-1).

controle dos serviços solicitados no PM só serão eficientes se os materiais a serem utilizados estiverem disponíveis nas OMPS, no momento oportuno. A inexistência ou atraso na obtenção desses materiais causará, entre outros inconvenientes, elevação de custos, emprego ineficiente de mão-de-obra e atrasos na conclusão dos serviços.

A manutenção na MB está respaldada na existência de um SMP. Para o material cujas atividades de manutenção planejada não justifiquem a criação de rotinas no escopo de um SMP, a manutenção deverá ser executada de acordo com instruções específicas das Diretorias Especializadas (DE) ou, na ausência dessas, seguindo o previsto nos manuais dos fabricantes.

Na organização da manutenção no Setor Operativo, os Órgãos de Direção Setorial (ODS) têm como principal atribuição planejar e controlar as atividades de manutenção dos meios subordinados; aos Comandos Imediatamente Superiores (COMIMSUP) cabe supervisioná-las. Os comandantes dos meios são responsáveis pela execução das manutenções sob sua responsabilidade, pelo gerenciamento e fiscalização das atividades de manutenção sob a responsabilidade das OMPS e pela avaliação das rotinas cumpridas que deverá ser enviada às DE.

No Setor do Material, cabe às DE elaborar, distribuir e manter atualizadas as rotinas dos SMP e as normas e instruções específicas para planejamento, execução, registro e controle das atividades de manutenção; determinar as necessidades das OMPS para execução dos PM; e definir os itens que devem ser mantidos em estoque nas OM, nas OMPS e no Sistema de Abastecimento da Marinha (SAbM), para compor as dotações de sobressalentes de bordo e de base. As OMPS, além de executar atividades de manutenção, elaboram e enviam às DE, ao final de cada PM, avaliações sobre a execução das rotinas dos SMP, com as discrepâncias observadas na documentação de manutenção.

Nessa estrutura ainda merecem destaque as OM do SAbM, que são responsáveis pela aquisição, armazenamento e fornecimento dos sobressalentes necessários à execução das rotinas de manutenção e, adicionalmente, por retroalimentar as DE com informações relativas ao consumo e à demanda real de sobressalentes. Essas informações possibilitarão o reajustamento das dotações de sobressalentes inicialmente estabelecidas.

O estreito relacionamento das OMPS e DE com os navios é imprescindível para que possam ser implementadas as ações necessárias à obtenção de um melhor desempenho, maior durabilidade e menor custo operacional do equipamento (14:4-5).

SEÇÃO II - A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO E AS DIRETORIAS ESPECIALIZADAS

A Engenharia de Manutenção na MB, diferente do que se possa imaginar, não está restrita às DE. O Centro de Projetos de Navios (CPN) é uma das OM onde mais deve ser praticada. Ela está presente ao longo do processo de obtenção de um novo meio, quer seja ele por construção, com ou sem projeto definido, ou por oportunidade. Durante a vida útil dos meios ela também é desenvolvida, através das alterações implementadas em suas configurações, resultantes das propostas de ALTERNAV e MODTEC aprovadas.

As primeiras atividades de Engenharia de Manutenção no processo de obtenção, normalmente lideradas pelo CPN, são executadas após a aprovação, pelo Comandante da Marinha, da configuração do novo meio constante do Estudo de Exequibilidade elaborado por aquele Centro. Nesse momento, com o início do Projeto de Concepção, a Equipe de Apoio Logístico (EALI)[16], composta por representantes das OM envolvidas

---

[16] Equipe responsável por todos os aspectos referentes ao apoio logístico, formada ao início da fase de Concepção do projeto e que perdura até a entrega do meio (8:3).

na obtenção do meio, é criada. Essa equipe dará início à Engenharia de Manutenção, realizando Análises de Apoio Logístico (AAL). Em sua primeira fase, essas análises se destinam a identificar aspectos do projeto que possam resultar em redução de custos operacionais, melhorias no apoio logístico ou melhor definição dos requisitos de apoio.

Nessa fase, é elaborada a primeira versão da Lista de Equipamentos do Meio (LEM)[17] e do Índice das Divisões e Subdivisões do SMP (IDSSMP)[18], e são desenvolvidos estudos da análise de disponibilidade esperada; de alternativas à concepção de sistemas para minimizar custos de apoio; e sobre pontos relevantes do Apoio Logístico Integrado (ALI) como padronização, treinamento e capacitação técnica de pessoal, dotação de sobressalentes e infra-estrutura de apoio (8:8).

Após a definição dos equipamentos a serem instalados, inicia-se a segunda fase das AAL, agora sob a liderança das DE, quando são identificados os recursos necessários ao apoio dos equipamentos ou sistemas e o impacto na infra-estrutura de apoio existente.

Esses elementos são determinados a partir da documentação técnica dos equipamentos e sistemas; do IDSSMP; e da LEM e de informações contidas nos REM e nos RANS, tais como, conceito de emprego; disponibilidade operacional requerida; modelos básicos de missão previstos; períodos de apoio para as dotações de bordo e base; e conceito de manutenção (ciclo operativo), reparo e abastecimento.

O processo técnico e analítico de engenharia desenvolvido apresenta como resultado prático, nessa fase, o Conceito de Manutenção[19] onde são consolidadas as necessidades de apoio ao sistema analisado e definidas as rotinas de manutenção a elaborar. De posse desse conceito, é produzida a documentação de manutenção propriamente dita, quando

---

[17] Listagem de todos os equipamentos individualizados do navio, com seus acessórios e componentes, para fins de apoio (8:4).
[18] Índice no qual o material de um navio é dividido e subdividido padronizadamente, para fins de SMP (6:12).
[19] Conjunto de decisões relativas à manutenção dos sistemas do navio, que visam satisfazer, da melhor maneira, o requisito de disponibilidade estabelecido pelo Setor Operativo (6:3).

a qualificação do pessoal, a infra-estrutura de apoio e o treinamento, anteriormente definidos, são validados; e as dotações de sobressalentes, ferramentas especiais e instrumentos de teste, para bordo e base são quantificadas. A definição desses elementos de ALI deverá estar concluída antes da incorporação do novo meio.

Posteriormente, com o meio operando regularmente, pode ser necessário alterar sua configuração. Resultantes novamente da Engenharia de Manutenção, as alterações são implementadas após análise das DE ou do CPN. Elas podem implicar mudança das características operacionais básicas do navio, no caso da ALTERNAV, ou não, no caso das MODTEC, e visam melhorar o desempenho de equipamentos ou sistemas (16:4-1).

SEÇÃO III - O SISTEMA DE MANUTENÇAO PLANEJADA NAS DIRETORIAS ESPECIALIZADAS

Diretoria de Engenharia Naval (DEN)

O sistema de manutenção adotado pela DEN até meados da década de 80 para equipamentos sob sua jurisdição[20] era o que se poderia chamar de "não planejado". Esse sistema era incompleto. Os equipamentos eram tratados isoladamente e não havia documentação que permitisse planejar e controlar a manutenção.

A documentação de manutenção era elaborada considerando os equipamentos operando em condições ideais. Ela não considerava períodos de imobilização devido à manutenção em outros equipamentos do sistema do qual faziam parte, nem a necessidade de quaisquer ações adicionais que visassem aumentar sua confiabilidade. Adicionalmente, a quantidade de sobressalentes necessária era determinada empiricamente, baseada na experiência dos engenheiros e técnicos que elaboravam a documentação. A documentação de manutenção dos Navios Varredores (NV) e dos

[20] Material Símbolo de Jurisdição (SJ) "C", "E" e "W" (17:A-2, A-6).

Navios-Patrulha Fluviais foi elaborada segundo esse padrão.

A filosofia só foi modificada a partir do Navio-Escola (NE) Brasil quando, buscando fornecer um apoio mais adequado aos novos projetos, aquela Diretoria adotou a estrutura de manutenção trazida pelas Fragatas classe "Niterói" (FCN) e o sistema como ainda hoje é utilizado.

Esse sistema, baseado na Engenharia de Manutenção, passou a: considerar, em termos de manutenção, conjuntos de equipamentos que executam uma função definida a bordo e não mais equipamentos isolados; definir as dotações de sobressalentes utilizando critérios técnicos e algoritmos; definir ferramentas especiais, instrumentos de teste, infra-estrutura de apoio e treinamento necessários ao apoio do novo meio; e planejar a execução das rotinas, distribuindo-as entre os diversos escalões e considerando a disponibilidade do pessoal de bordo.

O novo sistema foi utilizado, pela primeira vez, na elaboração da documentação de SMP do NE Brasil e, posteriormente, na dos Submarinos classe "Tupi", Corvetas classe "Inhaúma" (CCI), Navio-Tanque (NT) Alte. Gastão Motta e Navios-Patrulha (NPa) classe "Grajaú".

A informatização dessa documentação por meio do Sistema Informatizado de SMP (SISSMP) (ver Anexo C) ocorreu a partir dos NPa classe "Grajaú" construídos no estaleiro alemão "Peene Werft".

Com a preocupação crescente de otimizar a manutenção e obter altos níveis de confiabilidade, porém a custos menores, a DEN começou a buscar, a partir da segunda metade dos anos 90, novas técnicas de manutenção para complementar a Manutenção Preventiva Periódica. Tais técnicas visam flexibilizar e aperfeiçoar o sistema em uso, já que as ações de manutenção e sua época de realização poderão ser definidas com maior embasamento técnico e precisão (25).

Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha (DSAM)

A DSAM, como a DEN, também passou a utilizar a partir do NE Brasil o padrão inglês das FCN na elaboração da documentação de manutenção dos equipamentos sob sua responsabilidade[21].

O SISSMP passou a ser adotado pela DSAM em meados de 2001 com a documentação de SMP das Fragatas classe "Greenhalgh" (FCG) que está sendo traduzida e adaptada ao padrão em uso (34).

Diretoria de Telecomunicações da Marinha (DTM)

A DTM não adotou o padrão seguido pelas DEN e DSAM na elaboração da documentação de manutenção para os equipamentos sob sua jurisdição[22]. Tal fato deveu-se principalmente às características da maioria de seus equipamentos, que atendem a requisitos comerciais e são considerados "de prateleira". Para eles, documentação de manutenção específica não é elaborada. A DTM recomenda que seja executada a manutenção prevista pelo fabricante em seu manual técnico.

Entretanto, a utilização da documentação do fabricante não se aplica aos equipamentos mais complexos, que têm documentação de manutenção elaborada. Esse é o caso do Sistema de Transmissão de Dados por HF entre OM, recentemente adquirido. Para os equipamentos não-comerciais atualmente em operação, a documentação de manutenção existente foi produzida pela antiga Diretoria de Armamento e Comunicações da Marinha (DACM), antes da criação da DSAM e da DTM (1).

