

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC CARLOS EDUARDO VIEIRA TORRES

O APOIO LOGÍSTICO INTEGRADO NA CLASSE MACAÉ:
aplicando a manutenção centrada na confiabilidade

Rio de Janeiro

2018

CC CARLOS EDUARDO VIEIRA TORRES

O APOIO LOGÍSTICO INTEGRADO NA CLASSE MACAÉ:
aplicando a manutenção centrada na confiabilidade

Monografia apresentada à Escola de Guerra Naval,
como requisito parcial para a conclusão do Curso de
Estado-Maior para Oficiais Superiores.

Orientador: CMG (RM1) Marcos Luiz Portela

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2018

AGRADECIMENTO

Agradeço inicialmente a Deus pelo dom da vida, pelo constante aprendizado e por ter protegido minhas singraduras no mar;

À minha esposa Patricia e aos meus filhos Laís e Igor, agradeço pelo amor e carinho. Obrigado por serem o porto seguro deste marinheiro;

Aos meus queridos pais Araújo e Janete, por moldarem meu caráter, pelos exemplos de perseverança e pelo apoio em toda a minha vida;

Ao meu irmão Luiz Felipe, agradeço pela amizade incondicional;

Ao Capitão de Mar e Guerra (RM1) Marcos Luiz Portela, pela orientação de minhas ideias e pelas intervenções profissionais, que me permitiram manter o foco na questão de pesquisa; e

Aos Comandantes dos NPa Macaé e Macau, pela atenção que dedicaram às respostas dos questionários, das quais resultaram informações relevantes para esta pesquisa.

RESUMO

A pesquisa tem como propósitos evidenciar a necessidade de aplicação da manutenibilidade, associada à análise dos modos de falha e criticidade, para o aumento da disponibilidade da Classe Macaé e da confiabilidade de seus sistemas; e propor soluções ou sugestões de pesquisas futuras, visando aumentar a média anual de dias de mar da classe. As experiências logísticas do autor no Comando do NPa Macaé e o preenchimento de questionário enviado aos atuais Comandantes dos NPa Macaé e Macau são as fontes de informações deste estudo de caso. A problemática apresenta-se na média anual de dias de mar da respectiva Classe estar 20% abaixo do índice de disponibilidade anual, de 93 dias. Ao longo do estudo foi constatado que este problema possui causas diversas, como o descumprimento do Plano de Apoio Logístico Integrado; deficiências no Sistema de Manutenção Planejada; a falta do estabelecimento de parâmetros logísticos de referência, como a confiabilidade inerente e a disponibilidade inerente, e a falta de coleta de dados estatísticos para comparação; falhas do Sistema de Abastecimento da Marinha e da empresa MTU no fornecimento de sobressalentes críticos, deixando equipamentos inoperantes; e o descumprimento sistemático do Ciclo de Atividades da Classe pelo Setor Operativo. Ao longo da pesquisa foram identificadas a necessidade de coleta e análise de dados estatísticos rotineiros sobre os diversos sistemas que compõem os navios, visando o aumento de sua confiabilidade, e a necessidade premente de revisão dos motores de combustão principal do NPa Macau. A solução visualizada para o problema da baixa média de dias de mar é a adoção da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade, na qual predominam rotinas preditivas de manutenção em detrimento das manutenções preventivas baseadas no tempo de funcionamento, uma vez que a postergação de revisões de equipamentos é uma realidade vivida pela administração naval, face às restrições orçamentárias. A pesquisa termina com uma proposta de ações de implementação dessa metodologia, a serem tomadas por diversas Organizações Militares.

Palavras-chave: Classe Macaé, análise de falhas, manutenibilidade, confiabilidade e disponibilidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1-	Cálculo da Taxa de Falha.....	61
Figura 2.2-	Curva da Banheira.....	61
Figura 2.3-	Confiabilidade de um Sistema em Série.....	62
Figura 2.4-	Confiabilidade de um Sistema em Paralelo.....	62
Figura 2.5-	Disponibilidade Inerente.....	62
Figura 4.1-	Diagrama Organizacional de Helicóptero de Ataque.....	64
Figura 4.2-	Diagrama Funcional de Sistema de Lubrificação.....	64
Tabela 4.2-	Modo de Falha, Efeito e Causas.....	65
Tabela 4.3-	Níveis de Frequência de Modos de Falha.....	66
Tabela 4.4-	Níveis de Severidade de Risco.....	67
Tabela 4.5-	Valores de Criticidade.....	68
Figura 4.3-	Conjunto Misturador.....	69
Figura 5.1-	Etapas da MCC.....	70
Figura 5.2-	Fluxos de Entrada e Saída.....	71
Figura 5.3-	Diagrama de Seleção da Função Significante.....	72
Figura 5.4-	Diagrama de Decisão da Manutenção Centrada na Confiabilidade.....	73
Figura 5.5-	Curva de Resistência à Falha.....	76
Figura 5.6-	Limites de Vida Segura e Econômica.....	77
Figura 5.7-	Falha Evidente que Afeta a Segurança ou o Meio Ambiente.....	80
Figura 5.8-	Falha Oculta que Afeta a Economia ou Operação.....	83
Figura 5.9-	Diagrama de Influência.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALI –	Apoio Logístico Integrado
AMRJ –	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
BID –	Base Industrial de Defesa
BIS –	Bomba de Incêndio e Sanitários
CI –	Confiabilidade Inerente
CLG –	Combustíveis, Lubrificantes e Graxas
ComOpNav –	Comando de Operações Navais
ComImSup –	Comandante Imediatamente Superior
CONDEF –	Condição de Eficiência
CPN –	Centro de Projetos de Navios
CV–	Ciclo de Vida
CO –	Confiabilidade Operacional
DEN –	Diretoria de Engenharia Naval
DepCMRJ –	Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro
DGE –	Grupo Diesel Gerador
DGMM –	Diretoria-Geral do Material da Marinha
DI –	Disponibilidade Inerente
DM –	Dias de Mar
DN –	Distrito Naval
DO –	Disponibilidade Operacional
EGN –	Escola de Guerra Naval
EMA –	Estado-Maior da Armada
EMGEPRON–	Empresa Gerencial de Projetos Navais

