

A LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO NA MB E A INFLUÊNCIA DA FILOSOFIA DE MANUTENÇÃO DE OUTRAS MARINHAS NO SEU DESENVOLVIMENTO

TIUDORICO LEITE BARBOZA*
Contra-Almirante (EN)

SUMÁRIO

Introdução
Conceitos
Logística de manutenção
<i>Antecedentes históricos</i>
<i>A influência da Royal Navy</i>
A manutenção na Marinha brasileira
<i>A avaliação de estado</i>
<i>A manutenção preventiva</i>
<i>A manutenção dos Tupis</i>
<i>A avaliação de alto-escalão</i>
Resultados teóricos
Resultados práticos
<i>A manutenção das Greenhalgh</i>
<i>A manutenção do NAe São Paulo</i>
Conclusão

INTRODUÇÃO

Existe uma razoável disponibilidade de literatura sobre a História da Construção Naval no Brasil. Entretanto, o mesmo

não se pode dizer com relação à manutenção e ao reparo naval, atividades também de grande importância e correlatas à construção naval, fato que motivou a elaboração deste trabalho.

* N.R.: Assessor especial para Construção Naval da Empresa Gerencial de Projetos Navais (Emgepron).

SIGLAS UTILIZADAS

(Elaborado pela RMB com auxílio do autor, com o propósito de facilitar a leitura e compreensão do artigo)

CAM	-	Centro de Armas da Marinha
CASOP	-	Centro de Apoio a Sistemas Operativos
CETM	-	Centro Tecnológico da Marinha
COGAG	-	Combination Gás Gás – Propulsão combinada de gás e gás
COPPE	-	Cordenadoria de Programas de Pós-Graduação
C&T	-	Ciência e Tecnologia
DE	-	Diretoria Especializada
DFM	-	Director of Fleet Maintenance – Diretor de Manutenção da Esquadra
DGME	-	Director General Marine Engineering – Diretor-Geral de Engenharia Marítima
DOS	-	Sistema de computador
DSAM	-	Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha
FVAU	-	Fleet Vibration Analysis Unit – Unidade de Análise de Vibração da Esquadra
GLM	-	Sistema de Gerenciamento Local de Material
GT	-	Grupo de Trabalho
ICP-OES	-	Inductively Coupled Plasmaoptical Emission Spectrometry
LIFEX	-	Life extension – Extensão da vida útil de equipamento
MAP	-	Mutual Assistance Program – Programa de Ajuda Militar (dos Estados Unidos)
MCP	-	Motor de Combustão Principal (da propulsão)
MEO	-	Marine Engineer Officers – Oficiais Engenheiros Navais
MMS	-	Maintenance Management System – Sistema de Gerência de Manutenção
MOD	-	Ministry of Defense – Ministério da Defesa
MTU	-	Marca de motor diesel
NAML	-	Naval Aircraft Materials Laboratory – Laboratório de Material de Aviões Navais
NEB	-	Número de Estoque Brasileiro
NECMC	-	Naval Equipment Condition Monitoring Committee – Comitê de Monitoramento de Equipamento Naval
OMPS	-	Organização Militar Prestadora de Serviço (da Marinha)
PB-A	-	Plano Básico Alfa (do Sistema do Plano Diretor da Marinha)
PDCTM	-	Plano de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Marinha
PMG	-	Período de Manutenção Geral
SGM	-	Secretaria-Geral de Marinha
SINGRA	-	Sistema Gerencial de Informações de Abastecimento
SMP	-	Sistema de Manutenção Preventiva
UFRJ	-	Universidade Federal do Rio de Janeiro
VISIN	-	Vibration Severe Indicator – Indicador de grandes vibrações
WINDOWS	-	Sistema de computador
YARD	-	
	-	Condition Based Maintenance – Manutenção baseada na condição
	-	Condition Monitoring – Caracterização ou avaliação de estado
	-	Health Monitoring = Condition Monitoring – Performance Monitoring
	-	Manutenção por diagnose (por diagnóstico das condições do equipamento)
	-	Manutenção Preventiva Calendária – a prevista por períodos de tempo (calendário)
	-	Performance Monitoring – Acompanhamento da performance
	-	Sistema de Manutenção Preditiva

CONCEITOS

O conceito de logística, por ser muito abrangente, não possui uma definição aceita universalmente.

Para o fim em pauta, é suficiente mencionar as chamadas **funções logísticas**, adotadas na Marinha como sendo: **Abastecimento, Suprimento, Manutenção, Salvamento, Saúde, Pessoal, Transporte e Desenvolvimento de Bases**. Embora haja

tal divisão, estas chamadas funções estão correlacionadas e acopladas umas às outras, com maior ou menor intensidade, dependendo do enfoque que se deseja dar.

A função logística **manutenção** e sua derivada, o **reparo**, são as que estão no âmago desta discussão. Antes de defini-las, conceituemos o que se chama de **ciclo logístico**, que pode ser representado graficamente por um fluxograma com fluxo em sentido horário, como mostrado na figura 1.

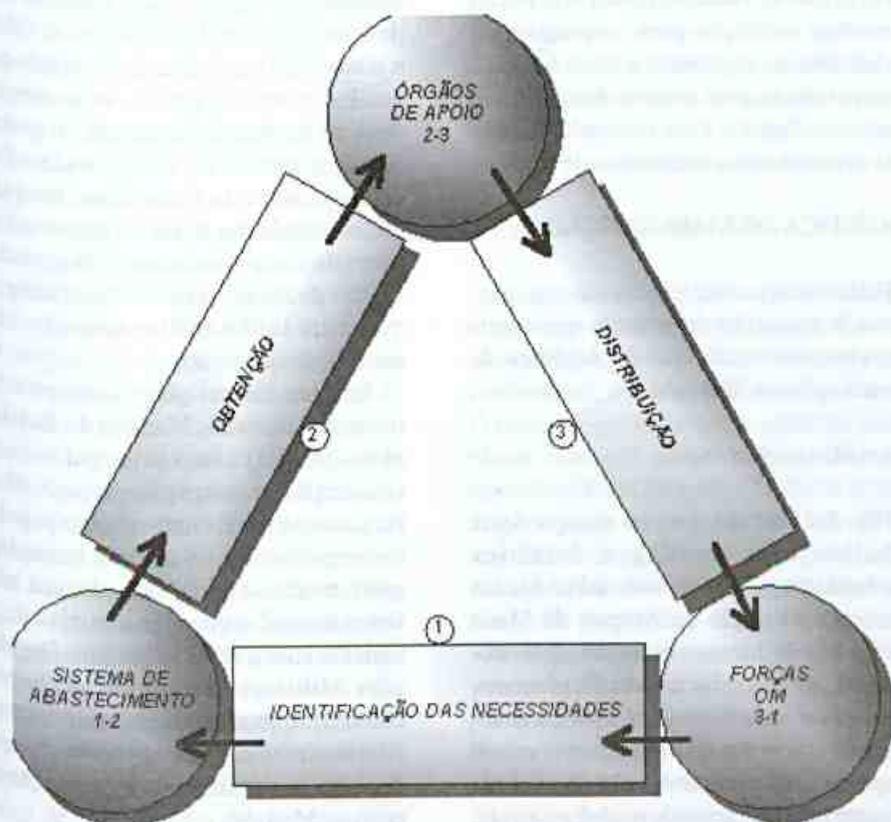


Figura 1 - O Ciclo Logístico

A identificação das necessidades (o que é necessário) marca o início do ciclo logístico, seguindo-se a obtenção (o quanto é necessário), que representa a logística de produção e a distribuição (quando será necessário), representando a logística de consumo. As demais fases do ciclo logístico representadas por círculos se referem aos provedores e/ou utilizadores de material, pessoal e serviços.

A documentação oficial de manutenção na Marinha¹ define-a como "o conjunto de atividades técnicas e administrativas que são executadas visando manter o material na melhor condição para emprego com confiabilidade, segurança e custo adequado e, quando houver avarias, reconduzi-lo àquela condição". Este restabelecimento após avaria é o que chamamos de reparo.

LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO

Feitas estas considerações iniciais, passemos à discussão do assunto que motivou o presente texto, que é a *logística de manutenção na Marinha*.

Antecedentes históricos

Não faz sentido que, no escopo deste trabalho, haja abordagem histórica aprofundada, principalmente sobre épocas anteriores à criação do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, em 1763, mais conhecido, até 1889, inclusive oficialmente, como Arsenal da Corte. Até 1840, o Arsenal da Corte continuava ainda como era no tempo da Colônia, isto é, voltado exclusivamente para os navios de madeira e a vela; a Revolução Industrial ainda não havia lá chegado.

A partir de 1840, mais precisamente entre 1840 e 1865, o Arsenal se modernizou tecnologicamente, mas para se tornar um importante estaleiro de construção naval da sua época. Entretanto, é interessante mencionar que uma das grandes motivações para a referida modernização foi justamente o fato de o Arsenal da Corte ter permanecido como principal centro de reparos navais, e não de construção propriamente, como era o Arsenal da Bahia. Como construção, manutenção e reparo são atividades entrelaçadas, isto é, correlatas, o Arsenal do Rio continuou a ser um centro destacado nestas duas últimas atividades, e já em 1865 o cientista Louis Agassiz, em seu livro sobre o Brasil, ao se referir ao Arsenal do Rio declarou que "o porto do Rio de Janeiro era o único, desde o Golfo do México até ao Cabo Horn, no qual se podia reparar um navio de guerra ou mercante de certa tonelagem".² O advento da Guerra do Paraguai foi fato motivador para que, entre 1865 e 1890, o Arsenal continuasse se reequipando.