---

[21] Material SJ "A", "F", "J" e "Z" (17:A-1 - A-3, A-6).
[22] Material SJ "N" (17:A-3).

SEÇÃO IV – A MANUTENÇÃO PREDITIVA

Implantação

Procurando obter as vantagens da Manutenção Preditiva integrada ao SMP tradicional (ver Capítulo 1, Seção IV), o Ministro da Marinha, através do Memorando n.º 017 de julho de 1996, determinou a revisão completa e criteriosa das rotinas de SMP, definindo alternativas, parâmetros e indicadores que respaldassem a execução daquelas retiradas do calendário, sob a óptica da manutenção sintomática e preditiva e suspendeu a troca de componentes por calendário, salvo se especificamente autorizado pela Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM).

Em decorrência da determinação ministerial, o DGMM, pelo Memorando n.º 011 de agosto de 1996, determinou a constituição de Grupos de Trabalho (GT) para: rever as rotinas de SMP considerando a experiência do Setor Operativo; implementar técnicas de manutenção sintomática e preventiva preditiva mediante experiências pilotos; emitir nova documentação do SMP; e redefinir as dotações de sobressalentes considerando os resultados das ações anteriores. Os trabalhos deveriam ser inicialmente concentrados nas FCN e nas CCI.

Apesar da grande quantidade de reuniões e análises realizadas, principalmente sobre as rotinas de manutenção das CCI, os resultados obtidos pelo GT constituído pelo DGMM, no que diz respeito à Manutenção Preditiva, foram bastante modestos, devido, sobretudo, ao grande volume de trabalho e à pouca mão-de-obra disponível (25) (38).

A implantação dos programas de Manutenção Preditiva na MB pode ser separada em duas fases: uma associada àqueles recebidos em navios transferidos de marinhas amigas; e outra, aos desenvolvidos no país.

Como exemplos de programas transferidos de outras marinhas pode-se destacar o ADETA, que permite a análise de tendências em motores Diesel com base nos

parâmetros de operação tais como: pressões e temperaturas; o JOAP, para análise de tendências de motores Diesel com base na análise do óleo lubrificante (OL) utilizado, que vieram com os Contratorpedeiros (CT) classe "Pará" e Navio Desembarque de Carros de Combate (NDCC) Mattoso Maia; e o de medição de níveis globais de vibração em equipamentos instalado nas FCG.

Foram desenvolvidos no Brasil os programas:

a) ATEMDI, inspirado no programa ADETA americano, para analisar tendências com base em parâmetros de operação, inicialmente dos motores MTU instalados nas FCN e nas CCI;

b) LUBE, que permite analisar as tendências de motores Diesel a partir dos resíduos existentes no OL; e

c) SAVMAQ, para analisar níveis de vibração em equipamentos rotativos.

A situação desses programas está apresentada no Anexo D.

SEÇÃO V – A VISÃO DA MANUTENÇÃO PELO SETOR OPERATIVO

O Setor Operativo vem demonstrando crescente preocupação com os rumos da manutenção dos meios navais, principalmente no que se refere ao cumprimento do PROGEM; à aplicação dos escassos recursos financeiros, humanos e materiais disponíveis; à otimização das técnicas de gerenciamento da manutenção; ao maior e melhor aproveitamento das vantagens do SMP; e à redução dos períodos de indisponibilidade dos navios.

Os principais aspectos responsáveis por essa preocupação são:

a) os PM são iniciados sem que todos os sobressalentes necessários[23], previstos,

---

[23] Os aspectos relacionados à obtenção e ao fornecimento de sobressalentes, que são atividades gerenciais da Função Logística Suprimento (14:4-3), apesar de importantes para a manutenção, não serão abordados no presente trabalho.

estejam disponíveis;

b) muitos "pacotes de sobressalentes" estão superdimensionados e, ao mesmo tempo, incompletos;

c) a qualificação e o adestramento das tripulações na operação dos equipamentos e na execução e condução da manutenção estão deficientes, resultando em dificuldades no cumprimento das rotinas previstas para bordo, com os conseqüentes aumentos no custo e prazo do PM;

d) os equipamentos e sistemas, especialmente da propulsão, têm excedido o número de horas estabelecido para a realização das revisões;

e) os "equipamentos de rodízio" existentes não vêm sendo utilizados e mantidos de acordo com o conceito desse tipo de sobressalente, não estando, normalmente, em condições de serem "embarcados" na época prevista no PM;

f) as técnicas preditivas não estão sendo utilizadas como preconizado, não apresentando, por conseguinte, os benefícios esperados com sua adoção;

g) a elevada indisponibilidade dos meios devido, sobretudo, a problemas de manutenção;

h) a degradação da confiabilidade dos equipamentos e, por conseqüência, dos navios, também decorrente, principalmente, de problemas de manutenção;

i) os atrasos freqüentes na conclusão dos PM que comprometem o cumprimento do PROGEM; e

j) a inexistência de um sistema corporativo, informatizado, que integre todos os partícipes da manutenção dos meios navais, em seu planejamento, execução e controle (20).

CAPÍTULO 4

FATORES QUE INFLUENCIAM O AUMENTO DA VIDA ÚTIL DOS MEIOS NAVAIS DA MB

Os fatores que influenciam o aumento da vida útil dos navios podem ser separados em dois grupos distintos. O primeiro, dependente da Função Manutenção, reúne aqueles que afetam o cumprimento da vida útil originalmente estabelecida, e o segundo, os que estabeleceram, nas diversas fases do projeto do meio, a possibilidade do aumento pretendido. Serão analisados os fatores pertencentes aos dois grupos mencionados.

Documentação de Manutenção

Dispor de documentação de qualidade é premissa básica para o sucesso da manutenção. Essa documentação deverá ser elaborada de acordo com a sistemática descrita na Seção II do Capítulo 3 e estar prontificada antes da incorporação do meio.

O Anexo E apresenta a situação da documentação de manutenção e do SMP adotados nos principais meios da MB. Nele pode-se perceber que apenas os navios mais recentemente construídos e os obtidos por oportunidade não possuem aqueles documentos.

Para o grupo dos meios recém-construídos, a inexistência desses documentos decorre da deficiência de pessoal técnico capacitado nas DE para elaborá-la. A solução encontrada pelas Diretorias para contornar esse problema, e que se mostrou bastante adequada, foi terceirizar a atividade, mantendo, contudo, a liderança do processo; definido as normas a serem observadas; e exercendo a garantia da qualidade do que está sendo produzido. Os resultados obtidos têm sido modestos pois os recursos alocados estão aquém das necessidades apresentadas.

A aquisição por oportunidade via de regra resulta em apoio inadequado. Quando a

aquisição é de navios de marinhas amigas, esse problema praticamente não existe pois os meios possuem documentação de manutenção e SMP implantados, restando apenas a preocupação de incluir seus equipamentos no SAbM. Porém, quando são navios oriundos do meio civil, a experiência tem mostrado que, na maioria das vezes, uma "boa oportunidade" em termos de obtenção, não tem idêntico significado em termos de manutenção. Isso poderia ser evitado se a documentação de manutenção fornecida fosse de qualidade. Entretanto, essa exigência, caso a documentação não esteja disponível, pode inviabilizar a aquisição em função dos custos e prazos envolvidos para sua elaboração, muitas vezes incompatíveis com esse modo de obtenção. Como alternativa para reduzir o impacto da falta desses documentos poder-se-ia exigir que os manuais técnicos fossem aprovados pelas respectivas DE. Para garantir o fornecimento, incluir-se-ia no contrato de aquisição significativos eventos de pagamento a ele associado.

Política de Manutenção

A política de manutenção adotada pela MB é a da manutenção planejada, predominantemente preventiva periódica, mesmo após as determinações do MM em 1996. Apesar da evolução que representará a inclusão, na sistemática atual, de técnicas de manutenção preditiva, decorrentes dos programas ATEMDI, LUBE e SAVMAQ - ainda não operacionais, como pode ser visto no Anexo D, essa solução não parece ser a ideal. É certo que não existe uma "fórmula mágica" a ser adotada para eliminar os problemas de manutenção, quer dizer, nenhuma política é intrinsecamente melhor que qualquer outra; a mais eficaz será aquela que conseguir combinar corretamente os métodos disponíveis.

Dentro desse enfoque, a RCM, apresentada com detalhes no Anexo A, é uma ferramenta que se destaca no cenário atual da manutenção. Sua adoção pela MB, seria uma excelente opção para se alcançar melhores resultados na manutenção pois

permitiria definir a correta combinação de métodos de manutenção a serem utilizados para que os equipamentos continuem desempenhando as funções desejadas, evitando soluções inadequadas que consomem tempo e recursos financeiros preciosos.

Nessa direção caminhou a marinha americana que, em sua política de manutenção estabeleceu, dentre outros aspectos, que a manutenção dos novos navios, sistemas e equipamentos deve ser baseada nos princípios da RCM e que para navios, sistemas e equipamentos em serviço, os sistemas de manutenção devem ser revistos e modificados para incorporar princípios de RCM nas áreas onde possa ser vislumbrado que os resultados esperados serão significativos quando comparados aos custos associados (22:3).

Nunca é demais relembrar que, aliada à vontade de se alterar a política de manutenção, é importante existir mão-de-obra disponível para implementar as alterações necessárias na documentação de manutenção mencionada na seção anterior. Essa providência evitará que se repita o insucesso do GT constituído pela DGMM em 1996, para alterar a política então vigente.

Sistema de Planejamento e Controle da Manutenção

A existência de um sistema de planejamento e controle também é importante para o sucesso da manutenção. A Ação Decorrente AD-23 das Orientações Setoriais (ORISET) da DGMM, seguindo o determinado na Orientação M-1 "Direção da Manutenção" das Orientações do Comandante da Marinha (ORCOM) para 2003, determina que seja dado prosseguimento à implementação do Sistema de Planejamento e Controle de Processos de Obtenção, Modernizações e Grandes Manutenções (SIPCOMM). Esse sistema utiliza módulos do Sistema Informatizado de Apoio ao Projeto (SIAP), que foi adquirido em 1999 e está instalado no CPN e no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). Os módulos em questão são os de planejamento, denominado "Project Planning Manager"

(PPM) e de gerenciamento de estruturas de produto "Product Data Manager" (PDM). Com o PPM pode-se efetuar o planejamento e gerenciar o controle de atividades e de recursos financeiros e humanos em diversos empreendimentos, simultaneamente; o PDM é utilizado para o gerenciamento da documentação técnica e administrativa dos empreendimentos.

Os dois módulos ainda não estão "customizados" para cumprir as funções previstas para o SIPCOMM, mas foram previstos recursos no PA-2003 para que se possa implementar essa "customização". A decisão de adotar os módulos do SIAP para compor o SIPCOMM, interrompeu o processo de busca de um sistema corporativo, específico para manutenção, que estava em andamento na DGMM (38).