ER –	Engrenagem Redutora
FMEA –	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (Análise de Modos e Efeitos de Falha)
FMECA –	<i>Failure Modes, Effects and Criticality Analysis</i> (Análise de Modos, Efeitos e Criticidade das Falhas)
GCV –	Gestão do Ciclo de Vida
GRO –	Gerenciamento do Risco Operacional
IDA –	Índice de Disponibilidade Anual
INSPNAV –	Inspeção Naval
IP –	Inspeção Preditiva
JOPO-2016 –	Jogos Olímpicos e Paraolímpicos 2016
MB –	Marinha do Brasil
MC –	Manutenção Corretiva
MCA –	Motor de Combustão Auxiliar
MCC –	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MCP –	Motor de Combustão Principal
MODTEC –	Modificação Técnica (manutenção modificadora)
MP –	Manutenção Preventiva
MPR –	Manutenção Preditiva
MTBF –	<i>Mean Time Between Failure</i> (Tempo Médio entre Falhas)
MTTR –	<i>Mean Time to Repair</i> (Tempo Médio para Reparo)
NASA –	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NP _a –	Navio Patrulha
OD –	Óleo Diesel
OL –	Óleo Lubrificante

OM –	Organização Militar
OMPS –	Organização Militar Prestadora de Serviço
OMPS-I –	Organizações Militares Prestadoras de Serviço Industriais
PALI –	Plano de Apoio Logístico Integrado
PDE –	Período de Docagem Extraordinário
PDR –	Período de Docagem de Rotina
PEM –	Plano Estratégico da Marinha
PGAD –	Programa Geral de Adestramento
PM –	Período de Manutenção
PME –	Período de Manutenção Extraordinário
PMG –	Período de Manutenção Geral
PPM –	Processo de Planejamento Militar
RP –	Restauração Preventiva
SD –	Sistema de Defesa
SisSMP –	Software do Sistema de Manutenção Planejada
SMP –	Sistema de Manutenção Planejada
TF –	Taxa de Falhas
URA –	Unidade de Resfriamento de Ar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	O ALI na MB.....	12
2.2	A Confiabilidade.....	13
2.3	Tempo Médio entre Falhas (MTBF).....	16
2.4	A Manutenibilidade.....	16
2.5	A Disponibilidade.....	18
3	ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.....	21
3.1	SD Navios da Classe Macaé.....	21
3.2	Sistema de Propulsão.....	24
3.3	Análise da Geração de Energia.....	32
3.4	Síntese das Principais Conclusões.....	38
4	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA MCC.....	42
4.1	Sistema de Propulsão.....	42
4.2	Sistema de Geração de Energia.....	45
4.3	Principais Conclusões da Seção.....	48
5	CONCLUSÃO.....	49
	REFERÊNCIAS.....	53
	APÊNDICES, ANEXOS E ADENDOS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A redução da dependência da construção de navios de guerra no exterior tem sido uma das principais preocupações da Marinha do Brasil (MB) nas últimas décadas. Segundo Vidigal (1985, p. 121) a diminuição da subordinação no campo material dar-se-á por meio de um programa pragmático de nacionalização. Nesse contexto, os Navios Patrulha (NPa) da Classe Macaé, de projeto francês e construção nacional, são um exemplo de busca por autonomia da Base Industrial de Defesa (BID).

A Classe Macaé é composta pelos NPa Macaé e Macau, incorporados à Armada em 2009 e 2010 e transferidos ao Setor Operativo em 2012 e 2013, respectivamente; bem como encontra-se em fase final de construção o NPa Maracanã, no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). O EMA-300, Plano Estratégico da Marinha (PEM) (BRASIL, 2017a), prevê a construção de mais 10 NPa até 2035¹. Esses navios poderão ser obtidos em continuação à Classe Macaé ou concebidos por meio de projeto nacional independente, em evolução ao atual, o qual é denominado pela Empresa Gerencial de Projetos Navais (EMGEPRON) como NPa 500-BR². Esses aspectos evidenciam a importância de estudarmos o Apoio Logístico Integrado (ALI) relacionado à Classe Macaé, com impactos positivos no projeto NPa 500-BR.

A problemática logística que apresentamos nesta pesquisa reside no fato de que a média anual de dias de mar (DM) dos NPa Macaé e Macau, respectivamente de 70 e 79,5 DM³, encontra-se aproximadamente 20% abaixo do Índice de Disponibilidade Anual (IDA) de 93 DM, estabelecido pelo Setor do Material e constante no Plano de Apoio Logístico Integrado (PALI) (BRASIL, 2012b).