Embora este artigo enfoque principalmente o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) como principal centro de construção, manutenção e reparo, não seria justo deixar de mencionar o papel que desempenharam os demais arsenais, alguns tendo se transformado nas atuais bases navais³ e que hoje constituem, juntamente com o AMRJ, as atuais Organizações Militares Prestadoras de Serviços (OMPS), que ao atuarem com o setor de Abastecimento e da estrutura de apoio, constituem os pilares da manutenção e reparo na Marinha.

Com a Revolta da Armada, após a Proclamação da República, a Marinha perdeu

1 Definição adotada pela Marinha (EMA 420, item 3.2.1 b).

2 *História da Construção Naval no Brasil*, Pedro C. da Silva Telles.

3 Idem.

prestígio e poder político dos quais desfrutara anteriormente, passando a dispor de menos recursos para a sua operação, manutenção e reaparelhamento, com sérios impactos no seu poder combatente. Com a derrota nesta revolta, na primeira metade da década de 1890, as máquinas mais importantes do antigo Arsenal da Corte foram transferidas para a Estrada de Ferro Central do Brasil e para o Arsenal de Guerra, sem terem mais retornado⁴. Os reflexos na construção naval e na manutenção e reparo foram de monta e se propagaram por vários decênios. A chamada Esquadra de 1910⁵, constituída de 20 navios, construídos todos na Inglaterra, devido à sua demasiada sofisticação para o nível tecnológico da Marinha e do País na época, não teve estrutura de apoio adequada, sendo um exemplo de como conseqüências nefastas podem advir pela inexistência de uma eficiente estrutura logística de maneira geral, incluindo a logística de manutenção, objeto deste trabalho.

O surgimento dos Estados Unidos da América como nação reconhecida da importância do Poder Naval motivou a aproximação de nossa Marinha com a daquele país. Tal aproximação permitiu a introdução das doutrinas navais, mas pouco contribuiu para a filosofia e a política de manutenção e reparo na Marinha; ao contrário, nos criou grande dependência, principalmente quando, após a Segunda Guerra Mundial, foi instituído o Programa de Ajuda Militar Americano (Military Assistance Program ou MAP), que permitiu ao Brasil receber, a preços simbólicos, um grande número de navios, além dos sobressaltes para sua manutenção. Essas supostas facilidades não somente desestimularam a

autocapacitação como também deram origem a um mau entendimento do processo de apoio logístico, ou seja, o de ser demasiadamente simples, de pequena importância, sem grandes preocupações com procura, obtenção e custos envolvidos⁶.

Com o contexto da Guerra Fria, foi assinado em 1952 o Acordo Militar com os Estados Unidos, por meio do qual a Marinha do Brasil continuou a receber navios remanescentes da Segunda Guerra Mundial, reforçando ainda mais a situação de dependência.

Somente a partir de 1967, com a concepção do Programa Decenal de Renovação de Meios Flutuantes, é que se iniciou uma mudança na situação de total dependência dos Estados Unidos. Tal mudança trouxe, em seu bojo, de forma gradual, alterações na nossa filosofia e política de manutenção.

A influência da Royal Navy

A grande divisão de águas começou com a incorporação dos submarinos da classe *Humaitá* (os *Oberon*) e, mais profundamente, das fragatas da classe *Niterói*. O primeiro grande reparo realizado para a classe *Humaitá* foi no próprio *Humaitá*, num Período de Manutenção Geral (PMG) atípico que durou de 1977 a 1983, atipicidade esta caracterizada pela necessidade de se substituir todos os cabos elétricos da propulsão, os quais apresentavam deficiências em seu isolamento, obrigando a retirada e a reinstalação da maior parte dos equipamentos e redes. Este acidente de percurso, embora indesejável por outro lado, trouxe enorme capacitação em manutenção e reparo em submarinos, em que pesem particularidades inerentes àquela classe.

4 A *Evolução da Marinha Brasileira*, Armando Amorim Ferreira Vidigal, EGN, 1994.

5 Idem.

6 Idem.

Estas incorporações, principalmente a das fragatas, deram forte impulso à aplicação do conceito de **manutenção planejada**. Antes delas, a manutenção era feita de maneira altamente improvisada, atendendo aos Pedidos de Serviços emanados dos comandos dos navios, de forma subjetiva, sem critérios técnicos bem definidos e sem compromissos com custos; substituições de componentes eram executadas sem que se avaliasse, previamente, o estado desses. Era comum, por exemplo, por ocasião dos reparos de navios a vapor, fazer-se a troca de toda a tubulação das caldeiras, sem que antes fossem feitos testes e uma inspeção para identificar os tubos passíveis de substituição⁷. As rotinas de manutenção eram limitadas em conteúdo e detalhamento, pois eram dirigidas aos órgãos de manutenção que na Marinha americana já possuíam mão-de-obra com a necessária *expertise* que prescindia de rotinas mais detalhadas.

A aproximação da nossa Marinha com a Royal Navy nos permitiu vislumbrar um *gap* cultural e tecnológico mais próximo de nossa realidade e, portanto, mais fácil de assimilar. É inegável o nosso avanço em construção de navios de superfície complexos e em manutenção e reparo de meios navais, inclusive submarinos, após tal aproximação. O advento das fragatas despertou em nossa Marinha a grande importância dos conceitos de garantia e controle da qualidade, tanto que o AMRJ criou o Departamento de Controle da Qualidade para fazer face ao empreendimento de construção das fragatas *Independência* e *União*. Esse departamento hoje se engaja também nas atividades de manutenção e reparo.

Pelo reconhecimento de que esta aproximação trouxe, naturalmente, uma adoção pela Marinha da filosofia de manutenção adotada pela Royal Navy é que se justifica, neste artigo, um retrospecto sobre a evolução de tal filosofia naquela Marinha, sob pena de não ser bem entendido o como e o porquê do caminho que trilhou a Marinha neste mesmo campo e em que estágio comparativo nós nos encontramos.

É inegável que atualizações de relevância dos conceitos de sistema de manutenção planejada (SMP) e de rotinas de manutenção foram introduzidas com a obtenção das fragatas da classe *Niterói*, quando estes passaram a ser, de certa forma, considerados a última palavra em manutenção na Marinha.

Enquanto isso ocorria, os adventos de fragatas com propulsão por turbina naval a gás e de submarinos nucleares, ambos com rigorosos requisitos de disponibilidade (fatores esses aliados à necessidade de reduzir custos de manutenção da frota), fizeram a Royal Navy rever a sua política de manutenção na década de 1970⁸.

Cabe frisar também que, embora nessa época a Royal Navy fosse considerada uma das líderes no mundo na concepção e no gerenciamento dos sistemas de manutenção preventiva, havia contudo falhas claramente identificadas, cuja tendência era a de introduzir precaução excessiva. A sobremanutenção era considerada aceitável, na medida em que se buscava maior confiabilidade e disponibilidade e, em consequência, o sistema era extremamente consumidor de enormes quantidades de mão-de-obra. Havia ainda a necessidade de numerosas equipes de manutenção, as quais

7 Memória informal ainda existente no AMRJ.

8 *Condition Based Maintenance in The Royal Navy*-Cdr. W. N. Watson, MSc, RN-Centenary Year Conference-September 1989-RNEC Manadon.

os *staffs* de fragatas, destróieres e pequenos navios não podiam gerenciar. Como os órgãos encarregados de conceber a manutenção ficam normalmente dependentes do aconselhamento dos fabricantes que projetam os equipamentos, estes, normalmente, propõem períodos mais curtos para o intervalo entre manutenções, não somente para proteger suas garantias, mas também para aumentar suas possibilidades de fornecimento de sobressalentes, no qual estão sempre muito bem interessados, fatos estes que ocorrem no mundo inteiro.

Conflitos começaram a surgir quando vieram a ocorrer casos em que a experiência sugeria o aumento das periodicidades das manutenções e, assim, a Royal Navy foi estimulada a desenvolver um ambicioso programa voltado para o que se chama *condition monitoring*, cujo equivalente em português mais exato vem a ser **caracterização ou avaliação de estado**. Para essa caracterização de estado, medições são realizadas a intervalos regulares, são estabelecidos e conhecidos determinados limites, leituras são registradas em forma gráfica, e a predição de tempo para a ocorrência de falha pode ser feita com razoável precisão.

A caracterização de estado não utiliza nada mais do que os quatro sentidos clássicos que já eram utilizados desde os primórdios, ou seja, a visão, o som, o cheiro e o tato, porém de uma forma extremamente científica e com poderosos instrumentos introduzidos pela tecnologia; "a chave de fenda no ouvido" vinha e vem, há muito tempo, sendo um indicador qualitativo global de amplitude de vibrações. A diferença é que, ao passar dos anos, numerosas técnicas foram desenvolvidas contemplando testes freqüentemente chamados não destrutivos, como testes para água e óleo combustível de caldeiras, assim como variados testes de *performance*, tais como os de potência a toda carga e os de governo.