Atualmente, o sistema de planejamento e controle disponível é o SISSMP que, apesar de ter representado uma evolução para a MB ao informatizar o SMP, ainda não atende a todos os anseios dos partícipes da manutenção. A prontificação do módulo "Registro Histórico", juntamente com o aperfeiçoamento do módulo "Registro de Discrepâncias" (ver Anexo C), contribuirá para suprir as lacunas de controle existentes e aprimorar a documentação de manutenção e, consequentemente, os "pacotes de sobressalentes" elaborados. A revisão dessa documentação, em decorrência da retroalimentação dos navios, deve ser incentivada pois é um fator primordial para se obter melhores resultados na manutenção.

Capacitação de Pessoal para Operação e Manutenção

Lafraia, por acreditar que na interface homem/máquina o problema é o fator homem e não o fator máquina, comenta que "praticar manutenção sem por as mãos no equipamento aumenta a confiabilidade" (26:236-237). Exageros à parte, falhas humanas têm causado reduções na eficiência de equipamentos e sistemas, resultantes de excelentes projetos e corretos processos de fabricação.

Dentre os problemas relacionados com a operação e a manutenção dos equipamentos e sistemas, pode-se destacar, além das falhas humanas; a inexistência de procedimentos operacionais; a falta de treinamento; e o emprego de mão-de-obra desqualificada ou inexperiente. Se aliado a isso, também for considerada a rotatividade do pessoal, vislumbra-se dificuldades para atingir o aprestamento[24] desejado.

A redução desses problemas, obtida principalmente por meio do constante adestramento das tripulações e das equipes de manutenção, deve ser preocupação constante dos diversos níveis de comando. Como a MB possui um Plano Geral de Instrução (PGI) e, mesmo assim, a falta de preparo do pessoal é uma queixa freqüente do Setor Operativo, observa-se que ele precisa ser aperfeiçoado. Para que isso ocorra devem ser feitas auditorias, e as reformulações delas decorrentes, nos currículos dos cursos e nos métodos de aulas, priorizando-se nesses últimos, sempre que possível, o uso de simuladores e demonstradores como recursos instrucionais. Na ausência desses acessórios de ensino, deve-se adotar a aula prática a bordo, tendo o cuidado de evitar, nas demonstrações, introduzir defeitos em equipamentos "sãos".

A rotatividade de pessoal é outro importante aspecto a ser considerado. As normas da MB prevêem que as praças permaneçam de dois a quatro anos na comissão (10:3-6). Porém, cabos devem cumprir, como requisito de carreira, embarque de um ano, e sargentos, de dois. Considerando-se a relação entre a quantidade de praças e o número de navios disponíveis e que permanecer embarcado por cerca de três anos seria ideal[25], tem-se uma "equação" de difícil solução. Desse modo, a menos que se disponha de mais meios navais ou que se altere os requisitos de embarque para as praças, dificilmente o

---

[24] Pode ser definido como o conjunto de medidas de prontificação ou preparo de uma força ou parte dela (especialmente as relativas a pessoal, material e adestramento) destinadas a colocá-la em condições de ser empregada a qualquer momento (13:8-9).

[25] Com o primeiro ano dedicado à familiarização e treinamento nos equipamentos, garantir-se-ia, pelo menos dois anos de condução e de manutenção dos equipamentos, com eficiência.

problema de capacitação será resolvido.

Custos da Manutenção

Os custos de manutenção[26] na MB são bastante elevados. Alterações significativas nos custos indiretos, que envolvem a estrutura gerencial e de apoio administrativo, são difíceis. Existem, porém, componentes dos custos diretos (manutenção e reparo) e de perda de produção que, se controlados, podem resultar em redução de gastos. Dentre eles pode-se destacar os "retrabalhos", que nada mais são do que falhas prematuras decorrentes da falta de qualidade da manutenção; os reparos devidos às falhas prematuras resultantes de baixa qualidade de operação; e os serviços desnecessários fruto da aplicação de manutenção preventiva exagerada (33:17-18).

Como a redução de custos e o aumento da disponibilidade e da confiabilidade passam pela redução da demanda de serviços, deve ser dada especial atenção à capacitação do pessoal envolvido tanto na operação quanto na manutenção dos meios navais e à reavaliação da política de manutenção adotada, para que as parcelas acima relacionadas sejam reduzidas.

Critérios de Projeto e Construção

A marinha americana projeta e constrói seus navios para uma vida útil de, pelo menos, 30 anos, admitindo estendê-la, desde que a custos aceitáveis, em até 50%. A marinha do Reino Unido, por sua vez, constrói seus meios para uma vida útil de 20 a 25 anos, quase sem margem de peso e espaço para futuras modernizações.

Apesar da MB possuir navios construídos sob os dois critérios, considerando-se os escassos recursos disponíveis, as novas construções deverão, sempre que possível,

---

[26] São classificados como: diretos, indiretos e de perda de produção (33:51-52).

adotar normas consoantes com o critério americano.

As CCI, último navio de guerra concebido e construído no Brasil, foi projetado baseado em critérios britânicos. O CPN nos estudos de exequibilidade mais recentes já está utilizando critérios americanos (27).

Obsolescência Econômica, Tática, Logística e Estratégica

Correlacionado-se as possíveis ações de manutenção para extensão da vida útil estabelecidas pela MB (ver Capítulo 2) às obsolescências econômica, tática, logística e estratégica, verifica-se que a revitalização ou recuperação seria viável caso ocorresse apenas a obsolescência logística; a modernização deveria ocorrer apenas quando as obsolescências tática e logística fossem observadas; e a reconstrução deveria ser adotada quando as obsolescências tática, logística e estratégica estivessem configuradas (36:4).

Novas Tecnologias

A inclusão dos custos de pessoal no custo operacional dos meios navais tem contribuído para que projetistas de navios de guerra busquem, sempre que possível, reduzir as tripulações para diminuir a possibilidade de ocorrência da obsolescência econômica prematura, que resulta na baixa do meio. A evolução tecnológica e a adoção de novas tecnologias, fruto da busca incessante por melhores resultados em todas as áreas de conhecimento, são os instrumentos que permitem transformar tais desejos em realidade.

Contudo, devido a suas características particulares, como a complexidade e a compacidade observadas nos componentes microeletrônicos com alta confiabilidade utilizados em substituição aos componentes hidráulicos ou eletromecânicos, a utilização dessas novas tecnologias tem forte impacto na manutenção pois estão mais sujeitas a

falhas aleatórias do que componentes simples.

Esse impacto torna necessário estarem disponíveis instrumentos, equipamentos de teste e ferramentas especiais mais sofisticados e, em conseqüência, que o pessoal envolvido com a manutenção seja melhor capacitado.

Cuidados, entretanto, devem ser tomados para que a redução dos custos com pessoal e o melhor desempenho dos equipamentos, resultantes da alta confiabilidade intrínseca dessas novas tecnologias, não sejam desperdiçados em função da ocorrência de microfalhas por deficiência da manutenção. Essa preocupação reforça a importância de serem adotadas novas políticas de manutenção, como a baseada na RCM que busca aumentar a eficiência do uso de recursos para a manutenção dos sistemas, mediante análises das conseqüências das falhas funcionais e da determinação do que deve ser feito para garantir que o equipamento continuará cumprindo suas funções no contexto operacional (36:38-39).

Confiabilidade

As características desejadas em um equipamento são que ele tenha vida ilimitada e funcione, durante ela, isento de falhas. Afora a dificuldade de se obter tal equipamento, essas características servem para ilustrar a importância da confiabilidade.

Da análise dos diversos padrões de falhas apresentados no Anexo B, observa-se que a adoção de medidas preventivas periódicas de manutenção baseadas nas taxas de falhas disponíveis para equipamentos que apresentam falhas aleatórias, principalmente os complexos - hidráulicos, pneumáticos ou eletrônicos - nem sempre evitarão que elas ocorram. Deve-se notar que para esses casos o melhor é adotar a Manutenção Corretiva não planejada uma vez que a utilização da Manutenção Preventiva poderá, na realidade, aumentar a taxa de falha através da introdução de falhas prematuras que não existiam.

A solução de se evitar a quebra executando Manutenção Preventiva é aplicável para

falhas típicas por desgaste, fadiga e corrosão, relacionadas à idade dos componentes. Quando adotada ela poderá estender a vida útil dos equipamentos.

Entretanto, reitera-se que a preocupação com o comportamento do material ao longo de sua vida útil deve existir desde a fase de projeto quando, através das AAL realizadas sobre a liderança do CPN (ver Capítulo 3, Seção II), são selecionados níveis adequados de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade para diminuir o custo de vida dos equipamentos e sistemas. Alcançar o maior nível de confiabilidade e de manutenibilidade possíveis, significa aumentar o tempo médio para falha e reduzir o tempo médio para reparo, maximizando-se assim a disponibilidade.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário econômico atual indica que a curto e médio prazos a Marinha não deve esperar "bons ventos e mares tranqüilos", especialmente se o assunto for a obtenção de novos meios, que significa altos investimentos a longo prazo. Assim, o aumento da vida útil dos meios existentes é uma alternativa a ser cada vez mais considerada. A manutenção, por intermédio da qual o Setor Operativo busca obter para seus navios a maior disponibilidade possível, associada ao menor custo, pode contribuir significativamente ao garantir condições mínimas ao material, que respaldem a decisão de aumentar a vida útil, por meio de sua execução sistemática.

A extensão da vida útil não é uma decisão que se possa tomar próximo da época prevista para a baixa dos navios; o material não aceita ordens! A possibilidade ou não de tal extensão começa a ser considerada ainda na fase de projeto quando são definidas as normas que o orientarão e prossegue ao longo de todo seu ciclo operativo com a execução de uma manutenção de qualidade e a adoção de medidas que os mantenham atuantes a nível estratégico, tático e logístico.