Neste trabalho apresentaremos evidências de que a média de DM dos navios pode

1 Horizonte temporal previsto no PEM e Ação Estratégica Naval (AEN) de nº 60.

2 PALESTRA da EMGEPRON no Clube Naval em 2017, prevendo a construção de até 27 NPa 500-BR.

3 Média de DM: NPa Macaé, de fev. de 2012 a jan. de 2018; e NPa Macau, de fev. de 2013 a jan. de 2018.

ser aumentada por meio do estudo dos fatores que afetam a disponibilidade e a confiabilidade deste Sistema de Defesa (SD)⁴, como a manutenibilidade e a análise dos modos, efeitos e criticidade das falhas (FMECA)⁵.

Desta forma apresentamos a seguinte questão de pesquisa: A manutenibilidade, associada à FMECA, pode aumentar a disponibilidade dos NPa da Classe Macaé e a confiabilidade de seus sistemas?

Para respondermos tal questão empregaremos um estudo de caso, na modalidade descritiva, como desenho de pesquisa. O objeto de estudo será a aplicação de conceitos do ALI em benefício do aumento da disponibilidade da Classe Macaé e da confiabilidade de seus sistemas, com base em dados estatísticos recebidos dos NPa Macaé e Macau, com abrangência temporal de fevereiro de 2012 a janeiro de 2018.

A pesquisa será desenvolvida nas funções logísticas Recursos Humanos, Manutenção e Suprimento, esta última aplicada somente aos sobressalentes. Foram excluídos deste estudo outros aspectos que possam afetar a média de DM, como a demanda por comissões no Programa Geral de Adestramento (PGAD) e a quota anual de combustíveis, lubrificantes e graxas (CLG).

Os propósitos da presente pesquisa são: evidenciar a necessidade da aplicação da manutenibilidade, associada à FMECA, para o aumento da disponibilidade do SD “Navios da Classe Macaé” e da confiabilidade de seus sistemas; e propor soluções ou sugestões de pesquisas futuras, visando aumentar a média anual de DM da classe. Tais propósitos serão atingidos por meio dos seguintes objetivos estruturantes:

a) Aplicar a FMECA nos sistemas vitais selecionados;

b) Analisar os dados processados sob a ótica da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC);

4 Lei nº 12.598, de 21 de março de 2012, Art. 2º, inciso III.

5 Do inglês: *failure modes, effects and criticality analysis*.

c) Correlacionar os resultados com o potencial aumento de disponibilidade e confiabilidade; e

d) Propor soluções e/ou sugestões de pesquisa complementar referentes aos problemas estudados.

A apresentação da pesquisa seguirá em cinco capítulos, incluindo esta Introdução como o primeiro. No segundo capítulo apresentaremos a fundamentação teórica, contendo aspectos do ALI que são de interesse para o nosso estudo, complementados pelo Apêndice A e seus Adendos.

No capítulo 03 realizaremos a análise das informações qualitativas e quantitativas obtidas nos Anexos B a D. Para facilitar o entendimento e o sequenciamento lógico, estruturamos esse capítulo no modelo fato pertinente (FP) - conclusão parcial (CP), já consagrado nas metodologias de Estudo de Estado-Maior (EEM) e Processo de Planejamento Militar (PPM)⁶.

No quarto capítulo aplicaremos os aspectos de interesse da FMECA e MCC, à luz do embasamento teórico, de forma a identificar aumentos potenciais de disponibilidade e confiabilidade, apresentando soluções e/ou sugestões de pesquisa complementar, que visem aumentar a média de DM da Classe Macaé (objetivo principal).

No quinto capítulo concluiremos o estudo, fazendo uma análise, do nosso ponto de vista⁷, sobre os resultados alcançados, buscando verificar se a questão de pesquisa foi respondida e se os propósitos foram atingidos. O capítulo se encerra com a apresentação de sugestões de implementação da MCC na Classe Macaé, as quais são complementadas pelas questões de pesquisa do Apêndice E.

6 EMA 332 (BRASIL, 2015) e EMA-331, Vol I, subitem 4.2.2 (BRASIL, 2006b).

7 O autor foi Comandante do NPa Macaé de janeiro de 2016 a janeiro de 2017; acompanhou a substituição dos 02 motores de combustão principais (MCP) e do canhão de 40 mm; e realizou 77 DM no Navio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para compreendermos a questão de pesquisa e os propósitos deste trabalho serão apresentados alguns conceitos, fórmulas e fluxogramas, os quais formam a base teórica para o atingimento dos objetivos do trabalho.

Alguns parâmetros do ALI, como a disponibilidade, estão relacionados a mais de uma função logística. Por exemplo, não adianta que o Sistema de Manutenção Planejada (SisSMP) esteja controlado (manutenção), se os sobressalentes não estiverem disponíveis (suprimento) ou a equipe de manutenção não conhecer o equipamento (recursos humanos)⁸.

Para facilitar o entendimento, os fundamentos teóricos são apresentados por meio de sequenciamento lógico: inicialmente apresentaremos o conceito de ALI; confiabilidade, manutenibilidade e os parâmetros relacionados a eles; e encerraremos o capítulo com os conceitos de disponibilidade e IDA, ressaltando os aspectos de interesse para a análise dos dados coletados por meio dos questionários (Anexos B e C), que ocorrerá no capítulo subsequente.

As figuras referenciadas neste capítulo encontram-se no item 2 do Apêndice A, Relação de Figuras.