É importante frisar que, na década de 1960, a análise de vibrações já começara a ser introduzida na Royal Navy, o que exigiu daquela Marinha a aquisição de instrumentos caros e complexos, além de elevada qualificação profissional dos operadores. Esta técnica permitiu a possibilidade de introduzir métodos para a determinação de requisitos para os *refits*. Foi criada uma equipe denominada Fleet Vibration Analysis Unit (FVAU), formada por pessoal técnico que foi treinado para o uso dos instrumentos e interpretação dos resultados de suas medições. Foram também desenvolvidos procedimentos para permitir inspeções regulares nos navios, usualmente em pontos considerados chaves, assim como inspeções *pre-refit* para determinar os requisitos dos *refits*.

Com a introdução das turbinas a gás, vieram ainda as técnicas de monitoração, como testes de partículas. O objetivo final da maioria dos testes introduzidos, que se limitavam no início à *condition monitoring*, passou a ser a chamada *Health Monitoring*, expressão sem um equivalente preciso em português, já que na língua inglesa o termo incorpora o seguinte significado: **Health Monitoring = Condition Monitoring + Performance Monitoring** (= Caracterização de Estado + Monitoragem de *performance*), cujo resultado permite decidir sobre a possibilidade de extensão de tempo entre *overhauls*. Algumas das técnicas envolvem um alto grau de *expertise*, particularmente as inspeções óticas, e por isso foi criado o Fleet COGOG Team para realizá-las.

No final da década de 1970, cerca de 20 técnicas diferentes de *Condition Monitoring* estavam em uso nos departamentos de Engenharia da Royal Navy dedicados a navios de superfície e submarinos. O empurrão estava dado na direção da chamada *Condition Based Maintenance*, ou seja, manutenção com

base na caracterização da condição ou do estado. O então *Director of Fleet Maintenance* (DFM) levou a cabo uma grande revisão na **Política de Manutenção**, a qual estabeleceu que, para todas as classes de novos navios, tal política teria como base **três princípios**:

i) máximo uso da *Condition Based Maintenance*;

ii) exame crítico dos requisitos de manutenção diante das necessidades operativas; e

iii) ações de *overhaul* e reparo tomadas ao mais baixo nível sensível.

Em termos práticos, estes três princípios significavam execução de testes utilizando equipamentos simples e manuais de medições de vibração, com indicações dos níveis inaceitáveis e medidores de pulsos de choque destinados a determinar, por exemplo, desgastes de mancais. Procedimentos para gravação e análise desses dados foram desenvolvidos e, em 1980, uma instrução do *Defense Council* estendia a *Condition Based Maintenance* a toda a Esquadra. Por tal instrução, cada equipamento deveria ser mantido de acordo com o enquadramento em uma das três categorias abaixo:

Categoria	Tipo de manutenção	Aplicação
1	Por tempo e ocasião	Aplicável a equipamentos que, por razões operacionais, de segurança ou legais, requerem um nível baixo para risco de ocorrência de falha, ou cuja manutenção vem ao encontro de ocasiões oportunas específicas, como os períodos de docagens.
2	Com monitoramento do desgaste	Aplicável a equipamentos que podem ser convenientemente reparados ou substituídos, fora de períodos programados de manutenção e para os quais um risco marginal de falha é aceitável, pela existência de redundância para o equipamento.
3	Sem monitoramento do desgaste	Aplicável a equipamentos cuja falha não afeta a eficiência, nem a segurança do navio ou sistema.

Embora tivesse sido instituída essa Instrução, o enquadramento em cada uma das categorias ficava subjetivo, pois tal cabia ao responsável pela manutenção do equipamento ou sistema. Além disso, não somente representantes do setor do Material, incluindo engenheiros, mas também do setor Operativo eram relutantes em aceitar as mudanças impostas na nova Política de Manutenção. Em

particular, um instrumento novo para a época, chamado *Vibration Severe Indicator* (VISIN), não se mostrava ainda tão preciso como seria desejável, pois este era calibrado para cartões de manutenção que serviam no máximo como orientações; não eram relacionados a um determinado equipamento em particular, nem tampouco a seu tipo de serviço, sua montagem ou idade.

O aprimoramento somente veio, mas de forma lenta e gradual, após o estabelecimento, pelo Comando-em-Chefe da Esquadra, de uma alteração no *Maintainance Management System* (MMS), de forma a incluir rotinas de manutenção nos programas e planejamentos de manutenção para, inclusive, orientar o desenvolvimento de técnicas e propor a emissão de relatórios finais de provas de mar para os diversos equipamentos ou sistemas, quando julgados cabíveis.

Em 1983, foi criado o *Naval Equipment Condition Monitoring Committee* (NECMC), com um membro representante de cada sistema dos setores de Material, Pesquisa e Desenvolvimento e Operativo. O progresso desse Comitê foi inicialmente lento, como normalmente ocorre a grupos dessa natureza; vários setores técnicos especializados subordinados ao *Director General Marine Engineering* (DGME) continuaram a desenvolver técnicas e procedimentos de formas independentes, ou seja, de *per si*.

Porém, as autoridades perceberam que havia necessidade de se estabelecer a confiança dos *staffs* dos Comandos de Força no *Condition Monitoring* e que isso somente seria atingido pelo aprimoramento do conhecimento dos oficiais que serviam a bordo dos navios. Assim, sucessivos testes e provas foram programados, utilizando vários instrumentos e, em poucos anos, novos equipamentos foram introduzidos em vários campos.

Assim é que, para turbinas a gás, inspeções visuais foram substituídas pela utilização de endoscópios flexíveis utilizados por componentes da própria tripulação, para isso devidamente treinados e tendo disponíveis fotografias de alta qualidade contemplando todos, ou pelo menos, quase todos os possíveis defeitos; acurados testes de partículas, fornecendo a leitura

associada à presença de materiais ferrosos coletados por *chips* detectores de material magnético, permitindo identificar a presença de contaminação e, conjuntamente com o *Naval Aircraft Materials Laboratory* (NAML), detectar, entre outras, falhas em mancais; o monitoramento da temperatura do ar de entrada na turbina de potência passou a fornecer indicações de problemas nas palhetas e no processo de combustão; contadores para ciclos associados à fadiga de baixo ciclo passaram a ser utilizados para fornecer informações sobre o ciclo de uso e vida útil da propulsão.

Os chamados *Marine Engineer Officers* (MEO) passaram a ter um *feeling* mais apurado sobre a condição de suas turbinas a gás e assim o intervalo entre *overhauls* foi significativamente estendido como resultado do aprimoramento do monitoramento e da qualidade da informação. Contudo, ao final da década de 1980, estes não possuíam ainda métodos de predição do restante da vida útil dos equipamentos e, portanto, decisões relativas, por exemplo, à remotorização (utilização de motores de *pool* ou alteração na configuração da propulsão) continuaram a ser feitas baseadas em inspeção e não em predição. Significativos avanços haviam sido introduzidos nas técnicas e instrumentos de *condition based maintenance* e *condition monitoring*, mas o desenvolvimento de uma política e de uma metodologia havia mudado pouco ao longo dos anos, o que é compreensível, pois mudar o condicionamento cultural existente é um problema bastante complexo.

Desde a sua implantação, o NMEC estava ansioso por implementar, em concepção e *performance*, tanto *condition based maintenance* quanto *condition monitoring* em toda a Esquadra. Já em 1984, em seu primeiro relatório, aquele órgão concluía pela necessidade de um *approach* mais

estruturado para a sua prática, com razoável eficácia; reconhecia a necessidade de um banco de dados adequado ao fim pretendido e que a solução deveria passar pela criação de um novo, ou pela extensão de algum já existente, caso houvesse, o que ainda não sabiam. Isso iria permitir o uso de modelos computacionais de sistemas navais para obter estimativas de custo de seus ciclos de vida e de suas disponibilidades.

Por fim, o relatório recomendava que novos equipamentos deveriam ser testados de forma abrangente, antes da introdução de seus usos, de modo que se pudessem estabelecer decisões relativas a suas manutenibilidades. Também propunha que fosse criada uma seção de especialistas em *condition based maintenance* e *condition monitoring* na DGME e que fosse dada a mais alta prioridade à implementação de um banco de dados voltado para o desenvolvimento destas técnicas.

Em consequência daquele relatório, foi decidido realizar-se um conjunto de testes e provas de modo que se pudesse avaliar o custo/benefício do *condition monitoring*; identificar de forma mais científica os riscos de implementação de pacotes com técnicas que lhe fossem inerentes e em que extensão seria possível utilizá-las para a predição do tempo remanescente para a ocorrência de falha.

A intenção inicial, como seria de se esperar, foi submeter a provas e testes um grande número de equipamentos, usando uma combinação de sensores, fossem eles do tipo portáteis manuais ou acoplados a distância, por meio de cabos, a computadores que processariam os dados monitorados. O número de equipamentos desejado inicialmente se mostrou de custo inaceitável, sendo digno de nota que al-

guns itens do sistema de combate também seriam contemplados. A solução alternativa vislumbrada, após discussões entre os vários setores técnicos especializados, foi a de elencar apenas 12 equipamentos ou sistemas a serem submetidos a avaliação, os quais estão abaixo listados⁹:

1. motores diesel;
2. turbinas a gás;
3. redutoras principais;
4. sistema de água gelada;
5. compressores de ar;
6. bombas de água salgada;
7. conjuntos motores-geradores;
8. bombas hidráulicas do tipo centrífuga;
9. caldeiras auxiliares;
10. conversores estáticos de frequência;
11. evaporadores; e
12. disjuntores elétricos.