De modo a viabilizar o aumento da vida útil dos meios navais, as seguintes diretrizes e critérios deverão ser considerados na Função Manutenção:

a) envidar esforços para obter documentação de manutenção de qualidade, que deve estar prontificada, preferencialmente, antes da incorporação do meio;

b) incluir nas aquisições por oportunidade, eventos contratuais que garantam o fornecimento de manuais técnicos que permitam a correta execução da manutenção dos equipamentos de bordo. Esses manuais deverão ser aprovados pelas DE;

c) prover recursos para que as DE possam concluir a documentação de manutenção pendente dos meios recém-incorporados, terceirizando, se necessário, a elaboração

dessa documentação, ou contratando a mão-de-obra necessária para sua confecção;

d) tornar operacionais os programas de manutenção preditiva ATEMDI, LUBE e SAVMAQ que permitirão aumentar a disponibilidade dos meios ao evitar a execução de ações de manutenção preventiva desnecessárias;

e) alterar a política de manutenção atual que é planejada, predominantemente preventiva e periódica, substituindo-a por uma que utilize a Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM). Adicionalmente, deverão ser previstos recursos para contratação da mão-de-obra necessária para implementar as alterações na documentação de manutenção pertinente;

f) "customizar" os módulos do SIAP para que possam cumprir as funções previstas para o SIPCOMM, que deverá funcionar como o sistema corporativo para planejamento e controle da manutenção;

g) complementar o SISSMP prontificando os módulos "Registro Histórico" e "Registro de Discrepâncias" para que ele possa ser utilizado no planejamento e controle do SMP, até a prontificação do SIPCOMM, e no aprimoramento de sua documentação e dos "pacotes de sobressalentes";

h) auditorar os currículos dos cursos para praças constantes do PGI relacionados à operação e manutenção de equipamentos, de forma a melhor adequá-los às necessidades dos navios. Atenção especial deverá ser dada às aulas práticas que, na ausência de simuladores e demonstradores, deverão ser ministradas a bordo;

i) estudar o aumento para três anos da permanência mínima a bordo das praças responsáveis pela condução e manutenção dos equipamentos, para que falhas resultantes do fator humano sejam reduzidas e se alcance o aprestamento desejado;

j) analisar a alteração dos requisitos de embarque das praças para, não prejudicando suas carreiras, compatibilizar a permanência mínima a bordo proposta na alínea i) acima

com a quantidade de navios disponíveis;

l) promover a realização de palestras de conscientização para o pessoal envolvido com a operação e manutenção dos equipamentos visando reduzir os "retrabalhos" e reparos, devidos, respectivamente, à baixa qualidade de manutenção e operação, para se aumentar a disponibilidade e a confiabilidade, reduzindo-se, por conseguinte, os custos de manutenção; e

m) reavaliar as substituições periódicas de sobressalentes para manter a confiabilidade dos equipamentos. Elas somente são efetivas naqueles que apresentam falhas típicas por desgaste, fadiga e corrosão, relacionadas à idade dos componentes. Nos que apresentam falhas aleatórias devem ser adotadas apenas ações corretivas; ações preventivas poderão, na realidade, aumentar a taxa de falha através da introdução de falhas prematuras que não existiam.

Adicionalmente, apesar de não diretamente associadas à Função Manutenção, as diretrizes e critérios a seguir relacionados, por serem de grande importância para o aumento da vida útil dos navios, também deverão ser observados:

a) priorizar a utilização de normas de projeto consoantes com as adotadas pela marinha americana, cujo critério considera vidas úteis para seus navios de, pelo menos, 30 anos, e que admite estendê-las, desde que a custos aceitáveis, em até 50%. Os critérios de projeto adotados pelo Reino Unido não são recomendáveis pois seus meios são construídos para vidas úteis de 20 a 25 anos, sem margem para futuras modernizações;

b) manter permanente acompanhamento do estado do material de modo a identificar a ocorrência de alguma obsolescência, quer seja ela tática, logística ou estratégica para que possam ser tomadas as ações pertinentes: revitalização ou recuperação caso ocorra apenas a obsolescência logística; modernização quando as obsolescências tática e

logística fossem observadas; e reconstrução quando as obsolescências tática, logística e estratégica estivessem configuradas. Caso ocorra a obsolescência econômica deverá ser iniciado o processo de destinação ao meio; e

c) incrementar a utilização de novas tecnologias nos projetos dos meios navais para otimizar as tripulações, afastando a possibilidade de ocorrer a obsolescência econômica, e melhorar o desempenho dos equipamentos. A utilização dessas novas tecnologias deve ser seguida da adoção de novas políticas de manutenção, como a baseada na RCM comentada na alínea e) e de uma melhor capacitação do pessoal envolvido com a manutenção.

ANEXO A

CARACTERÍSTICAS, VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS TIPOS, MÉTODOS E TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO

Manutenção Corretiva

A Manutenção Corretiva é a modalidade mais antiga de manutenção. Na MB, a Manutenção Corretiva é o tipo de manutenção que se destina a reparar ou recuperar o material danificado para repô-lo em condições de uso (16:3-3).

Para Monchy "a Manutenção Corretiva corresponde a uma atitude de defesa (submeter-se, sofrer) enquanto se espera uma próxima falha acidental (fortuita), atitude característica da conservação tradicional." (29:37). Segundo Pinto e Xavier, Manutenção Corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado. Ela é realizada quando ocorre um mau funcionamento, sendo necessária a intervenção para que o equipamento volte às suas boas condições. Essas intervenções podem ser reparos, substituição de peças ou substituição do próprio equipamento (33:32).

Como o próprio nome diz, esse tipo de manutenção significa deixar o equipamento trabalhar até quebrar ou falhar e, depois, corrigir o problema. Ela não é necessariamente uma manutenção de emergência, pois entra em ação quando há quebra ou o equipamento começa a operar com desempenho deficiente. Quem é emergencial é o reparo, principal ação de manutenção no sistema corretivo.

A Manutenção Corretiva pode ser aplicada por dois métodos:

a) Manutenção Corretiva planejada: implementada quando se percebe que o equipamento não está trabalhando da forma que deveria. É mais barata, rápida e segura que a Manutenção Corretiva não planejada, mas requer ampla tolerância ao mau funcionamento; e

b) Manutenção Corretiva não planejada: executada quando ocorre uma quebra inesperada. Não sendo planejada, geralmente implica em altos custos pois pode gerar perdas de produção e de qualidade do produto (14:4-6).

Cabe observar que a decisão de deixar o equipamento funcionar até quebrar é planejada. Assim, a empresa pode, por exemplo, fazer antecipadamente a aquisição das peças para substituição e preparar a manutenção.

Identifica-se como vantagem da Manutenção Corretiva o fato dela não exigir acompanhamentos e inspeções nas máquinas. Em contrapartida, são desvantagens a necessidade da empresa trabalhar com elevados estoques de sobressalentes e de manter máquinas completas de reserva; a maior probabilidade de ocorrerem paradas para manutenção em momentos aleatórios e muitas vezes inoportunos, por corresponderem a horários de produção; e a diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações. É o tipo mais caro de manutenção.

Apesar de todos os inconvenientes apontados, é muito difícil eliminar completamente a Manutenção Corretiva porque, em muitos casos, não se pode prever o momento exato em que ocorrerá um defeito que obrigará à realização de um reparo.

Nos dias de hoje, somente em casos muito especiais a Manutenção Corretiva, como sistema de manutenção, é utilizada. Ela só tem sentido quando se está trabalhando com equipamentos que não são parte crítica do processo ou que possuem reservas e onde os custos de outra modalidade de manutenção são superiores à troca do equipamento quebrado.

Manutenção Preventiva

A Manutenção Preventiva Sistemática ou Periódica ou, simplesmente, Manutenção Preventiva, tem como idéia central executar uma ação de manutenção antes da perda de desempenho ou da falha. Para a MB é o tipo de manutenção executada para reduzir ou

evitar a falha ou queda de desempenho do material, sua degradação e, ainda, reduzir a possibilidade de avarias, através da intervenção e/ou remoção periódica do item. Deve obedecer a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo (16:3-3). Apesar de assim definida, na realidade não é estritamente temporal. Ela também pode ser associada a algum "gatilho", por exemplo, tempo; número de partidas; número de paradas bruscas; ou número de ciclos. Essa prática é muito comum em aviação.

Para Pinto e Xavier "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" (33:35). Monchy considera que esse método é uma intervenção de manutenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha (29:39).

Todos os programas de Manutenção Preventiva assumem que os equipamentos se degradarão num quadro de tempo típico de sua classificação. São utilizados processos estatísticos que determinam a vida média útil de componentes. O problema dessa abordagem é que o modo de operação ou as variáveis específicas do sistema, que afetam diretamente a vida operacional normal do equipamento, não são considerados. O resultado normal do uso desse parâmetro para programar a manutenção é a execução de um reparo desnecessário, quando a vida útil real é maior do que a esperada, ou a ocorrência de uma falha catastrófica, se for menor.

A Manutenção Preventiva apresenta como vantagens o conhecimento prévio das ações que asseguram a continuidade do funcionamento dos equipamentos, que só param para consertos em horas programadas; a maior facilidade para cumprimento dos programas de produção; e a previsibilidade de consumo de materiais e sobressalentes. As desvantagens identificadas foram a necessidade de ser elaborado um plano de

manutenção bem montado; a necessidade de uma equipe de mecânicos eficazes e treinados; a possibilidade de retirada de operação de equipamentos funcionando relativamente bem; e a possibilidade de introdução de defeitos não existentes nos equipamentos (33:36-37).

As deficiências da Manutenção Preventiva Sistemática proporcionaram o surgimento de uma nova modalidade de manutenção, cujo objetivo era trocar componentes somente quando necessário: a Manutenção Preventiva Preditiva. Essa divisão resultou, segundo Pinto e Xavier, na primeira grande quebra de paradigma na manutenção (33:37).

Manutenção Preditiva

A Manutenção Preventiva Preditiva ou, simplesmente, Manutenção Preditiva, desenvolvida para cobrir as lacunas da Manutenção Preventiva, é definida na MB como aquela constituída pelo conjunto de medidas, baseadas em modificações de parâmetros de condição ou desempenho, que têm o propósito de caracterizar, acompanhar, diagnosticar e analisar a evolução do estado de equipamentos e sistemas, subsidiando o planejamento e a execução de ações de manutenção para quando forem efetivamente necessárias, a fim de prevenir a ocorrência de falhas e avarias, permitindo a operação contínua pelo maior tempo possível (16:3-3).

Segundo Pinto e Xavier, Manutenção Preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetros de condição ou desempenho (33:37). Tavares em sua obra estabelece que: "Entende-se por controle preditivo de manutenção, a determinação do ponto ótimo para executar a manutenção preventiva num equipamento, ou seja, o ponto a partir do qual a probabilidade de o equipamento falhar assume valores indesejáveis." (37:121). Para Monchy, a Manutenção Preditiva é, mais simplesmente, uma forma evoluída da Manutenção Preventiva, colocando o material "sob supervisão contínua"

(29:40). Como pode ser visto, de uma ou outra forma, mais ou menos detalhada, as definições convergem para pontos de vista semelhantes.

A Manutenção Preditiva possui três fases: a caracterização do estado do equipamento; o estabelecimento de um diagnóstico da propensão ou ocorrência de falha; e a previsão de estados futuros, através da análise de tendências, com estimativa do tempo até a ocorrência de uma falha funcional, dentro do contexto operacional, e das ações de manutenção requeridas.

As técnicas preditivas mais utilizadas atualmente são a análise de vibrações; a termografia; a ferrografia; a assinatura acústica; o comportamento dos parâmetros operacionais; a análise de fluídos operacionais (óleo lubrificante, óleo hidráulico, fluido de resfriamento, etc.); a assinatura de emissão eletromagnética; e as inspeções pouco intrusivas.