2.1 O ALI na MB

A publicação DGMM-0130 define o ALI da seguinte forma:

O Apoio Logístico Integrado (ALI) é um processo utilizado para planejar e dirigir as atividades associadas à implantação do apoio logístico para os meios e sistemas. Por ser uma atividade multidisciplinar, requer o envolvimento dos diferentes setores da MB relacionados à operação e à manutenção do novo material, meio ou sistema para que, de uma forma organizada e integrada, sejam desenvolvidas as especificações técnicas e os custos associados do novo item. (...)

O ALI na MB tem o propósito de *compatibilizar o máximo de disponibilidade com o mínimo de custos de operação e manutenção* do novo item, mediante a abordagem dos aspectos logísticos a partir do início do processo de obtenção (BRASIL, 2013, p. 1-1, grifo nosso).

8 A MB reconhece as seguintes funções logísticas: recursos humanos, saúde, suprimento, manutenção, engenharia, transporte e salvamento (BRASIL, 2003b, p. 2-1).

Da descrição acima podemos visualizar a disponibilidade como um aspecto importante relacionado ao ALI. No entanto, antes de abordá-la será necessário apresentarmos outros dois importantes conceitos a ela relacionados: a confiabilidade e manutenibilidade⁹.

2.2 A Confiabilidade

Confiabilidade é a probabilidade de um item executar suas funções previstas, sob condições específicas, em um determinado período de tempo (ABNT, 1994; JONES, 2006c, p. 4.2, tradução nossa¹⁰).

A publicação DGMM-0130 (BRASIL, 2013, p. 2-2) ressalta que tal definição abrange os seguintes fatores: quantificar a confiabilidade em termos de uma probabilidade; o contexto operacional caracterizado pelo detalhamento do desempenho requerido ao componente; o tempo de operação exigido entre falhas; e as condições ambientais envolvidas durante o funcionamento do item. Apresentaremos abaixo os parâmetros relacionados à confiabilidade.

a) Taxa de Falhas (TF)

A notação $\lambda(t)$ representa a TF, sendo considerada um “estimador” da confiabilidade. É um valor numérico que prevê o número de falhas que ocorrerão durante um período especificado de operação (BRASIL, 2013, p. 2-2). A NBR 5462 (ABNT, 1994) denomina $\lambda(t)$ como taxa de falha instantânea.

A taxa de falha pode ser obtida por meio de testes, experiências de campo e pela exploração de dados de falhas ocorridas, existentes no livro histórico do equipamento. Ela é calculada dividindo-se o número de falhas pelo intervalo de tempo considerado, por meio da expressão $\lambda(t) = C/\Delta t$, onde C é o número de falhas ocorridas no intervalo de tempo Δt .

⁹ Em algumas normas é denominada “manutenibilidade”.

¹⁰ “*Concept of Reliability: The probability that an item will perform its specified function(s), for a specified interval, under specified conditions.*”

(BRASIL, 2013, p. 2-2). A figura 2.1 apresenta o cálculo da TF de um sistema.

b) A Curva da Banheira

De maneira geral, podemos representar graficamente o comportamento da TF de um sistema ao longo do seu período de operação, por meio da curva da banheira. Ela se divide em três fases: partida ou mortalidade infantil (falhas prematuras), vida útil ou vida adulta (falhas aleatórias) e fase de desgaste ou fim de vida econômica (falhas por desgaste), também denominada obsolescência (BRASIL, 2013, p. 2-2).

Os diferentes tipos de curva da banheira foram extraídos da DGMM-0130 (BRASIL, 2013, p. 2-3) e constam na figura 2.2, representando o comportamento da TF para sistemas eletromecânicos. Quanto maior a complexidade do equipamento, mais o padrão se aproxima das curvas 2d e 2e (equipamento eletrônico, hidráulico e pneumático).

Estudos conduzidos pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), em equipamentos compostos por sistemas variados, constataram que 95% da amostra apresentou características de TF constante durante a maior parte da vida útil. Sistemas complexos e grandes sistemas tendem ao comportamento exponencial, que caracteriza o modelo de falha da figura 2.2, nos padrões 2d e 2e (BRASIL, 2013, p. 2-3).

Das informações acima podemos concluir que o cálculo da TF em um dado período (por ex.: TF anual) reflete basicamente a TF média da vida útil do equipamento; e o Sistema de Defesa (SD) “NPa da Classe Macaé” apresenta TF do tipo 2d ou 2e.

c) Cálculo da Confiabilidade de Sistemas

A confiabilidade de sistemas recebe a notação $R(t)$, sendo calculada pela função $R(t) = e^{-(\lambda t)}$, onde λ corresponde à TF e t ao intervalo de tempo a ser utilizado, normalmente expresso em horas (BRASIL, 2013, p. 2-8). A confiabilidade ideal é igual a 1,00 ou 100%.

Entretanto, valores aceitáveis de confiabilidade vão de 0,95 a 0,99 ou 95% a 99%. $R(t)$ significa a confiabilidade que um sistema não falhará no tempo t (JONES, 2006c, p. 4.7 e 4.8).

d) Sistemas com Componentes em Série e Paralelo

Dizemos que um sistema está em série, do ponto de vista da confiabilidade, quando a falha de qualquer um dos seus componentes ocasionar a falha de todo o sistema, ficando completamente inoperante. Em um SD configurado em série, como o da figura 2.3, a confiabilidade é representada pela fórmula $R(s)=R(t) \times R(e) \times R(r)$ (BRASIL, 2013, p. 2-8).