Coincidência ou não, à mesma época de implementação dos testes e provas em pauta surgia no mercado o primeiro pacote de *condition monitoring* computadorizado, conectado a sensores manuais portáteis que eram alimentados a bateria, com memória no estado sólido, simples e de uso compatível com um PC. Estes equipamentos foram especificados para as avaliações práticas que envolveram, a princípio, sete meios navais, quais sejam quatro submarinos, duas fragatas e um navio de apoio.

Inicialmente, foi decidido que os navios não fariam uso direto dos dados que iam sendo coletados, mas aos poucos o setor operativo começou a se envolver com entusiasmo pelo conceito, pelos equipamentos e pelos resultados apresentados pelos *softwares*, os quais eram processados e analisados pela YARD em Glasgow. Voluntariamente, começou a aumentar o

9 A seleção mostra, nas entrelinhas, que tais técnicas, àquela época, eram consideradas pouco aplicáveis ao sistema de combate – e, possivelmente, ainda o são.

número de equipamentos submetidos aos testes e provas e numerosos programas de adestramento começaram a ser ministrados aos membros das tripulações, de modo a capacitá-los ao uso dos instrumentos e *softwares* que passaram a ser disponíveis a bordo.

Os resultados foram encorajadores, com um número significativo de defeitos identificados e corrigidos, antes que falhas catastróficas pudessem ocorrer. As técnicas de *condition based maintenance* e *condition monitoring* vêm sendo revistas e aprimoradas continuamente e novos equipamentos são produzidos em velocidades que tornam difícil o seu acompanhamento estreito. A quantificação da relação custo/benefício dessas técnicas, mesmo numa organização como a Royal Navy, é bastante difícil, embora seja de consenso naquela Marinha que estas economizam recursos financeiros e de mão-de-obra – uma economia de até mesmo acima de 50% dos custos com manutenção chegou a ser resultado de estimativas.

A MANUTENÇÃO NA MARINHA BRASILEIRA

Feito este retrospecto relativo à Royal Navy, voltemos agora à situação na Marinha do Brasil.

A aquisição das fragatas classe *Niterói* propiciou a disponibilização de vasta documentação e numerosas rotinas de manutenção, que, inclusive, nortearam toda a documentação de apoio logístico para as corvetas da classe *Inhaúma*; estas, vale frisar, com critérios de projeto, em quase toda a sua maioria, também inspirados naqueles aplicados às fragatas da classe em epígrafe. Esta documentação serviu de

paradigma ao atual modelo de SMP preconizado nas publicações oficiais da Marinha e a sua própria filosofia de manutenção, a qual é atualmente regulada pela publicação de grau de sigilo ostensivo chamada Normas para Logística de Material, o EMA-420. Complementando a referida publicação, existe, ainda, um documento, elaborado pelo setor operativo, estabelecendo o planejamento da manutenção dos meios navais, aeronavais e fuzileiros navais, de acordo com o ciclo de atividades de cada meio. Este planejamento, chamado de **Programa Geral de Manutenção (PROGEM)**, concebe diferentes períodos de manutenção (PM).

No caso de meios navais, os períodos de interesse estão definidos com clareza naquela publicação e a enumeração e a definição desses não serão apresentadas neste texto, somente para evitar redundância desnecessária.

O Sistema de Manutenção Planejada na Marinha é hoje constituído pelas ações de manutenção planejada preventiva e preditiva, em uma coletânea de rotinas programadas, que obedece a um método racional de planejamento, execução e controle¹⁰.

É importante ressaltar, entretanto, dois aspectos:

1º) a manutenção preventiva introduzida na Marinha, por meio da obtenção das fragatas da classe *Niterói*, nos anos de 1970, era e, pode-se dizer, ainda é o da **preventiva calendária**¹¹, isto é, aquela que é feita a cada determinado período de tempo, independentemente do estado do equipamento, seguindo as rotinas de manutenção (este modelo de manutenção, introduzido na Royal Navy após a Segunda Guerra Mundial, fez com que aquela Marinha fosse consi-

10 EMA 420, item 3.4.4.

11 Expressão cunhada pelo Ministro da Marinha no Memorando nº 017 de 1996.

derada uma das líderes no gerenciamento da manutenção preventiva); e

2ª) Os conceitos de avaliação de estado e de manutenção preventiva preditiva somente começaram a ser introduzidos na Marinha, de forma gradual e bastante tímida, na década de 1980, por meio de ações isoladas, sem nenhuma filosofia oficial definida.

A avaliação de estado

No segundo semestre de 1986 e no primeiro de 1987, ocorreram sérias avarias em quase todos os motores de combustão principais (MCP) das fragatas da classe *Niterói*, que, em alguns casos, se repetiram, levando a uma incidência excepcionalmente alta e danosa¹². Em consequência, o setor do material realizou, juntamente com a Força de Fragatas e a MTU, exaustivos estudos sobre o problema. Como resultado, duas providências se fizeram necessárias:

- a elaboração de um Sistema de Garantia da Qualidade para as revisões W5 e W6; e
- a adoção de procedimentos que permitissem o acompanhamento da condição de carga dos motores, a fim de evitar sua operação em situação de sobrecarga por períodos prolongados.

A primeira providência implicou a elaboração de procedimentos-padrão, que após o endosso da MTU foram aplicados às revisões W5 e W6 dos MCP e MCA, com vistas a aumentar a sua confiabilidade.

A segunda constituiu-se na primeira ação prática na Marinha no sentido de implementar técnicas de *Health Monitoring*, já que implicou a alteração do Sistema de Manutenção Planejada daqueles navios, pela inclusão de cartões de manutenção, criando procedimentos para a monitoração das condições de carga dos MCP e seu ajuste

quando necessário. Este monitoramento era feito por plotagem das curvas de carga dos motores a partir dos sinais de posição da cremalheira da bomba injetora e da rotação do motor. Como aproveitamento de oportunidade, também eram registradas as temperaturas dos gases de descarga.

A partir do registro periódico da posição da cremalheira e da rotação de cada motor, durante uma determinada comissão do navio, era possível representar graficamente suas curvas de carga, permitindo que se verificasse:

- se algum motor havia sido sobrecarregado continuamente (por longos períodos) ou se, eventualmente (por curtos períodos), operou em sobrecarga;
- se motores do mesmo eixo teriam operado em paralelo; e
- se a carga estivera equitativamente distribuída pelos motores dos dois eixos propulsores.

Uma vez conhecidas as condições de carga dos MCP, podiam ser realizados os ajustes necessários para que eles funcionassem com o carregamento adequado. O grande problema, entretanto, era que o processo era ainda muito rudimentar em comparação ao que já existia na época, além do que a monitoragem era feita por meio do envio pelos navios, ao setor do material, das informações acima mencionadas, somente após concluídas as comissões. Isso tornava as ações muito pouco efetivas e eficazes, já que o intervalo de tempo entre o encaminhamento, recebimento, análise e avaliação era extenso. Assim, quando os navios recebiam as orientações relativas ao ajuste dos motores, estes já se encontravam com outras características de estado diferentes e, portanto, desatualizadas. Rigorosamente, a única informação de relevância técnica que

restava após cada relatório de comissão desse tipo era a que identificava se algum motor diesel havia operado em sobrecarga e durante quanto tempo a operação nessa condição ocorrera.

Enquanto isso, embora bastante retardada, ocorria certa repercussão na Marinha quanto à utilização de técnicas do *condition monitoring* na Royal Navy, o que fez com que, a partir de 1986, o setor do material da Marinha comesse a realizar medições dos níveis de vibração gerados por equipamentos, tanto de navios de superfície quanto de submarinos, passando a formar um banco de dados, realizando análises e gerando competência, objetivando o diagnóstico e a prevenção de falhas e avarias, de modo a identificar ações, preventivas ou corretivas, de manutenção.

A análise de vibração é uma técnica já consagrada para a manutenção preventiva e preditiva de equipamentos rotativos.

Consiste, resumidamente, em gravar as assinaturas de vibração coletadas a bordo, processar as gravações em um analisador espectral e transferir, utilizando um *software* específico, as informações geradas pelo analisador para um computador, a fim de armazená-las apropriadamente em um banco de dados e, assim, possibilitar a produção dos relatórios e gráficos necessários à realização de diagnósticos. Não é uma técnica adequada a equipamentos alternativos, particularmente motores de combustão, que exigem conhecimentos mais profundos, bem como técnicas e equipamentos mais sofisticados, o que será comentado mais detalhadamente ao longo deste artigo.

Como parte desse esforço, haviam sido realizadas, até 1994, medições de vibração nos seguintes equipamentos:

- todos os equipamentos rotativos dos seis navios varredores da classe *Aratu*, resultando em recomendações de diversas ações de manutenção;

- motores dos submarinos da ex-classe *Humaitá* para, com bases nas análises, definir juntamente com o AMRJ as necessárias ações de manutenção; e

- vários equipamentos rotativos das corvetas da classe *Inhaúma*, visando à avaliação de engenharia.¹³

A manutenção preditiva

Esse esforço não foi em vão, pois, em meados da década de 1990, começaram a surgir indícios na Marinha de uma consciência de que o Sistema de Manutenção Preventiva (SMP) correntemente adotado, primariamente do tipo preventivo periódico (calendário), não mais se apresentava como uma solução única e que a **Manutenção Preventiva Preditiva** passava a ser objetivo de Marinhas mais avançadas e da indústria, principalmente diante de um quadro de restrições orçamentárias.