A seleção da técnica ou técnicas mais adequadas depende do tipo de equipamento a ser mantido. Deve ser observado que um mesmo equipamento pode requerer o uso de diversas delas. Por sua vez, a possibilidade de adoção das técnicas depende do tipo de degradação e da velocidade com que a falha se manifesta. A monitoração não é efetiva quando a degradação não é progressiva ou quando a falha se manifesta de maneira súbita. Nesses casos, deve ser adotada a substituição preventiva.

Dentre as vantagens desse método pode-se destacar o aumento da vida útil do equipamento; o melhor controle dos materiais; a redução dos custos nos reparos; o aumento da produtividade; a diminuição dos estoques de produção; e o aumento da motivação do pessoal de manutenção (28:192-193). As desvantagens residem na necessidade de acompanhamentos e inspeções periódicas por meio de instrumentos específicos de monitoração, que acarretam custos significativos; e de profissionais especializados para sua execução (33:38-39).

A Manutenção Preditiva também é conhecida como "Condition-Based Maintenance"; "Diagnostic-Based Maintenance"; "Condition Monitoring"; "Health Monitoring"; e Manutenção Sintomática.

Manutenção Detectiva

A Manutenção Detectiva é definida por Pinto e Xavier como a atuação em sistemas de proteção, buscando detectar falhas ocultas[1] ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (33:40).

A principal diferença desse método para a Manutenção Preditiva é o nível de automatização. Nesse último, o diagnóstico se faz necessário a partir da medição de parâmetros. No primeiro, o diagnóstico é obtido de forma direta a partir do processamento das informações colhidas junto à planta. Outra diferença que merece destaque, apesar de remota, é a possibilidade de, na Manutenção Detectiva, ocorrer falha nos próprios sistemas de detecção de falhas.

A vantagem observada nesse método é que o sistema pode ser verificado, sem ser retirado de operação, quanto à existência de falhas ocultas, que podem ser corrigidas com o sistema funcionando. A necessidade de dispor de profissionais treinados e com habilitação para execução do serviço foi a desvantagem identificada.

Engenharia de Manutenção

A Engenharia de Manutenção é um método que tem por propósito deixar de reparar continuamente equipamentos ou sistemas ao tentar identificar as causas básicas de seus defeitos, melhorando desempenhos e sanando problemas crônicos. Ela igualmente visa melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, interferir

---

[1] Aquelas que não se tornarão evidentes ao operador ou equipe, em condições normais de operação, se ocorrerem por si só (26:267).

tecnicamente nas compras e obter informações para a retroalimentação dos projetos (33:42).

A MB ao definir a manutenção modificadora, como sendo aquela que consiste nas ações de manutenção destinadas a adequar o equipamento às necessidades ditadas pelas exigências operacionais ou mesmo para otimizar os trabalhos da própria manutenção (16:3-3), considerou este método parte daquele tipo.

Manutenção Produtiva Total (TPM)

A TPM ou "Total Productive Maintenance" se baseia na cooperação, esmero e dedicação de todos os funcionários da empresa, do operador ao presidente, na organização das atividades de manutenção. Seus conceitos foram trazidos para o Brasil em 1986 (33:150).

Nakajima considera ser a TPM a Manutenção Produtiva desenvolvida nos EUA (ver Capítulo 1, Seção II), modificada e melhorada para atender ao ambiente industrial japonês, e o resultado da evolução do sistema de manutenção no Japão, que teve em suas fases anteriores as Manutenções Corretiva, Preventiva e Produtiva (32:7-8). Para Tavares, o conceito básico da TPM é a reformulação e a melhoria da estrutura empresarial, a partir da reestruturação e melhoria das pessoas e dos equipamentos, com envolvimento de todos os níveis hierárquicos e a mudança da postura organizacional. Em relação aos equipamentos, significa promover uma mudança de mentalidade junto à linha de produção, através da incorporação da "Quebra Zero"[2], "Defeito Zero" e "Acidente Zero" (28:144-145).

Ainda dentro da conceituação dessa técnica, observa-se que, segundo Nakajima, a palavra "total" da TPM possui três significados que definem bem seus principais

---

[2] Para Pinto e Xavier quebra zero significa que a máquina não pode parar durante o período em que foi programada para operar. É totalmente diferente de: a máquina nunca pode parar (33:156).

objetivos. São eles: eficiência global do equipamento; adoção de um sistema de manutenção para o ciclo completo de vida do equipamento; e participação de todos os empregados (32:11).

A implementação bem sucedida da TPM requer a execução das seguintes atividades básicas: melhoria individual dos equipamentos para aumentar a eficiência por meio da eliminação de "seis grandes perdas"; elaboração de um programa de manutenção autônomo para os operadores[3]; elaboração de um programa de manutenção planejada para o departamento de manutenção; treinamento para aumento da capacidade dos operadores e mantenedores; e elaboração de um programa inicial de gerência de equipamentos (32:49-50). Posteriormente, com a inclusão da manutenção com vistas à melhoria da qualidade; do gerenciamento; e da segurança, higiene e meio ambiente, consolidaram-se os "oito pilares de sustentação do desenvolvimento da TPM" (37:154-157).

As "seis grandes perdas" decorrem de: parada devido à quebra ou falha; parada em razão de mudança de linha e regulagens; queda de velocidade por operação em vazio e pequenas paradas; queda de velocidade de produção; retrabalho ou descarte de produtos defeituosos; e queda no rendimento (33:154-155). Essas perdas são utilizadas para determinação do índice "Nível Global de Eficiência" (OEE) através de três valores mensuráveis - Disponibilidade, Desempenho e Produção - os quais, quando multiplicados, mostram o desempenho de qualquer parte de um equipamento. A TPM tem como objetivo obter o maior OEE possível; 85% costuma ser considerado um índice "World Class".

A redução de quebras; aumento do faturamento em função da maior disponibilidade; aumento da vida útil; redução de custos de manutenção em função do controle de sua

---

[3] É definido pela expressão: "o primeiro a cuidar da minha máquina sou eu".

execução; e a redução do tempo gasto nas intervenções foram algumas das vantagens observadas com a adoção dessa técnica (37:169).

Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM)

A RCM ou "Reliability-centred Maintenance" é um conceito moderno de manutenção que busca impedir não a falha em si, mas sua conseqüência. É o reconhecimento de que falhas não previsíveis sempre poderão ocorrer e que, nesse caso, será necessária a adoção de um plano de contingência para conter aquilo que delas decorre.

Essa técnica tenta determinar as necessidades de manutenção de um equipamento ou sistema, a partir da resposta a sete questões fundamentais: quais as funções e padrões de desempenho no seu contexto operacional? de que maneira ele falha em cumprir suas funções? o que causa cada falha operacional? o que acontece quando ocorre cada falha? de que forma cada falha tem importância? o que pode ser feito para prevenir cada falha? o que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada? (31:8)

Considerando-se essa sistemática, verifica-se que a RCM é estruturada para permitir que um equipamento ou sistema preencha as funções e os padrões de desempenho pretendidos, no seu contexto operacional atual. Desse modo, a RCM parte do equipamento ou sistema e do que ele deve realizar para, então, socorrer as equipes de manutenção e de operação na decisão das rotinas de operação e manutenção necessárias para alcançar tais objetivos.

Observa-se assim a principal diferença entre a RCM e a TPM. A RCM está focada nas necessidades do material e não no modelo organizacional. Ela começa com o que se espera do equipamento e termina com a formulação da política de manutenção, mais adequada e econômica. Por conseguinte, usando a RCM, o problema da definição da correta combinação de métodos de manutenção fica resolvido e as decisões podem ser

tomadas com convicção, evitando-se soluções inadequadas, que consomem tempo e recursos financeiros preciosos.

Quando se considera a gênese das duas técnicas, torna-se evidente porquê isso ocorre. A TPM teve origem na indústria de manufatura japonesa, especialmente a automobilística, preocupada com ações que buscavam melhorias da eficiência e com equipamentos não muito complexos. A RCM, por sua vez, surgiu na indústria de aviação civil americana, que buscava um modelo científico para desenvolvimento de filosofias de manutenção e operação para prevenir sinistros decorrentes de falhas, cujas conseqüências sempre eram catastróficas. Essa é, sem dúvida, a razão pela qual a RCM é mais poderosa que a TPM, para produzir manutenção com melhores resultados.

Da prática da RCM decorrem os seguintes benefícios: aprimoramento do desempenho operacional; melhor relação entre custo e benefício; melhoria das condições ambientais e de segurança; aumento da vida útil dos equipamentos; obtenção de banco de dados de manutenção; documentação técnica e dotações de sobressalentes atualizadas; maior motivação do pessoal envolvido; maior disseminação dos problemas de manutenção; e maior senso de equipe (33:114-115). Deve-se observar, entretanto, que ela termina ocasionando aumentos de custos de apoio consideráveis.

Manutenção Pró-Ativa

A Manutenção Pró-Ativa baseia-se em métodos similares aos da Manutenção Preditiva e estabelece ações preventivas para manter a estabilidade do sistema, inibindo a ocorrência de falhas ao atuar na detecção e correção das suas causas básicas. Ela considera a Manutenção Preditiva incompleta pois só estabelece ações de manutenção em função da iminência de falha.

As investigações na Manutenção Pró-Ativa para localizar onde "a raiz do problema foi plantada" cobrem desde a fase de concepção do equipamento, passando pelas de

projeto, fabricação, inspeção, montagem, operação e manutenção (24:5-18).

Terotecnologia

Tavares considera que a Terotecnologia é a alternativa técnica capaz de combinar meios financeiros, estudos de confiabilidade, avaliações técnico-econômicas e métodos de gestão para obter ciclos de vida dos equipamentos cada vez menos dispendiosos (37:145).

A Terotecnologia se baseia no anseio de minimizar o custo do ciclo de vida do equipamento. Ela considera custos de obtenção, que incluem despesas com a elaboração do projeto e das especificações, a aquisição propriamente dita, a documentação técnica e o treinamento inicial; de operação; das ações de manutenção, incluindo os do estoque de sobressalentes; e de alienação quando obsoleto.

Essa técnica é uma concepção global e integrada da forma como deve ser estudada, escolhida e construída uma nova instalação tecnológica. Seus conceitos básicos são:

a) os pontos de vista sociais, econômico-financeiros, tecnológicos, de operação e produção e de manutenção de um novo empreendimento são igualmente importantes; especialistas dessas várias disciplinas devem fazer parte da equipe de concepção e acompanhamento, desde as fases iniciais do projeto até o início de operação;

b) os pareceres da manutenção estarão sempre presentes em toda a fase de concepção e escolha de equipamentos e de soluções para a instalação;

c) a manutenção deve ser previamente organizada e estruturada antes do início da operação; nesse dia a manutenção deve ser uma "máquina" pronta para partir; e

d) o pessoal básico de manutenção, que ficará adstrito ao sistema, deve acompanhar todas as fases do projeto e instalação, de modo a conhecer em detalhes todas as minúcias dos equipamentos e instalações.