Se um SD torna-se inoperante somente quando todos os componentes falharem, dizemos que está em paralelo. A figura 2.4 representa um sistema deste tipo composto por 02 componentes, que funcionará corretamente quando o componente A ou B, ou ambos, estiverem funcionando. Ex: $R(s)=R(a) + R(b) - \{R(a) \times R(b)\}$ (BRASIL, 2013, p. 2-9).

e) Confiabilidade Inerente (CI) e Confiabilidade Operacional (CO)

A configuração do sistema é definida pela disposição de componentes que proporcionam a obtenção da maior confiabilidade possível. O plano de manutenção é definido por meio da CI à configuração adotada, pois permite planejar o comportamento da TF dos componentes (sistemas e equipamentos). A CI condiciona a manutenibilidade e a disponibilidade do sistema, devendo ser analisada quanto ao atendimento das necessidades operacionais (DM/ano e Período Operativo) e do limite do custo de manutenção, se houver (BRASIL, 2013, p. 2-13).

As necessidades operacionais em termos de DM e Período Operativo são formalizadas no PALI (BRASIL, 2012b), por meio do IDA. Face aos aspectos citados, podemos concluir que a CI está relacionada ao IDA. Veremos adiante que o IDA dos NPa da

Classe Macaé é de 93DM, parâmetro relacionado à disponibilidade inerente.

A CO é o parâmetro disponível para avaliar a efetividade das ações de manutenção. O objetivo permanente é mantê-la no mesmo patamar da CI do meio e de seus sistemas/equipamentos (BRASIL, 2013, p. 2-14).

Destarte, podemos concluir que a comparação entre a CO e a CI da Classe Macaé e de seus sistemas nos permitirá obter um parâmetro para o diagnóstico sobre a manutenção dos navios.

Devido ao SD “NPa da Classe Macaé” ser um sistema complexo, veremos no capítulo 03 que os dados disponíveis para avaliação da CO são afetados por condições/variáveis externas não controladas, por exemplo: deficiência de operadores, falta de adestramento de recursos humanos (RH) para as manutenções de 1º escalão, imprevisibilidade no fornecimento de sobressalentes e falta de registro histórico relativo às avarias ocorridas no passado.

2.3 Tempo Médio entre Falhas (MTBF)

O MTBF é calculado por meio dos mesmos dados que envolvem a TF, pela seguinte fórmula: $MTBF = \Delta t / C$ ou $1/\lambda(t)$ (JONES, 2006c, p. 4.5)¹¹. Este dado será utilizado no capítulo 03.

2.4 A Manutenibilidade

A manutenibilidade é a probabilidade de que um componente avariado possa ser colocado novamente em seu estado operacional, em um período de tempo predefinido, quando a manutenção é realizada nas condições e procedimentos previstos, com os meios adequados (BRASIL, 2013, p. 2-10).

¹¹ “Calculation of an MTBF is accomplished using the same data as calculating a FR. [...] Figure 4.6: $MTBF = \text{total measured usage/number of failures or } 1/\lambda$ ”.

O tempo de reparo dos equipamentos deve ser minimizado, sendo o treinamento de pessoal uma das ferramentas para atingir este objetivo (BRASIL, 2012b, p. 5 e 7). Cabe à tripulação a execução da manutenção preventiva, por meio da Manutenção Planejada (SMP), e corretiva de 1º escalão (BRASIL, 2012b, Anexo D). Desta forma, podemos concluir que a manutenção está diretamente ligada ao SMP e ao treinamento do pessoal.

Segundo o PALI (BRASIL, 2012b, Anexo B), o Sistema de Manutenção Planejada (SMP) tinha prazo de implementação de 02 anos a partir do recebimento da documentação técnica dos equipamentos. Conclui-se que o software do SMP (SisSMP) deveria estar plenamente instalado e apoiando os RH na manutenção dos navios e respectivos sistemas. No entanto, constataremos no próximo capítulo que o referido sistema ainda não está plenamente disponível, mesmo após 09 anos de operação da Classe.

A primeira estatística relacionada à manutenibilidade, desde a fase de obtenção, é o tempo médio para reparo (MTTR). Aplicamos o MTTR para estabelecer objetivos de manutenção e identificar requisitos potenciais de manutenção¹². O MTTR é calculado por meio da seguinte fórmula $MTTR = \sum (\lambda \times \text{tempo de manutenção}) / \sum \lambda$ (JONES, 2006c, p. 4.21).

Será necessário abordarmos alguns conceitos relacionados à manutenibilidade, como a FMECA e a MCC, que serão complementados no Apêndice A.

a) A FMECA

A Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (“*Failure Mode, Effects Analysis – FMEA*”) identifica e documenta modos de falhas em potencial (possíveis avarias físicas), de maneira a eliminá-los ou reduzir sua ocorrência, empregando uma metodologia estruturada que pode ser aplicada na manutenção de equipamentos em uso. Normalmente, uma análise de criticidade é acrescentada, gerando a FMECA (BRASIL, 2013, p. 4.1).

12 “The primary maintainability statistic at the start of a development or procurement project is MTTR(...) to establish goals for maintenance and to identify potential critical maintenance requirements for the evolving system. (...) $MTTR = \sum (\lambda \times \text{maintenance task time}) / \sum \lambda$.”

Na manutenibilidade, a FMECA é utilizada pela MCC para avaliar, documentar e priorizar o impacto potencial de cada falha funcional, visando definir formas de prevenção ou correção.