Em 1991, o Plano de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Marinha (PDCTM) passou a contemplar um projeto chamado **Manutenção por Diagnose**, com o propósito de desenvolver técnicas que permitissem a realização de diagnóstico ou condição do estado de um equipamento em serviço para orientar as ações de manutenção.

Posteriormente, dificuldades no setor de abastecimento forçaram o setor do material a analisar e a estudar a exequibilidade de se estender o intervalo entre revisões de equipamentos, como foi o caso das revisões do tipo W6 para motores MTU, em que as inspeções indicaram a possibilidade dessa extensão para as corvetas da classe *Inhaúma*, a princípio, de 6.000 para 7.500 horas. Também no caso das revisões W5 e W6 dos motores MTU dos navios-varredores classe *Aratu*, estas já havi-

¹³ Parecer CRV-073-002 Alt. A, de 28/04/94, da Diretoria de Engenharia Naval (DEN).

am tido seus intervalos entre revisões alterados de 3.000 para 4.000 horas, e de 6.000 para 8.000 horas, respectivamente.

Para tal decisão, foram de vital importância as interações havidas, na época, entre o setor do material e a MTU; como resultado de tais interações, foi parecer daquele fabricante que, no seu entender, a revisão W5, além de consistir em uma ação de manutenção, tem por objetivo avaliar o estado dos componentes com vistas a uma W6, inclusive como um dos fatores para a tomada de decisão quanto à época mais adequada para realizá-la¹⁴.

As aquisições dos contratorpedeiros da classe *Pará* e do Navio de Desembarque de Carros de Combate (NDCC) *Mattoso Maia* vieram confirmar que, de fato, a manutenção preventiva preditiva estava sendo praticada com ênfase pelas Marinhas mais avançadas. Isso porque estes navios trouxeram como parte integrante de seus motores diesel (diesel geradores no caso dos CT da classe *Pará* e os MCP no caso do NDCC *Mattoso Maia*) o sistema *Automated Diesel Engine Trend Analysis* ou ADETA.

Entende-se como *trend analysis*, cujo equivalente em português é **análise de tendências**, o processo no qual dados característicos de uma determinada máquina, devidamente transformados em informações na forma de variáveis, são coletados a intervalos regulares sob condições consistentes de repetibilidade, para determinar onde e quando o desgaste de componentes irá exigir ações corretivas.

O sistema fora desenvolvido na Marinha americana, ainda na década de 1960, com o propósito de estender o intervalo

entre *overhauls* dos submarinos convencionais daquela Marinha. Como exemplo, para os submarinos SS 563, este intervalo cresceu de um intervalo entre 3.600 a 4.800 horas para um valor médio de 12.000 horas¹⁵.

O sistema é constituído de sensores para monitoração dos dados de entrada, os quais são processados por um *software* específico, e são produzidos gráficos nos quais um dos eixos coordenados é sempre o número de horas de operação, enquanto no outro eixo são registrados os valores das seguintes variáveis consideradas altamente relevantes para a caracterização das condições do motor:

- pressões de compressão dos cilindros;
- pressões de queima dos cilindros;
- posição do êmbolo de força do regulador ou da cremalheira;
- temperaturas de descarga dos cilindros;
- vácuo do cárter;
- pressão de óleo lubrificante na admissão do motor;
- pressão do ar de lavagem; e
- consumo de óleo lubrificante.

No caso desses motores, a Marinha americana aboliu a forma clássica e ortodoxa com que se apresentavam as rotinas de manutenção do seu Sistema de Manutenção Preventiva (SMP), que passaram a ser resumidas à expressão mais simples:¹⁶ *"This instruction implements the ADETA program in order to provide standardized electronic analysis and management of diesel engineering readiness"*.

Manutenção dos Tupi

Enquanto estes fatos ocorriam nos cenários da manutenção dos meios de origens

14 3º Despacho ao Ofício 0105-A de 24/05/95 do Comando da Força de Contratorpedeiros (ComForCT) ao Comando-em-Chefe da Esquadra (Comemch).

15 Fairbanksmorse Brazilian Navy Brief, em 10 de maio de 1993.

16 OPNAVINST 9233.2A, OP-03P, de 21 de abril de 1992.

* N.R.: Esta instrução implementa o programa ADETA de maneira a prover a padronização da análise informatizada e o gerenciamento da partida dos motores diesel.

inglesa e americana, outro cenário de uma terceira origem começava a tomar seu espaço. Tratava-se dos submarinos da classe *Tupi*, configurando aquele associado à origem alemã da aquisição, com a qual surgia um ineditismo no que compete à logística de manutenção: as rotinas de Sistema de Manutenção Preventiva foram elaboradas pelo setor do material da Marinha, com base nos manuais dos equipamentos destes submarinos. Embora este fato tenha se constituído num passo importante, um problema crítico de manutenção, entretanto, não pôde ser evitado, qual seja, a dificuldade, e por que não dizer, até mesmo impossibilidade, de obtenção de sobressalentes, a não ser por meio da Empresa Marlog, configurando não somente uma indesejável dependência logística, mas também uma conseqüente e óbvia desfavorabilidade em relação ao valor do custo de manutenção – a indisponibilidade de sobressalentes nos Períodos de Manutenção Atracado (PMA) para a substituição de itens termina por sobrecarregar os subsequentes Períodos de Manutenção Geral (PMG). Muito provavelmente, por se tratar de submarinos que requerem um nível de confiabilidade mais rigoroso, não há técni-

cas de manutenção preditiva que tenham vindo juntamente com essa aquisição e se incorporado às rotinas de manutenção destes.

A avaliação de alto-escalão

Estes fatos vieram a fazer com que surgissem iniciativas no âmbito dos mais altos escalões da Marinha¹⁷ para avaliar o seu Sistema de Manutenção, começando pelo exame do Sistema de Apoio Logístico da Marinha.

Como resultado dessa avaliação, decorrente das ações de Grupo de Trabalho criado para esse fim, concluiu-se que “as atividades e sistemas afetos aos setores do material, do abastecimento e operativo eram desvinculadas, não concorriam a um objetivo comum e com isso não havia uma integração eficiente entre as ações de execução e reparo, o abastecimento e a elaboração de rotinas de SMP”¹⁸.

Como principais fatos que embasavam tais conclusões, as avaliações apontavam, entre outras, as seguintes incompatibilidades entre atividades, existentes à época, a qual é razoavelmente recente para ter se desconfigurado:

Atividade	Incompatibilidade identificada
Distribuição de recursos financeiros para as ações de manutenção.	Normalmente os recursos não atendem às necessidades.
Definição e planejamento quanto à época de aquisição e ao recebimento dos sobressalentes.	Aquisição e disponibilização dos sobressalentes não vão ao encontro do planejamento e da execução das manutenções.
Manutenção de materiais não integrados ao SMP.	Não há, em geral, a disponibilidade de instruções baixadas pelos fabricantes e suas respectivas análises.

(CONTINUA)

¹⁷ Despacho 026 de 24/05/95 da DEN (3º Despacho) ao Ofício 0105A /95 do COMFORCT ao Comando de Operações Navais (CON).

¹⁸ Ofício 0501 de 04/12/96 da Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM).

Atividade	Incompatibilidade identificada
Efetivo exercício do controle do SMP.	Não é disponível na Marinha uma sistemática nem ferramentas eficazes de controle. O SMP é produzido quando da aquisição dos meios, somente para os de ações programadas; raramente é alterado ao longo de sua vida.
Realimentação permanente quanto a estatísticas de demandas de sobresalentes e ao grau de satisfatoriedade do atendimento a esta demanda.	Esta realimentação não ocorre; assim, as listas de dotações não são atualizadas.
Manutenção dos meios adquiridos "por oportunidade".	Falta de prévia preparação da Marinha para corresponder ao aumento do número e da diversidade de equipamentos, em sua maioria, de origens diferenciadas.
Realização de manutenção nas OMPS.	Carência de quantidade e qualidade de mão-de-obra e de estrutura nas OMPS; baixos índices de produtividade nessas.

Essas conclusões levaram à criação de novo Grupo de Trabalho (GT)¹⁹, sob a coordenação do Setor do Material, no qual houve a participação do Setor Operativo, da Secretaria-Geral de Marinha (SGM) e das OMPS, contemplando as seguintes atividades, que pretendiam se aplicar, inicialmente, somente às fragatas da classe *Niterói* e às corvetas da classe *Inhaúma*, como experiências piloto.

a) avaliar as rotinas de SMP e as dotações de bordo e de base em vigor, considerando a experiência do Setor Operativo e das OMPS;

b) implementar técnicas de manutenção sintomática e preventiva preditiva, através de experiências piloto, por tipos de equipamentos e de navios;

c) emitir nova documentação do SMP, composta de rotinas mantidas, rotinas aperfeiçoadas e novas rotinas geradas, bem como redefinir as dotações de bordo e de base, considerando os resultados obtidos das ações acima;

d) identificar as providências necessárias para que a documentação do SMP seja elaborada, provida e gerenciada em meio magnético; e

e) avaliar a infra-estrutura, as técnicas de execução, o gerenciamento e a garantia da qualidade da manutenção e reparo nas OMPS e identificar os possíveis aperfeiçoamentos necessários.