ANEXO B

PADRÕES DE FALHAS DE EQUIPAMENTOS

O padrão **A** apresentado na Figura 5, é referente à "curva da banheira", já mostrada no Capítulo 2, que começa com um período de alta incidência de falhas - "mortalidade infantil", seguido por outro cuja taxa de falhas é constante, até chegar a um período onde essa taxa cresce devido à degradação ou desgaste do equipamento. Esse padrão ilustra o comportamento de taxas de falhas típicas por desgaste, fadiga ou corrosão relacionadas a idade dos componentes.

O padrão **B** mostra uma taxa de falhas constante seguida por um período de desgaste ao final da vida útil do equipamento. Esse padrão também exemplifica o comportamento de taxas de falhas típicas por desgaste, fadiga ou corrosão relacionadas a idade dos componentes.

O padrão **C** apresenta um lento aumento da taxa de falhas, não sendo identificável o período de desgaste. Esse padrão mostra o comportamento de taxas de falhas típicas por desgaste, fadiga ou corrosão de componentes que apresentam falhas aleatórias.

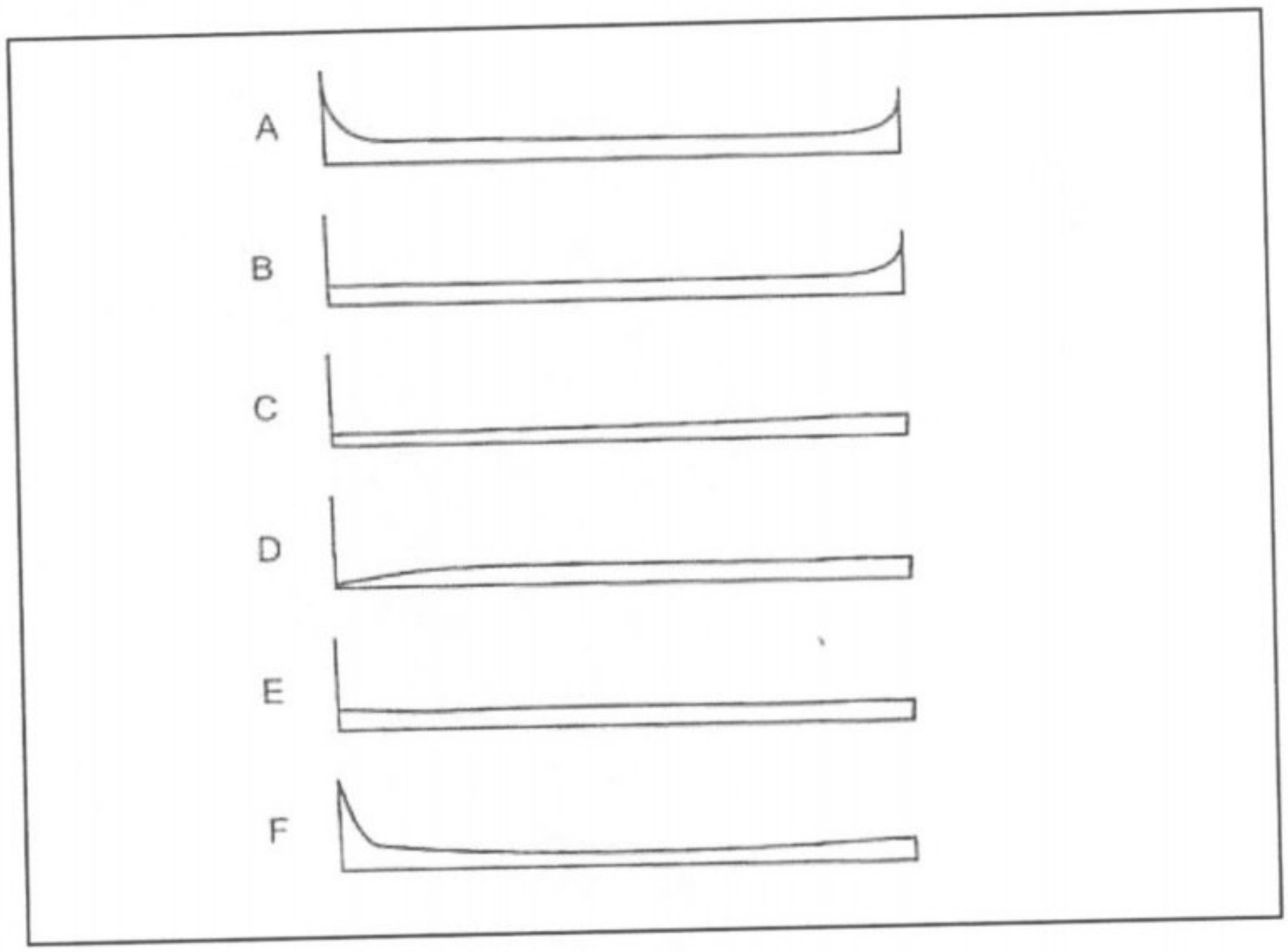
O padrão **D** exibe uma baixa taxa de falhas do equipamento quando novo, seguida por um rápido aumento a um nível que, posteriormente, permanece constante. Esse padrão exibe o comportamento das taxas de falhas de equipamentos complexos – hidráulicos, pneumáticos ou eletrônicos, que apresentam falhas aleatórias.

O padrão **E** mostra uma taxa de falhas constante para qualquer idade do equipamento. Esse padrão exemplifica o comportamento das taxas de falhas de outro grupo de equipamentos complexos – hidráulicos, pneumáticos ou eletrônicos, que apresentam falhas aleatórias.

O padrão **F** começa com uma alta taxa de falhas – "mortalidade infantil" - que baixa para uma taxa de falhas constante. Esse padrão ilustra o comportamento das taxas de

falhas de mais um grupo de equipamentos complexos – hidráulicos, pneumáticos ou eletrônicos, que apresentam falhas aleatórias.

Fig. n.° 5 - Padrões de Falhas (26:74)



ANEXO C

O SISTEMA INFORMATIZADO DE SMP – O SISSMP

A partir do NE Brasil, a documentação de manutenção produzida pela DEN, para compor o SMP dos navios, era distribuída em papel, encadernada em pastas tipo fichário. Em média, a coletânea de documentos utilizava cerca de cinqüenta pastas. Além do volume dessa coletânea também eram fornecidas caixas de madeira que acondicionavam as fichas "T" utilizadas na montagem dos programas de manutenção. O espaço ocupado a bordo pela documentação do SMP era exagerado.

Com o objetivo de possibilitar a distribuição dos diversos documentos que compõem o SMP dos meios em mídia magnética e, com isso, economizar espaço, mais crítico quando se trata de submarinos, a DEN desenvolveu em 1997, de parceria com a firma ARCOM Consultoria e Informática, o SISSMP, que é o sistema informatizado de manutenção por ela hoje utilizado.

A coletânea de documentos do SMP do meio, após concluída, é reunida em um único CD-ROM e entregue a bordo. Em seguida, a equipe da DEN instala o sistema e adestra a tripulação. Para prevenir qualquer problema de operação do CD-ROM a bordo, os sistemas prontificados estão, adicionalmente, sendo disponibilizados na INTRANET da MB, na página da DEN.

A DEN optou pela estratégia de criar um sistema modular, capaz de ser desenvolvido por partes e, consequentemente, menos vulnerável às restrições financeiras existentes. O SISSMP possui atualmente os seguintes módulos: LEN - Lista de Equipamentos do Navio; Cartões de Manutenção; Cartões de Condução; Cartões de Defeitos, Causas e Correções; Plano Mestre de Manutenção; Cadastro de Revisões; e Registro de Discrepâncias, este último apenas na versão "WEB".

Os próximos módulos a serem desenvolvidos são o de Registro Histórico, que

permitirá, juntamente com o módulo de Registro de Discrepâncias, aprimorar a documentação de manutenção elaborada e, consequentemente, os "pacotes de sobressalentes"; e o de Planejamento de Rotinas com Freqüência Horária, que visa identificar os PM nos quais as rotinas horárias deverão ser realizadas em função da operação de cada equipamento, que será calculado pelo próprio sistema com base em suas horas de funcionamento (25).

ANEXO D

SITUAÇÃO DOS PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DESENVOLVIDOS NO BRASIL PELA MB

Programa ATEMDI

O ATEMDI, sigla que significa **A**nálise de **TE**ndência de **M**otores **DI**esel, é um sistema especialista[1] para manutenção preditiva em motores de média e alta rotações, destinado a auxiliar o pessoal de bordo na análise de tendências e na obtenção de diagnósticos e ações corretivas para motores Diesel de propulsão (MCP) e de geração de energia (MCA). A coleta de dados desse sistema é periódica e, atualmente, realizada a cada 400 horas de operação.

A análise de tendências em motores Diesel foi utilizada pela primeira vez durante a 2ª Guerra Mundial, em motores ferroviários, devido à falta de pessoal adequadamente treinado para executar a manutenção.

Na década de 60 a marinha americana desenvolveu um método de análise de tendências para os motores Diesel de seus submarinos, o DETA (**D**iesel **E**ngine **T**rend **A**nalysis) cujo sucesso foi tão impressionante que a análise de tendências passou a ser usada, incorretamente, como avaliação operativa e para respaldar manutenções não executadas sem qualquer critério. O método terminou por cair em descrédito.

O DETA é um método para análise de tendências em motores Diesel com mais de 400 HP, que monitora parâmetros operacionais, como temperaturas e pressões. Esse programa possibilita analisar o estado do motor Diesel e identificar falhas ainda em estágio inicial de evolução.

Nos anos 80 a marinha dos EUA recuperou o DETA que, programado em

---

[1] Programa de computador que contém um banco de conhecimentos e simula o raciocínio de um especialista em um determinado campo.

computador, passou a ser conhecido pelo nome ADETA (**A**utomated **D**iesel **E**ngine **T**rend **A**nalysis). O programa foi elaborado para cobrir diversas classes de motores e uma única organização militar passou a ser responsável pela condução e controle do programa. A MB tomou conhecimento do ADETA através dos CT classe "Pará" e do NDCC Mattoso Maia.

O uso generalizado do ADETA na MB esbarrava, no entanto, em um problema básico. Não se dispunha do código fonte do programa e portanto não se poderia registrar os parâmetros a serem controlados dos motores de nossos navios, não constantes da base de dados do programa americano.

A marinha americana se propôs a incluir nossos motores no programa, mas diversos dados do perfil de operação de nossos navios teriam de ser remetidos para Cardiff, onde ficava localizada a organização que controlava o programa, o que não era desejável. Decidiu-se então por elaborar no Brasil um programa similar ao ADETA.