Apresentaremos o processo de FMECA com maiores detalhes no Apêndice A. Este conceito será utilizado no capítulo 04.

b) A MCC

O propósito da MCC é identificar o tipo de manutenção que pode ser aplicada em um determinado modo de falha, oriundo da FMECA, visando evitar falhas indesejáveis e aumentar a CO do sistema (BRASIL, 2013, p. 5-1).

A MCC é realizada em um processo de 07 etapas, descritas no Apêndice A e seus Adendos. No capítulo 04 consta um exemplo prático de aplicação da metodologia.

Por meio de um diagrama lógico de decisão podemos classificar o modo de falha e determinar a rotina de manutenção aplicável ao equipamento (BRASIL, 2013, p. 5-4).

2.5 A Disponibilidade

De acordo com a publicação DGMM-0130 (BRASIL, 2013, p. 2-1), a disponibilidade é função da confiabilidade, da manutenibilidade e, principalmente, da infraestrutura de apoio logístico. Jones (2006c, p. 10-1), define o “valor” que um sistema possui junto ao seu proprietário como a capacidade de ser empregado quando se fizer necessário. Para aquele autor, esta medida de valor é a disponibilidade do sistema¹³.

De acordo com as afirmativas acima, podemos concluir que a baixa disponibilidade de um SD está relacionada a pelo menos um dos seguintes parâmetros: baixa CO dos sistemas de bordo; deficiências na manutenibilidade; e/ou falhas na infraestrutura de

13 “Value in possessing a system comes through the ability to actually use the system. Therefore, the ability for use of a system becomes the final gauge of value to the owner. (...) The purpose of this prediction is to determine the net percentage of time that the system should theoretically be available for its intended use.”

apoio logístico. Adicionalmente, podemos depreender do parágrafo anterior que os NPa da Classe Macaé possuem um potencial de “valorização” junto à MB, na medida que sua média anual de DM se aproxime do IDA.

A publicação DGMM-0130 faz a seguinte observação sobre a disponibilidade:

A disponibilidade é função da confiabilidade e da manutenibilidade, pois é diretamente proporcional ao tempo médio em que o sistema ficou disponível para operar (MTBF) e inversamente proporcional ao tempo total do ciclo operativo, representado pela soma do MTBF com o MTTR, indicadores de tempo relacionados com o período operativo e o período de manutenção do sistema. [...]

Existem três versões diferentes para o cálculo da disponibilidade: a inerente, a alcançada e a operacional. A disponibilidade inerente é a mais simples das três versões, pois considera somente as tarefas de manutenção corretiva no cálculo do MTTR (BRASIL, 2013, p. 2-12).

a) A Disponibilidade Inerente (DI)

Segundo Jones (2006c, p. 10.2), a DI recebe a notação A_i e possui a seguinte fórmula de cálculo: $A_i = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$, onde o MTTR é o previsto apenas para manutenções corretivas. A figura 2.5 apresenta um exemplo de cálculo da DI. A premissa desta predição é que a falha ocorrerá em um intervalo considerável de tempo e, quando ela ocorrer, o apoio necessário de pessoal e sobressalentes estará disponível. Seu propósito é determinar, teoricamente, o percentual de tempo que um sistema está disponível para emprego e, normalmente, é próxima a 100%¹⁴ (JONES, 2006c, p. 10.2 e 10.3).

Observamos anteriormente que a CI está relacionada ao IDA e que a DI é um valor teórico de percentual de tempo que um sistema estará disponível para emprego. O PALI (BRASIL, 2012b) expressa o IDA de 93 DM, perfazendo um total anual de 2.232 horas (93 DM x 24 horas). Podemos concluir que o IDA, que é um percentual do ano expresso em quantidade de DM, se enquadra na definição de DI na ausência de outros indicadores. Desta forma, o IDA será o parâmetro de comparação utilizado em nosso estudo.

14 “The only input data required to perform this prediction are the MTBF and organizational level MTTR, consisting of only corrective maintenance tasks, for the system. The underlying assumptions for this prediction are that system failure will occur at a fairly consistent interval, and whenever failure occurs, the necessary support, i.e. spares, (...) personnel will be available. (...) A_i is normally close to 100 percent.”

b) A Disponibilidade Operacional (DO)

A DO é a medida real da disponibilidade de um sistema. Ela representa a porcentagem do tempo que o SD estará disponível para o cumprimento da missão, nas condições reais de operação (BRASIL, 2013, p. 2-13). No nosso estudo a DO será a média anual de DM.

Segundo a DGMM-0130 (BRASIL, 2013, p. 2-14), a DO deve ser adotada como parâmetro de gerenciamento dos meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais. A DO deverá ser maximizada pela adoção de ações que aumentem o MTBF, com base nos resultados de análise da CO; e/ou diminuam o MTTR.

Encerrando esta seção, é importante ressaltarmos que os parâmetros disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade devem ser analisados em conjunto para propiciarem um diagnóstico mais apurado. Por exemplo, um SD pode estar disponível para emprego boa parte do ano, mas apresentar mau funcionamento no mar, resultando em baixa CO.

Adicionalmente, devemos verificar se o SisSMP está sendo utilizado de acordo com o previsto no PALI (BRASIL, 2012b); compararmos a CO com a CI, por meio da análise do MTBF e da TF; e compararmos a DO com a DI (IDA), por meio do emprego dos conceitos utilizados neste capítulo. Apresentaremos agora no capítulo 03 a análise dos dados coletados.