Para um bom entendimento de onde se desejava chegar com essas cinco

19 Memorando 011/96 de 20/08/96 da DGMM.

ações, é importante mencionar que a terceira atividade era considerada a atividade fim e que esta deveria ter como objetivo principal a revisão das rotinas do SMP para que essas incorporassem o conceito de manutenção preditiva e a experiência adquirida nas OMPS com as rotinas de SMP.

A abordagem que foi adotada para essa revisão é a exposta na figura 2.

Seis linhas de frente diferentes, mas correlatas, foram desenvolvidas:

- análise das rotinas de SMP²⁰;
- análise do consumo de sobressalentes;
- implantação de técnicas de manutenção sintomática preditiva;
- padronização dos modelos das rotinas de SMP;
- avaliação da qualidade de reparo e manutenção nas OMPS; e
- avaliação de estado de equipamentos.

Esse trabalho, devido à sua grande amplitude, se estendeu, oficialmente, desde o fim de setembro de 1996 até o primeiro trimestre de 1998, tendo ficado ativo por cerca de 17 meses.

O primeiro posicionamento oficial diante à proposta do setor do material, na época, foi emanado da Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha (DSAM), que assim se expressava²¹:

“A DSAM não adota nas rotinas de manutenção do SMP dos equipamentos sob sua jurisdição a obrigatoriedade de substituição calendária de itens. Mesmo os itens cuja substituição é determinada pela sua vida útil, como por exemplo as válvulas magnetron dos radares, ou elementos

transdutores dos sonares, somente têm aprovada a substituição após verificação pelo Centro Tecnológico da Marinha (CEIM).

As rotinas de manutenção baseiam-se em inspeções que verificam o estado físico e o desempenho do equipamento quanto às suas condições originais. A degradação do desempenho por acaso verificada pelo cumprimento da rotina é corrigida por procedimentos de alinhamentos ou ajustes (*tunning*). Caso estes procedimentos não consigam recuperar o padrão de desempenho ideal do equipamento, o navio utiliza o sobressalente dotado a bordo ou solicita ao CETM ou CAM o reparo ou eventual substituição do item”.

Seguiram-se **Relatórios Evolutivos de Acompanhamento** dos trabalhos, num total de sete. Além dos resultados dos trabalhos, que serão comentados mais adiante, algumas observações são dignas de nota.

Em seu Sétimo Relatório Evolutivo, era comentário do Grupo de Trabalho (GT) na época²²:

“Ficou patente, ao longo da realização dos trabalhos, embora de maneira informal, uma certa apreensão dos representantes do Setor Operativo nos GT de que se lhes estivesse sendo atribuída a responsabilidade de alterar as rotinas de SMP ao criticá-las, quando não é esta a interpretação, pois as alterações decorrentes das críticas somente serão implementadas se consideradas adequadas, segundo a análise das diretorias especializadas (DE).

Havia também, no início dos trabalhos, por parte do Setor Operativo, o receio de que se pretendia abandonar a manutenção

20 Iniciadas nas fragatas classe *Niterói*, pelos MCP e pelos canhões de 4.5”.

21 Ofício 1688/1996 da Diretoria de Sistemas de Armas da Marinha (DSAM).

22 Anexo ao Ofício 0077 de 13/02/1998 da Diretoria de Engenharia Naval (DEN).

FLUXOGRAMA PARA REVISÃO DO SMP, PROPOSTO PELO GRUPO DE TRABALHO CRIADO PELO MEMORANDO 011/96 DE 20/08/1996 DA DGMM.

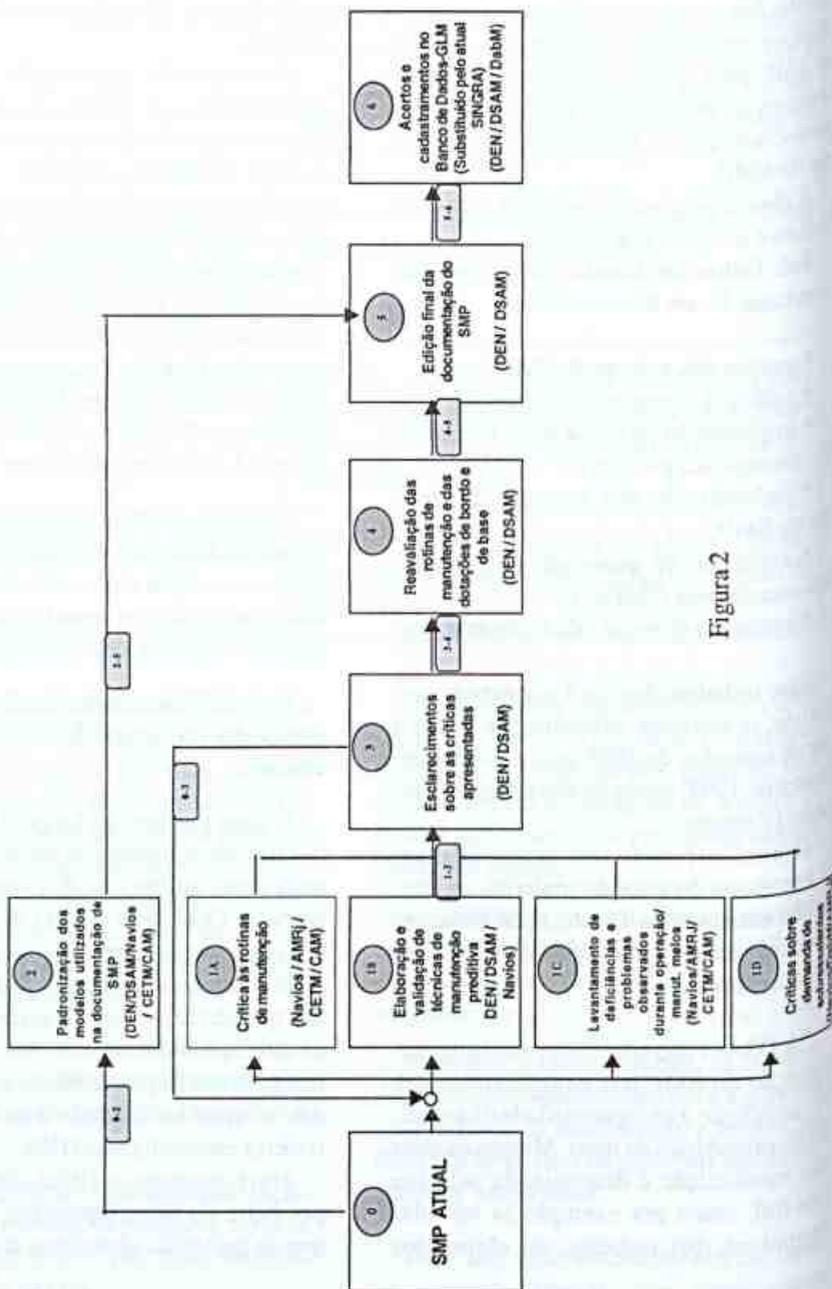


Figura 2

periódica e substituí-la por outra cuja filosofia ainda não fora suficientemente testada na MB, quando, na verdade, o propósito é flexibilizar a manutenção periódica, tornando-a não-calendária (expressão cunhada pelo Ministro da Marinha, à época), sempre que aplicável, e implementar a manutenção preditiva, de forma gradual, de modo que os períodos de execução das rotinas sejam estabelecidos de forma mais científica e com possibilidade de predição".

Vencidas estas reações iniciais, prosseguiram normalmente os trabalhos e, ao final, foi realizado, pelo setor operativo, um total de 1.472 exercícios²³ de críticas às rotinas utilizadas por esse setor.

Alguns resultados teóricos e práticos puderam ser aproveitados desse *brain storm*.

Os resultados teóricos são aqueles que não puderam ser postos em prática ou que deles não resultaram uma aplicação prática imediata; mas que nem por isso deixam de ter importância como diagnósticos ou como estimuladores da reflexão.

Resultados teóricos

Dentre os resultados teóricos, podem-se citar os mais importantes, como a seguir:

Primeiro – A análise realizada pelo setor do material sobre as críticas do setor operativo indicava que cerca de 30% das rotinas de manutenção para sistemas im-

portantes como o de propulsão não eram executadas satisfatoriamente devido à falta de sobressalentes, decorrente de três razões básicas:

- I – ausência de previsão do sobressalente na rotina;
- II – indisponibilidade do sobressalente à época de execução da rotina (falha no planejamento ou existência de dificuldades no processo de aquisição e abastecimento); e
- III – descontinuidade na produção dos sobressalentes com as características originais (variável exógena à Marinha).

Segundo – O Sistema de Gerenciamento Local do Material²⁴ (GLM) não dispunha de instrumentos para evitar a possibilidade indesejável de ocorrer a substituição de itens por decisões autônomas dos navios²⁵, sem que o Sistema de Abastecimento fosse informado, e mesmo nos casos em que este era informado, seus registros por meio do GLM²⁶ apresentavam as informações de consumo apenas por navio e por NEB, ou seja, as informações sobre consumo de sobressalentes seriam voltadas especificamente para o abastecimento e não para a manutenção, uma vez que não fora concebido para servir também a esta última função logística.

Idealmente, as seguintes informações relevantes do ponto de vista da manuten-

²³ A palavra exercício foi utilizada naquele documento tendo em vista que, segundo o relato nele contido, uma ou mais rotinas iguais (a mesma rotina ou um grupo de mesmas rotinas) foram, normalmente, criticadas por mais de um navio da classe, de modo que o número de rotinas criticadas foi menor do que o número de exercícios de crítica.