O Plano de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Marinha (PDCTM) contempla a Manutenção Preditiva e o desenvolvimento da versão nacional do ADETA foi incluído como uma de suas metas (15:7-3). De modo a atingi-la, a DEN firmou em 1995 convênio com a Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para, em conjunto, desenvolverem o programa ATEMDI, a ser validado com as informações dos CT classe "Pará" e do NDCC Mattoso Maia.

Por decisão da DGMM o ATEMDI deveria ser implantado de forma piloto nas FCN e nas CCI, embora os dados de desenvolvimento do programa tenham sido oriundos dos motores dos CT classe "Pará" e do NDCC Mattoso Maia. Atualmente o programa ainda se encontra em validação, processo esse iniciado nas FCN e nas CCI a partir de 1998. Essa validação está demorando a evoluir devido, principalmente, à necessidade de

realização de algumas adaptações nos navios para atenderem ao programa, como a instalação de manômetros na admissão de ar dos MCP.

O ATEMDI é um programa inteligente, composto por uma Base de Conhecimento, que é um banco de regras específico para cada motor cadastrado; um Banco de Dados de Medições; e uma Máquina de Inferência (LEONARDO), que conjuga as regras com os dados medidos e produz um diagnóstico justificado. Para ser efetivo o ATEMDI requer, quando de sua implantação, paciência e perseverança do pessoal envolvido com a manutenção.

Com a adoção desse programa será possível obter maior disponibilidade e confiabilidade dos motores, aumentar os intervalos entre revisões e reduzir os riscos de uma avaria inesperada.

Os próximos passos após a validação do sistema nas FCN e nas CCI deverão ser a implantação em motores de outras classe de navios; o refinamento do banco de regras em função da experiência que for sendo adquirida; e a utilização da experiência adquirida em outros tipos de equipamentos alternativos, como compressores de alta pressão.

Programa LUBE

O LUBE, tal qual o ATEMDI, também é um sistema desenvolvido a partir de um programa americano, o **J**oint **O**il **A**nalysis **P**rogram (JOAP), criado pela Força Aérea americana na década de 50 para, a partir da análise das partículas metálicas existentes no OL, prever falhas em componentes de aviões. A MB igualmente tomou conhecimento desse programa na década de 90, quando recebeu os CT classe "Pará" e o NDCC Mattoso Maia e firmou convênio com a COPPE, para o desenvolvimento do programa nacional.

O LUBE é um sistema especialista que, utilizando os resultados de testes físico-

químicos e de análises espectrométricas, realizados numa amostra de OL dos motores, coletadas a cada 300 horas de operação, identifica processos de degradação e de contaminação. Tais testes podem ser executados em diversos laboratórios comerciais, uma vez que o sistema apenas interpreta de maneira sistemática os resultados contidos nos respectivos laudos. O Sistema visa oferecer aconselhamento para manutenção de motores Diesel como se fosse um especialista em OL e em motores Diesel, na forma de diagnósticos e sugestões para ações corretivas.

Os testes físico-químicos verificam, dentre outros: viscosidade, "Total Base Number" (TBN), insolúveis, oxidação, nitração, ponto de fulgor e presença de água. As análises espectrométricas identificam e quantificam partículas metálicas existentes no OL.

A degradação é caracterizada pelas mudanças destrutivas sofridas pelo OL, cujos processos são: oxidação, nitração, perda de eficiência dos aditivos e variações na viscosidade. A contaminação, por sua vez, se caracteriza pela presença de elementos estranhos que, de alguma maneira, passam para o lubrificante. Esses elementos estranhos podem ser admitidos no sistema, como poeira ou areia, ou podem ser componentes das ligas metálicas das partes do motor sujeitas a desgaste.

O Sistema LUBE, destinado a análise de laudos de OL de motores Diesel, é composto a exemplo do ATEMDI, por uma Base de Conhecimentos, um Banco de Dados e uma Máquina de Inferência (LEONARDO). Durante o desenvolvimento do sistema, seus resultados foram validados através de comparações com os obtidos pelo programa JOAP, instalado nos CT classe "Pará" e no NDCC Matoso Maia. O sistema está implantado nas CCI e nas FCN.

Atualmente o OL é coletado e encaminhado para análise na PETROBRÁS o que muitas vezes faz com que os resultados demorem a ser conhecidos. A MB adquiriu e

está instalando no Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro um espectrômetro de plasma para agilizar suas análises.

Programa SAVMAQ

Diferentemente dos outros dois sistemas, o SAVMAQ, **S**istema de **A**nálise de **V**ibrações de **MAQ**uinas, não foi desenvolvido a partir de um sistema similar americano, mas sim em função da capacitação que se atingiu na DEN, nas décadas de 80 e 90, na área de ruído e vibração.

Com o desenvolvimento do projeto Corveta, a DEN, no início dos anos 80, montou um laboratório de ruído e vibração para realizar a avaliação de engenharia daquela classe de navios. A partir de 1985, para qualificar seu pessoal, aquela Diretoria começou a realizar medições em FCN e em NV e a diagnosticar os problemas observados. No início da década de 90 as solicitações de medições eram tantas, que a MB optou por desenvolver junto à COPPE um sistema descentralizado e que permitisse a utilização, para efetuar as medições, de pessoal de bordo, com menor qualificação técnica, desde que devidamente treinados, preservando-se o pessoal mais qualificado para a tarefa de análise e diagnóstico.

O SAVMAQ é um sistema desenvolvido para armazenar dados coletados periodicamente, a cada 250 horas de operação, processá-los e apoiar a avaliação das condições dos equipamentos rotativos. A técnica utilizada baseia-se na assinatura vibratória. Ela é a mais difundida em virtude de sua versatilidade no que tange ao uso em diferentes equipamentos e é a de maior domínio na MB, com pessoal capacitado e experiente no CPN.

O sistema monitora equipamentos de bordo, selecionados por serem puramente rotativos, considerados críticos com relação à capacidade de combate e de segurança do navio; de difícil manutenção, devido ao acesso e dificuldade para remoção do navio; e

de alto custo de manutenção e aquisição.

Inicialmente implantado nas FCN e CCI, teria sua aplicação estendida para submarinos, NV e outros navios. Nas FCN são monitorados quinze tipos de equipamentos, num total de cinqüenta unidades e nas CCI treze tipos, num total de quarenta e um equipamentos.

Atualmente o SAVMAQ sofre severo problema operacional. O equipamento utilizado para medição e transferência de dados para microcomputador, denominado "coletor", saiu de linha de produção, por dissolução da firma nacional que o produzia. Assim, todo o sistema necessita ser revisto para ser adequado a um novo "coletor", certamente de origem estrangeira.

ANEXO E

SITUAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO DE MANUTENÇÃO E DO SMP ADOTADOS NOS PRINCIPAIS MEIOS NAVAIS DA MB

Contratorpedeiros classe "Pará", Navio de Desembarque de Carros de Combate Mattoso Maia e Navios de Desembarque-Doca classe "Ceará"

Os navios utilizam a documentação de manutenção e o SMP elaborados pela Marinha Americana.

Corvetas classe "Inhaúma"

A documentação de manutenção está sendo atualizada com base nas solicitações dos navios. O SMP foi concluído e o SISSMP disponibilizado para os equipamentos da DEN e da DSAM.

Fragatas classe "Greenhalgh"

A documentação de manutenção dos equipamentos sob a jurisdição da DEN, de origem inglesa, foi adaptada ao sistema adotado pela MB e entregue aos navios em 2001, na sua forma preliminar. Essa documentação foi elaborada baseada na configuração da Fragata Greenhalgh. O SMP foi concluído e o SISSMP disponibilizado para os equipamentos da DEN. A DSAM está concluindo a adaptação da documentação de seus equipamentos e sua inclusão no sistema.

Fragatas classe "Niterói" e Rebocadores de Alto Mar classe "Triunfo"

A documentação de manutenção está sendo atualizada com base nas solicitações dos navios. O SMP foi concluído e o SISSMP disponibilizado para os equipamentos da DEN.

Monitor Parnaíba e Navio de Apoio Logístico Fluvial Potengi

A documentação de manutenção referente aos equipamentos sob a jurisdição da DEN, instalados respectivamente, na modernização e na transformação dos navios, foi entregue em 2002. O SISSMP para aqueles equipamentos foi disponibilizado.

Navio Aeródromo São Paulo

A documentação de manutenção e o SMP existentes foram recebidos da Marinha Francesa.

Navio Balizador Garnier Sampaio e Navio Hidroceanográfico classe "Taurus"

A elaboração da documentação de manutenção dos novos equipamentos sob a jurisdição da DEN instalados nos navios está condicionada à alocação de recursos necessários à terceirização desse serviço.

Navio de Apoio Oceanográfico Ary Rongel e Navio Oceanográfico Antares

A documentação de manutenção e o SMP utilizados a bordo vieram com o navio, adquirido por oportunidade, e estão fora dos padrões da MB.

Navio de Assistência Hospitalar Doutor Montenegro

A elaboração da documentação de manutenção para os equipamentos que dispõem de documentação técnica está condicionada à alocação de recursos necessários à terceirização desse serviço.

Navio de Assistência Hospitalar Oswaldo Cruz

A elaboração da documentação do sistema da propulsão, que foi modernizado, está concluída.

Navio de Salvamento de Submarinos Felinto Perry

Só foi possível elaborar documentação de manutenção para cerca de 20% dos equipamentos de bordo. A documentação técnica recebida com o navio, adquirido por oportunidade, é pobre e insuficiente para elaborar o restante dos documentos.

Navio-Escola Brasil

A documentação de manutenção está sendo atualizada com base nas solicitações do navio. O SMP foi concluído e o SISSMP disponibilizado para os equipamentos da DEN. A DSAM está concluindo a inclusão dos seus equipamentos no sistema.

Navios-Patrulha classe "Bracuí"

A documentação de manutenção referente aos novos equipamentos sob a jurisdição da DEN, instalados, foi entregue aos navios em 2002. O SISSMP para aqueles equipamentos foi disponibilizado.

Navios-Patrulha classe "Grajaú"

Para essa classe de navios pode-se dizer que existem diversas subclasses uma vez que cada estaleiro construtor tem uma configuração final diferente em termos de equipamentos instalados. A documentação de manutenção referente aos NPa construídos no AMRJ, CCN e estaleiro "Peene Werft" está sendo atualizada com base nas solicitações dos navios.

O SMP relativo aos oito primeiros navios foi concluído e o SISSMP disponibilizado para os equipamentos da DEN. Os quatro primeiros navios construídos pelo estaleiro alemão foram os primeiros a receber o sistema informatizado.