3 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Neste capítulo analisaremos qualitativamente e quantitativamente os dados coletados nos NPa da Classe Macaé, à luz do embasamento teórico. Obtivemos as informações necessárias por meio de questionários logísticos enviados aos Comandantes dos NPa Macaé e Macau, cujas respostas encontram-se nos anexos B e C, respectivamente. Após o recebimento dos questionários foi necessário efetuarmos algumas perguntas complementares, cujas respostas encontram-se no Anexo D.

Segue-se abaixo a análise dos dados coletados. Para facilitar a organização das informações, estruturamos este capítulo no modelo FP-CP, da metodologia de EEM (BRASIL, 2015) e PPM (BRASIL, 2006b). Os FP já estão listados nas respostas dos Anexos B a D e serão apenas mencionados, para evitar repetição excessiva de dados. Quando fizermos menção a respostas no texto, estas se referem aos Anexos B e C.

3.1 SD Navios da Classe Macaé

De acordo com o subitem 2.2.b., visando mitigar a influência do fenômeno da mortalidade infantil, consideramos os dados estatísticos dos NPa Macaé e Macau a partir de fevereiro de 2012 e fevereiro de 2013, respectivamente.

a) Manutenibilidade do SD

Seguem alguns aspectos do SMP, já incluídos os subsistemas de propulsão e geração de energia:

O SisSMP ainda não está implementado integralmente na classe, não havendo consenso entre os navios quanto às rotinas do SMP da propulsão, dificultando o planejamento das manutenções preventivas (MP) e dos Períodos de Manutenção (PM) (respostas a.2, a.3 e b.6).

Segundo o PALI (BRASIL, 2012b, Anexo B), estava prevista a elaboração dos cartões de manutenção até 02 anos após o recebimento da documentação técnica. Entretanto,

os cartões de manutenção da engrenagem redutora (ER) e dos motores de combustão auxiliar (MCA) foram produzidos pelo NPa Macau¹⁵, conforme consta no SisSMP. O plano mestre de manutenção também não está disponível no sistema. Ressaltamos que a ENGENALMARINST 85-18 (BRASIL, 2003a, p. 3) prevê que os documentos do SisSMP seriam elaborados até a incorporação do navio à Armada.

O NPa Macau reportou redução de confiabilidade do Navio (resposta a.2).

Parcela expressiva das rotinas de SMP dos Grupos Diesel Geradores (DGE) do NPa Macaé resta ser incorporada ao SisSMP. Deve ser incorporada ao sistema 20% das rotinas referentes ao NPa Macau (respostas c.8).

CP 3.1.a.1: Existe aumento da probabilidade de que as equipes de manutenção de 1º escalão não executem as SMP no momento apropriado.

CP 3.1.a.2: Os navios foram incorporados ao Setor Operativo sem que a Diretoria de Engenharia Naval (DEN) terminasse os cartões de manutenção da ER e dos MCA, bem como sem disponibilizar o plano mestre de manutenção.

CP 3.1.a.3: É necessário que a DEN implemente corretamente no SisSMP o sistema de geração de energia da Classe Macaé, observando a diferença de modelo entre os navios.

Aspectos de Recursos Humanos:

Ambos os navios reportaram ser interessante aumentar a quantidade de cursos sobre a manutenção dos equipamentos de bordo, junto aos fabricantes (resposta a.3).

Segundo o PALI (BRASIL, 2012b, Anexos B e C) foram previstos cursos de manutenção de 1º escalão pelos fabricantes, no prazo contratual, competindo ao navio manter o adestramento subsequente dos mantenedores.

CP 3.1.a.4: Os mantenedores de 1º escalão têm apresentado deficiências de

15 Consulta ao SisSMP em <<http://www.den.mb/sistemas/SisSMP/index.php>>. Acesso em 22 de junho de 2018.

conhecimento quanto à manutenção dos equipamentos sob sua responsabilidade. A princípio, houve transmissão de conhecimento dos fabricantes às equipes de bordo, entretanto tal conhecimento tem se perdido ao longo do tempo.

Execução dos PM:

O PALI (BRASIL, 2012b, Anexo A) preconiza um ciclo de atividades de 52 meses, constituído de um Período Operativo de 48 meses e de um Período de Manutenção Geral (PMG) de 04 meses. No meio de cada Período Operativo poderá ser executado um Período de Docagem de Rotina (PDR), com duração aproximada de 02 meses.

Desde a transferência ao Setor Operativo, ocorrida em setembro de 2012, o NPa Macaé permaneceu 69 meses sem realizar docagem. Entre 2015 e 2016 houve um Período de Manutenção Extraordinário (PME), devido a uma avaria no MCP BE. Atualmente o Navio está realizando o seu 1º PDR, iniciado em junho (resposta a.5).

O NPa Macau realizou um Período de Docagem Extraordinário (PDE) em 2016, desde a sua transferência ao Setor Operativo, ocorrida em maio de 2013. No entanto, foram realizados apenas os serviços de docagem (resposta a.5).

CP 3.1.a.5: A MB não está cumprindo o ciclo de atividades da classe corretamente.

b) Confiabilidade e Disponibilidade

Os navios informaram que a MB não realiza nenhum tipo de consulta quanto aos dados estatísticos dos sistemas de bordo, como a TF, MTBF, etc. (resposta a.4).