²⁴ Atualmente não mais existente, tendo sido substituído pelo Sistema Gerencial de Informações do Abastecimento (SINGRA).

²⁵ Para que não seja considerada uma crítica não construtiva, reconhecemos que a realidade impõe dificuldades tais que as soluções muitas vezes "de fortuna" constituem-se na única saída encontrada pelo setor operativo, que assim se vê obrigado a executá-la para manter a disponibilidade do meio naval.

²⁶ Idem nota 24.

ção deveriam ser registradas em um banco de dados voltado para este fim:

- I – associação de cada sobressalente substituído com o número de série do equipamento correspondente, única informação segura em termos de rastreamento do consumo de sobressalentes por equipamento²⁷;
- II – rotina do SMP associada ao sobressalente substituído;
- III – indicação quanto à previsão do sobressalente na rotina;
- IV – data de substituição do sobressalente; e
- V – identificação, a partir da relação de todos os sobressalentes associados a cada rotina ou a um conjunto de rotinas executadas, do que foi efetivamente utilizado e comparação com o estabelecido; extração das médias históricas para o cadastro de revisões (pacote mais caro e mais crítico).

Terceiro – Mereceria ser examinada a viabilidade de criação, em caráter permanente, no âmbito do setor operativo, do que poderia(m) ser chamado(s) de **Grupo(s) Permanente(s) de Fiscalização da Manutenção na Esquadra**, com as seguintes atribuições:

- (a) – atuar como grupo de inspeção e fiscalização da execução das rotinas de manutenção realizadas a bordo (1ª escalão) e pelas OMPS (2ª e 3ª escalões) e como estabelecedor de procedimentos para “ativação, operação e manutenção na Esquadra”;
- (b) – participar das avaliações e *follow-up* de estado; acompanhar e registrar os

perfis de operação dos equipamentos e a execução de suas revisões;

- (c) – manter, permanentemente, um processo de coleta de informações, registros de críticas e sugestões quanto a métodos e procedimentos visando à redução dos períodos de manutenção e reparo;
- (d) – atuar como agente de controle da qualidade das instruções de operação e manutenção, de modo a garantir a sua clareza, precisão e seu correto entendimento pelo setor operativo;
- (e) – identificar deficiências de treinamento e atuar, como órgão canalizador dessas deficiências, de modo a garantir suas realimentações aos cursos de instrução;
- (f) – promover, periodicamente, mas com seleção aleatória do meio naval a ser testado, provas de máquinas na condição de plena carga; e
- (g) – registrar e cadastrar as falhas e avarias identificadas como típicas e críticas pelo próprio Grupo ou pelos demais segmentos do setor operativo, de modo a estabelecer um banco de dados e assim manter uma memória formal que sirva de subsídio à investigação de novas falhas e avarias; participar, com o setor do material, na tarefa de identificação das causas das avarias.

Resultados práticos

Como resultados práticos, se destacaram os desenvolvimentos promovidos pelo setor do material em parceria com a Coordenadoria de Programas de Pós-Gra-

27 Exemplificando, quando o MCP de uma fragata é substituído pelo motor de *pool*, o setor de abastecimento fica sem o saber e continua registrando o consumo de sobressalentes, como se o equipamento fosse o mesmo; gera-se uma informação falsa em termos de média histórica do consumo.

duação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ) de sistemas de *softwares*, quais sejam o Atemdi, o Lube e o Savmaq.

O Atemdi é um programa que tem como referência o Adeta, mencionado anteriormente, recebido com o NDCC *Mattoso Maia* e o CT *Paraná* (classe *Garcia*), e que tem como dados de entrada valores de medições em motores diesel, coletados a bordo, produzindo como saída um diagnóstico de falhas e indicações de ações corretivas. É um sistema especialista, ou seja, não necessita da *expertise* de um especialista para a produção da análise dos resultados.

O Lube é também um sistema especialista, similar ao Atemdi quanto aos dados de saída, diferindo, entretanto, quanto aos dados de entrada, uma vez que estes são obtidos a partir de resultados de análises espectrométricas do óleo lubrificante usado no motor diesel.

O Savmaq é um sistema não-especialista, isto é, necessita da *expertise* de um especialista. Utiliza um coletor de sinais para aquisição de dados do espectro de vibração, em vários pontos de equipamentos rotativos, permitindo assim a análise feita por especialista para o fornecimento de diagnósticos de falhas e análises de tendências. Permite, ainda, o gerenciamento de bancos de dados que venham a ser obtidos para os diversos navios da Marinha.

À época da extinção do GT, os programas Atemdi e Lube já haviam sido instalados em todas as fragatas da classe *Niterói*, em todas as corvetas da classe *Inhaúma* e no Centro de Apoio a Sistemas Operativos (CASOP).

O programa Savmaq havia sido implantado nas fragatas da mesma classe e componentes de suas tripulações tinham sido qualificados para sua utilização. Visando consolidar esta implantação, o setor do material emitiu as ENGENALMARINST de 16-01 a 16-05. Com isso, o setor do material esperava estar dando os primeiros passos na estruturação de um banco de dados para definir parâmetros que norteassem a execução das rotinas de SMP, sob a ótica da manutenção preditiva, não descartando o conceito da manutenção preventiva, mas

complementando-o, tornando-a mais flexível, em benefício da eficiência da manutenção.

Um lançamento de corpo de prova (conhecido no nosso jargão naval como Amélia), para ajuste de parâmetros, é requerido pelas rotinas a cada quatro meses sem lançamento

Alguns aspectos sobre a utilização dos sistemas Atemdi e Lube pelos navios são ainda atuais e dignos de nota.

No caso do Sistema

Atemdi, este foi desenvolvido em base DOS, criando algumas dificuldades para a sua utilização em ambiente Windows (necessidade de memória baixa em no mínimo 580 KB). Este fato, embora contornável, necessita que se tenha um mínimo de conhecimento de computação para configurar a máquina que "roda" o sistema, o que exigiu, por parte da Coppe/UFRJ, a realização de demonstrações nos navios e no setor do material, logo após a instalação do sistema. Como efeito multiplicador, este treinamento foi repassado ao pessoal do CASOP, mas a rotatividade dos membros treinados nas tripulações trouxe solução de continuidade.

No caso do Sistema Lube, existem todas as dificuldades mencionadas para o siste-

ma Atemdi, havendo, porém, para aquele, uma situação de favorabilidade para contorná-las, não existente ainda no caso deste último.

A primeira delas prende-se ao fato de que foi feito, no ano de 2002, um *upgrade* no sistema para compatibilizá-lo com a plataforma Windows; o mesmo não pôde ser feito para o Atemdi, por indisponibilidade de recursos financeiros no Projeto do Plano Básico Alfa (PB-A) que suportaria tal empreendimento.

A segunda é que a análise do óleo lubrificante, que era e ainda é realizada pela Petrobras, se por um lado se apresenta vantajosa, por não onerar financeiramente a Marinha, por outro lado demanda um grande intervalo de tempo entre a coleta da amostra e o recebimento do resultado da respectiva análise pelo setor do material, análise esta necessária à geração dos dados de entrada para o programa (a agilidade na análise do óleo fica condicionada às demais prioridades da Petrobras). Para contornar este problema, a Marinha adquiriu, em 2001, um instrumento específico chamado *inductively coupled plasma optical emission spectrometry* (ICP-OES), para possibilitar a realização das análises no próprio Depósito de Combustíveis do Rio de Janeiro.

O equipamento, mais conhecido nos laboratórios de Química Analítica simplesmente por plasma, permite a realização de espectrometria de emissão ótica, na qual uma amostra é submetida a altas temperaturas, para produzir não somente a dissociação, como também uma significativa excitação por colisão²⁸ e ionização²⁹ dos átomos dos elementos componentes da atmosfera ambiente. Estes íons, em seu estado excitado, podem decair para estados mais baixos de energia, por meio de transições de energias do tipo térmicas ou radioativas, responsáveis por emissões de luz, em comprimentos de

ondas específicos, cujas intensidades, medidas por sensores óticos, são identificadores e quantificadores das concentrações dos elementos químicos de particular interesse na análise. Este equipamento, cuja instalação ocorreu em 2002, ainda não está operacional devido a restrições orçamentárias.

A manutenção das Greenhalgh

As aquisições das fragatas da classe *Greenhalgh* trouxeram, como subproduto de suas aquisições, o retrato das atuais política e filosofia de manutenção preventiva preditiva, ao que tudo indica praticada com ênfase pelas marinhas mais avançadas. Estes navios trouxeram o conceito implantado na Royal Navy de *Life Extension* (LIFEX) para as turbinas Tyne e Olympus, principalmente as Tyne, as quais compõem a propulsão de cruzeiro da classe.

Neste caso específico das turbinas Tyne, enquanto a Rolls-Royce preconiza a realização de manutenção a cada 5.000 horas de funcionamento, a Marinha Inglesa (MOD) vem adotando uma inspeção das turbinas após as ditas 5.000 horas, como uma *condition monitoring* (caracterização ou avaliação de estado) e, em função dos resultados, a extensão de sua vida útil (Life Extension ou LIFEX) até 6.500 horas de funcionamento.