Em 2001 foi iniciada a elaboração da documentação de manutenção dos NPa Guaratuba e Gravataí, construídos pelo estaleiro "Peene Werft" e dos NPa Guanabara e

Guarujá, construídos pelo estaleiro INACE, utilizando mão-de-obra terceirizada. Essa contratação permitiu executar cerca de 60% da documentação dos NPa alemães e 10% da referente aos NPa cearenses.

A conclusão da documentação de manutenção e a prontificação do SMP dos últimos navios está prevista para o segundo semestre de 2003. A DEN já iniciou a inclusão dos equipamentos no SISSMP.

Navio Veleiro Cisne Branco

Apenas cerca de 50% da documentação técnica recebida contém informações adequadas para a elaboração da documentação de manutenção. A elaboração dessa documentação está condicionada à alocação de recursos necessários à terceirização desse serviço.

Navio-Tanque Alte. Gastão Motta

A elaboração da documentação de manutenção foi responsabilidade do estaleiro construtor do navio, a ISHIBRÁS. Essa documentação está sendo atualizada com base nas solicitações do navio. O SMP foi concluído e a DEN está concluindo a inclusão dos seus equipamentos no SISSMP.

Submarinos classe "Tupi"

A documentação de manutenção dessa classe, em função das particularidades do contrato celebrado com o consórcio "HDW/Ferrostaal", que previa a entrega da documentação definitiva apenas oito meses após a entrega do primeiro submarino da classe, foi elaborada, inicialmente, baseada em manuais "only for information" e "drafts".

Posteriormente, à luz da documentação definitiva e dos primeiros períodos de operação do submarino Tupi, foi feita a revisão da documentação de manutenção. Atualmente essa documentação está sendo atualizada com base nas solicitações dos navios. O SMP foi concluído e o SISSMP disponibilizado para os equipamentos da DEN e da DSAM.

ANEXO F

RELAÇÃO DE ENTREVISTAS REALIZADAS

1. AMORIM FILHO, Odélio – Capitão-de-Mar-e-Guerra (RRm), Assessor Especial da Diretoria de Telecomunicações da Marinha. **O Apoio Logístico Integrado na DTM**: situação atual e perspectivas. Rio de Janeiro, 2003. Entrevista concedida ao autor em 2 maio 2003.
2. CRUZ, Hermes Antônio da Silva – Capitão-de-Fragata, Encarregado da Seção de Manutenção na Subchefia de Logística e Plano Diretor do Comando de Operações Navais. **A manutenção dos meios navais.** Rio de Janeiro, 2003. Entrevista concedida ao autor em 21 jul. 2003.
3. GOMES NETO, Arnaldo Ferreira – Capitão-de-Mar-e-Guerra (EN), Superintendente Técnico da Diretoria de Engenharia Naval. **O Apoio Logístico Integrado na DEN**: situação atual e perspectivas. Rio de Janeiro, 2003. Entrevista concedida ao autor em 9 abr. 2003.
4. MARTINS, Ivan Taveira – Capitão-de-Fragata (EN), Chefe do Departamento de Análises de Apoio Logístico do Centro de Projetos de Navios. **O CPN e a manutenção dos meios navais.** Rio de Janeiro, 2003. Entrevista concedida ao autor em 17 abr. 2003.
5. RAMIRES, Milton Alves - Capitão-de-Mar-e-Guerra (RRm), Gerente de Obtenção do SMP da Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha. **O Apoio Logístico Integrado na DSAM**: situação atual e perspectivas. Rio de Janeiro, 2003. Entrevista concedida ao autor em 2 maio 2003.
6. SANTOS, Paulo Antônio Cheriff dos – Capitão-de-Mar-e-Guerra (RRm), Assessor de Manutenção na Subchefia de Logística e Plano Diretor do Comando de Operações Navais. **A manutenção dos meios navais.** Rio de Janeiro, 2003. Entrevista

concedida ao autor em 23 abr. 2003.

7. VILAIN, Leonardo – Capitão-de-Mar-e-Guerra (RRm), Gerente de Manutenção na Coordenadoria do Programa de Reaparelhamento da Marinha (PRM) da Diretoria-Geral do Material da Marinha. **O sistema de controle da manutenção para os meios navais**. Rio de Janeiro, 2003. Entrevista concedida ao autor em 2 maio 2003.

ANEXO G

LISTA DE FIGURAS

1. Figura n.° 1 - Curva da banheira.
2. Figura n.° 2 - Comportamento da taxa de falhas em função das ações de manutenção.
3. Figura n.° 3 - Extensão da vida útil – comportamento do aumento da taxa de falhas para intervalos de tempo entre manutenções constante.
4. Figura n.° 4 - Extensão da vida útil – comportamento da redução do intervalo de tempo entre manutenções para taxa de falhas limitada.
5. Figura n.° 5 - Padrões de falhas.

BIBLIOGRAFIA

1. AMORIM FILHO, Odélio. **O Apoio Logístico Integrado na DTM**: situação atual e perspectivas. Entrevista concedida ao autor, Rio de Janeiro, 2 maio 2003.

2. ASTABURUAGA, Gustavo Jordán. Vida útil das unidades de superfície. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 119, n. 10/12, p. 265-274, out./dez. 1999.

3. BRASIL. Diretoria de Engenharia Naval. ENGENALMARINST N.° 16-04 de 08 de janeiro de 1998. **Manutenção preditiva - procedimentos relativos ao acompanhamento do estado dos Motores de Propulsão Principal (MCP) das fragatas classe "Niterói" e corvetas classe "Inhaúma" - sistema de Análise de Tendência de Motores Diesel (ATEMDI).**

4. _____. ENGENALMARINST N.° 16-05 de 08 de janeiro de 1998. **Manutenção preditiva - procedimentos relativos ao acompanhamento do estado dos Motores de Propulsão Principal (MCP) das fragatas classe "Niterói" e corvetas classe "Inhaúma" - sistema LUBE.**

5. _____. ENGENALMARINST N.° 16-06 de 08 de janeiro de 1998. **Manutenção preditiva - análise de vibrações de equipamentos rotativos das fragatas classe "Niterói" e corvetas classe "Inhaúma" - sistema SAVMAQ.**

6. _____. PR0-0037B. **Procedimento para obtenção do Sistema de Manutenção Planejada**. Rio de Janeiro, 1989.

7. BRASIL. Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha. DSAMARINST N.° 20-06B de 03 de março de 1998. **Material de jurisdição da DSAM**.

8. BRASIL. Diretoria-Geral do Material da Marinha. MATERIALMARINST N.° 19-01 de 13 de abril de 1999. **Plano de Apoio Logístico Integrado (PALI)**.

9. BRASIL. Diretoria-Geral do Pessoal da Marinha. DGPM-101. **Normas sobre cursos e estágios do Sistema de Ensino Naval (SEN)**. Rio de Janeiro, 2000.

10. _____. DGPM-310. **Normas sobre nomeação, designação, movimentação, dispensas do serviço, licenças, férias e outros afastamentos temporários do serviço de pessoal militar da Marinha**. Rio de Janeiro, 2003. Rev. 2.

11. BRASIL. Escola de Guerra Naval. EGN-215. **Guia para a elaboração de ensaios e monografias**. Rio de Janeiro, 1998.

12. _____. FI-219. **Guia para elaboração de referências bibliográficas**. Rio de Janeiro, 2001.

13. BRASIL. Estado-Maior da Armada. EMA-320B. **Glossário de vocábulos e expressões básicas de uso na Marinha.** Brasília, DF, 1995. Rev. 5.

14. _____. EMA-400. **Manual de logística da Marinha**. Brasília, DF, 2003. Rev. 2.

15. _____. EMA-410. **Plano de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da**

Marinha - PDCTM. Brasília, DF, 2001. Confidencial.

16. _____. EMA-420. **Normas para logística de material**. Brasília, DF, 2002. Rev. 2.

17. BRASIL. Secretaria Geral da Marinha. SGM-201. **Normas para execução do abastecimento.** Brasília, DF, 2001. Rev. 2.

18. CAPETTI, Ruy. **A função logística manutenção e reparo em nível operativo**. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação Geral da Marinha (SDGM), 1991.

19. _____. Inexistência da "gerência de material" na Marinha e conseqüências para a função logística manutenção. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 122, n. 10/12, p. 57-74, out./dez. 2002.

20. CRUZ, Hermes Antônio da Silva**. A manutenção dos meios navais**. Entrevista concedida ao autor, Rio de Janeiro, 21 jul. 2003.

21. EUA. Department of the Navy. NAVSEA. **Reliability-centered maintenance handbook**. 1983.

22. _____. OPENAVINST 4700 7J. **Maintenance policy for naval ships**, 1992.

23. FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio Eletrônico Século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999. 1 CD-ROM. Versão 3.0.

24. FITCH, E.C. **Proactive maintenance for mechanical systems**. England: Elsevier Science Publishers, 1992.

25. GOMES NETO, Arnaldo Ferreira**. O Apoio Logístico Integrado na DEN**: situação atual e perspectivas. Entrevista concedida ao autor, Rio de Janeiro, 9 abr. 2003.

26. LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de confiabilidade, mantenabilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.

27. MARTINS, Ivan Taveira. **O CPN e a manutenção dos meios navais**. Entrevista concedida ao autor, Rio de Janeiro, 17 abr. 2003.

28. MIRSHAWKA, Victor. **Manutenção preditiva**: caminho para zero defeitos. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

29. MONCHY, François. **A função manutenção**: formação para a gerência da manutenção industrial. São Paulo: Ed. Durban, 1989.

30. MONKS, Joseph G. **Administração da produção**. São Paulo: McGraw Hill, 1989.

31. MOUBRAY, John. **Reliability-centred maintenance**. Leicestershire: Butterworth Heinemann, 1991.

32. NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM - Total Productive Maintenance**. Cambridge, Massachusetts: Productivity Press, 1988.

33. PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Quallitymark Ed., 1999.

34. RAMIRES, Milton Alves. **O Apoio Logístico Integrado na DSAM**: situação atual e perspectivas. Entrevista concedida ao autor, Rio de Janeiro, 2 maio 2003.

35. SANTOS, Paulo Antônio Cheriff dos. **A manutenção dos meios navais**. Entrevista concedida ao autor, Rio de Janeiro, 23 abr. 2003.

36. _____. Avaliação estatística da gestão da manutenção e acompanhamento do grau de obsolescência de máquinas marítimas militares 2003. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (COOPE), Rio de Janeiro, 2003.

37. TAVARES, Lourival Augusto. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações e Assessoria, 1999.

38. VILAIN, Leonardo. **O sistema de controle da manutenção para os meios navais**. Entrevista concedida ao autor, Rio de Janeiro, 2 maio 2003.

Biblioteca da Escola de Guerra Naval

Autor: BRAGA, Ricardo Luiz Gomes
Título: A função manutenção na MB: diretrizes e critérios

00256876
228558

MB - EGN

Nº Pat.:5927