A Marinha utilizou, inicialmente, estes parâmetros e a experiência dos inspetores do MOD até o ano 2000. Hoje, está utilizando os técnicos da Rolls-Royce para as inspeções e adotando a política de considerar a vida útil de 5.000 horas, para efeito de planejamento das revisões, podendo ser estendida até 7.000 horas de funcionamento. Em caráter excepcional, poderão ser solicitadas inspeções extraordinárias visando a estender a vida útil além das 7.000 horas de funcionamento.

²⁸ Devido à agitação térmica.

²⁹ Perda ou ganho de elétrons no átomo.

Infelizmente, ao que tudo indica³⁰, sofreremos de um condicionamento cultural perverso, qual seja o de não conseguir manter e transmitir, de forma contínua, o conhecimento adquirido. Não sabemos compatibilizar a contento a necessidade de rotatividade de pessoal com a de manter a base de conhecimento adquirida. Sem a cultura do registro e da documentação, tão praticada em Marinhas mais avançadas, não fazemos uso, na devida e necessária intensidade, da memória formal e, assim, a memória informal prevalece, com os riscos inerentes à perda ou rotatividade das pessoas que a detêm.

Não foi, portanto, diferente com o processo de qualificação dos componentes das tripulações para a utilização dessas ferramentas e nem mesmo com o processo de gerenciamento e concepção do programa e, assim, o ímpeto do empreendimento se desvaneceu.

A manutenção do NAE São Paulo

Vem o capítulo seguinte na história de aquisições de diferentes origens, um complicador para a logística na Marinha como um todo. É comum entre representantes do setor logístico a apreensão vinculada às chamadas "classes de um único navio". No início do ano 2000, as atenções viriam a se voltar para a aquisição do Navio-

Aeródromo São Paulo, um quarto cenário alienígena no campo dos modelos da logística de manutenção, ou seja, o modelo da logística de manutenção vigente na Marinha francesa.

Sendo uma aquisição que não trouxe, rigorosamente, inovações tecnológicas, até porque isso não era objeto da concepção

estratégica da Marinha, o seu modelo de logística de manutenção configura um SMP com rotinas de manutenção voltadas particularmente para primeiro escalão (bordo). Os manuais dos sistemas e equipamentos são muito bem elaborados na forma, mas com uma característica comum, que é a de não apresentarem informações suficientes sobre estes, como a identificação do fabricante e a

disponibilização de desenhos que permitam a chamada "engenharia reversa" (reprodução de peça ou componente a partir dos próprios meios), processo que somos habituados a praticar, em face das dificuldades que encontramos na condição de Marinha tecnologicamente dependente. Este contexto é decorrente de uma premissa fundamental existente no conceito da

Não há dúvidas, portanto, de que as técnicas de *condition and health monitoring* são hoje ferramentas de Marinhas de Guerra tecnologicamente mais avançadas, e até mesmo das Marinhas Mercantes

logística de manutenção na Marinha francesa, qual seja a de que "os sobressalentes estarão disponibilizados nos respectivos centros de manutenção", condição de uma boa e desejável integração entre as funções logísticas manutenção e abastecimento.

Sendo o NAE São Paulo um navio concebido ainda na década de 1950 (1955) e

³⁰ Opinião pessoal do autor.

incorporado na década de 1960 (1963), é natural que, para a maioria dos sistemas deste navio, as rotinas de manutenção sejam do tipo preventivas calendárias, exceção feita apenas aos sistemas de aviação em que estas preconizam a manutenção de acordo com o perfil de operação, definida pelo número de lançamentos de aeronaves realizado. Um lançamento de corpo de prova (conhecido no nosso jargão naval como Amélia), para ajuste de parâmetros³¹, é requerido pelas rotinas a cada quatro meses sem lançamento.

A baixa do seu congêneres, o Navio-Aeródromo *Clemenceau*, permitiu que visse incorporado ao pacote da aquisição um razoável número de equipamentos para *pool*, porém é esperado que esta situação de favorabilidade vá se extinguindo, à medida que os sobressalentes que vieram com o navio forem consumidos.

Devido ao porte e à demanda de energia elétrica do navio, algumas necessidades de preparação do AMRJ surgiram inevitavelmente, como aquisição de um grande número de picadeiros e defensas guias para o Dique Almirante Régis, itens que exigiram projetos de engenharia específicos para este fim. O mesmo se aplica ao sistema de alimentação de energia de terra, ainda sob solução improvisada, por indisponibilidade atual de recursos financeiros para a implantação de sua configuração definitiva.

CONCLUSÃO

A Marinha tem a vontade e a capacidade necessárias, e até mesmo muita inventividade, para bem manter os seus meios, senão não teríamos vivenciado a experiência de ter o ex-NaeL *Minas Gerais*

operando durante tanto tempo, em aceitáveis condições, mesmo este tendo sido um navio comissionado no final da década de 1940 (1948-49), com incorporação à Marinha em 1960, após ter sido modernizado na Holanda, entre 1957 e 1960.

Por outro lado, o bem saber manter o meio naval³² não significa, necessariamente, em bem poder manter, pois nos faltam recursos financeiros para tal.

Um fator com características de permanente, que é o da disponibilidade de sobressalentes, em sincronia temporal com os períodos previstos e planejados de manutenção e associado ao fator disponibilidade de recursos, este último cada vez mais agravado pelos cortes e contingenciamentos, ao que tudo indica, é o maior entrave à atual logística de manutenção na Marinha.

A inexistência ainda de um programa amplo, voltado para a manutenção com base na caracterização de estado, é, atualmente, uma lacuna que separa o atual *status* da manutenção em nossa Marinha das Marinhas mais avançadas, haja vista o testemunho trazido pela realização de simpósios internacionais abordando a inserção das técnicas de *condition and health monitoring*, como o Condition-Based Maintenance Symposium, realizado em Arlington, Virgínia, Estados Unidos, em 1998, primeiro simpósio sobre o assunto em que houve participação de representante da Marinha.

Neste simpósio, dos 24 trabalhos apresentados, seis eram de aplicação dual (tanto civil quanto militar); nada menos de 18 deles eram exclusivamente voltados para a manutenção de navios de guerra, com 14 entre os 18 dedicados ou referidos à Mari-

31 Nada mais é, na verdade, a aplicação do conceito de caracterização ou avaliação de estado.

32 O que não pode ser confundido, simplesmente, com mantê-lo bem pintado, com os metais polidos e com praças de máquinas limpas, condições, sem dúvidas, necessárias e importantíssimas para o moral e o orgulho da tripulação, bem como fator de admiração e boa impressividade dos visitantes.

na americana; os quatro restantes dos citados 18 eram referidos a Marinhas avançadas, a Royal Navy inclusive.

Não há dúvidas, portanto, de que as técnicas de *condition and health monitoring* são hoje ferramentas de Marinhas de Guerra tecnologicamente mais avançadas, e até mesmo das Marinhas Mercantes. Praticamente todas as empresas de navegação, atualmente, preferem que seus tripulantes acompanhem de perto (monitorem) o desempenho dos equipamentos de bordo, minimizando as situações de surpresa e os riscos de aciden-

tes; modernos *softwares* permitem o completo gerenciamento da frota, mantendo controle de estoques de peças de reposição e realizando acompanhamento financeiro das despesas de manutenção³³.

Estes indicadores nos dão a certeza de que, com a diminuição dos *gaps* tecnológicos que nos separam de outras Marinhas, com inevitável e indispensável investimentos em C&T, o que requer que os recursos financeiros permitam, tais técnicas, mais e mais, chegarão para ficar, já que o tempo é o grande inovador.

☐ CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:
<APOIO> / Manutenção /;

**A meditação deve significar
uma contemplação ativa, e
não uma simples divagação
ou devaneio.**

Oliver W. Holmes

³³ Revista *Portos e Navios* de fevereiro de 2003.



REVISTA



MARITIMA BRASILEIRA

A SEGUNDA REVISTA MAIS ANTIGA DO MUNDO

(Fundo de 8 vols. 1854/1881)

A Revista Maritima Brasileira completou 153 anos em

1.º de março de 2004. Fundada em 1851 pelo

Primeiro Tenente Sabino Elói Pessoa,

foi a segunda revista mais antiga do mundo

a tratar de assuntos marítimos e navais.

Conforme os registros obtidos, a Rússia foi o primeiro

país a lançar uma revista marítima

a Morskoi Sbornik, (1848).

Depois vieram:

Brasil – Revista Maritima Brasileira (1851),

França – Revue Maritime (1866),

Itália – Rivista Marittima (1868),

Portugal – Anais do Clube Militar Naval (1870),

Estados Unidos – U.S Naval Institute Proceedings (1873)

República Argentina – Boletin Del Centro Naval (1882).

Em 1881, a revista brasileira completou 30 anos de publicação.

Em 1882, a revista brasileira completou 31 anos de publicação.

Em 1883, a revista brasileira completou 32 anos de publicação.

Em 1884, a revista brasileira completou 33 anos de publicação.

Em 1885, a revista brasileira completou 34 anos de publicação.

Em 1886, a revista brasileira completou 35 anos de publicação.

Em 1887, a revista brasileira completou 36 anos de publicação.

Em 1888, a revista brasileira completou 37 anos de publicação.

Em 1889, a revista brasileira completou 38 anos de publicação.

Em 1890, a revista brasileira completou 39 anos de publicação.

Em 1891, a revista brasileira completou 40 anos de publicação.

Em 1892, a revista brasileira completou 41 anos de publicação.

Em 1893, a revista brasileira completou 42 anos de publicação.