O NPa Macaé apresenta média de 70 DM por ano, calculada de fevereiro de 2012 a janeiro de 2018. Nesse período o Navio permaneceu 18 meses na CONDEF IM. Destes, 06 meses foram para correção de pendências de construção e 11 meses são relativos à avaria na camisa do cilindro B8 do MCP BE (resposta a.1).

O NPa Macau possui média anual de 79,5 DM, calculada de fevereiro de 2013 a janeiro de 2018. O Navio permaneceu aproximadamente 1,5 mês na CONDEF IM. Nesse período houve 03 avarias graves relacionadas à imobilização do Navio, que constarão na análise do sistema de propulsão (resposta a.1).

O IDA estabelecido no PALI (BRASIL, 2012b) da Classe Macaé é de 93 DM.

CP 3.1.b.1: Não há atualmente nenhum outro parâmetro logístico que a MB possa utilizar para medir a eficiência da Classe Macaé, senão o IDA, que é o único fator de DI da classe.

CP 3.1.b.2: A DO dos navios tem sido aproximadamente 20% abaixo da DI.

3.2 Sistema de Propulsão

Os MCP instalados a bordo são de fabricação da empresa MTU, cujo modelo é o 16V4000M90.

a) Manutenibilidade do sistema:

Quanto às manutenções preditivas (MPR), o NPa Macaé reportou ser realizada análise de óleo lubrificante (OL) pelo Depósito de Combustíveis da MB no Rio de Janeiro (DepCMRJ) e de água do sistema de resfriamento por bordo. O Navio ressaltou que as análises realizadas são em nível de 1º escalão, que não englobam avaliação mais apurada de partículas ou componentes (resposta b.4).

O NPa Macau reportou como MPR rotinas de substituição de filtros, verificação de vazamentos e troca de óleo (resposta b.4).

Ambos os navios julgam que a atual filosofia de manutenção é adequada à demanda, dependendo apenas do cumprimento das SMP dentro dos períodos previstos (resposta b.11).

O NPa Macaé sugeriu que as MPR na propulsão requerem a criação de banco de

dados com análises sucessivas e rotineiras, para que sejam estabelecidos parâmetros técnicos e limites. Por haver pouca amostragem desses MCP na MB, o Navio sugere ser possível que uma amostragem atual gere resultados imprecisos (resposta b.11)

CP 3.2.a.1: As MPR estão concentradas apenas na manutenção de 1º escalão. Outras SMP preditivas, como a espectrometria de OL e análise de vibração não são previstas no SisSMP.

CP 3.2.a.2: Da falta de análises sucessivas e periódicas e da amostragem reduzida de MCP deste modelo em operação na MB, podemos concluir que a implementação da filosofia da MCC, baseada nas MPR, dependerá do envolvimento conjunto do Setor Operativo (dados estatísticos) e do Setor do Material (engenharia).

Influência dos sobressalentes na manutenção da propulsão:

Em 2015 ocorreu avaria grave no MCP de BE do NPa Macaé, ocasionada por rompimento de camisa de cilindro. Naquela ocasião, os MCP estavam com aproximadamente 5.700 h de funcionamento, 1.200 h além do previsto para a revisão QL 3 (4.500 h).

Dada a indisponibilidade de recursos para aquisição de sobressalentes, o NPa Macaé recebeu 02 novos MCP do Setor de Material, em preparação para os JOPO-2016. Desta forma, os 02 MCP antigos se tornaram *pool* da Classe, os quais permanecem em reconservação¹⁶ na MTU-SP, aguardando recursos para a revisão. Não houve definição formal do Comando de Operações Navais (ComOpNav) quanto a forma de utilização dos MCP de *pool* pelos 1º e 3º Distritos Navais (DN) (resposta b.2).

CP 3.2.a.3: É necessário que o ComOpNav estabeleça as diretrizes para a utilização dos MCP de *pool*, uma vez que trata-se de decisão de nível acima dos DN.

CP 3.2.a.4: É necessário adquirir os sobressalentes e revisar os MCP de *pool*, para utilização futura.

¹⁶ Equipamento armazenado na oficina da MTU-SP sob condições que impedem o desgaste, como temperatura, solução lubrificante aplicada e umidade, dentro de parâmetros estabelecidos pela empresa.

O NPa Macaé reportou que algumas vezes os sobressalentes não são obtidos junto ao SAbM, sendo adquiridos diretamente da MTU (resposta b.3). Segundo o Navio, apesar da catalogação da maioria dos sobressalentes (resposta b.9) são observados problemas no fornecimento de filtros pelo SAbM (resposta b.10). Exemplos deste problema são a falta do filtro centrífugo e demora no fornecimento de outros tipos de filtros de SMP de 1º escalão, cujo prazo médio de fornecimento é de 06 meses (Anexo D – perguntas complementares).

O NPa Macaé possui histórico de avaria grave¹⁷ nos MCP em 2012, por contaminação de óleo diesel (OD) por água¹⁸.

CP 3.2.a.5: O SAbM precisa manter o estoque previsto nas dotações de bordo e de base, em especial dos filtros dos MCP.

Aspectos sobre a revisão dos MCP e ER e Inspeções de Linhas de Eixo do NPa Macaé:

Em 2016 observamos rigorosamente os parâmetros de alinhamento dos novos MCP à ER. Atualmente, os novos motores possuem aproximadamente 2.360 h de funcionamento. Não foi necessária nenhuma revisão desde então (resposta b.7).

Após análise de vibração da propulsão em 2017 pelo Centro de Projetos de Navios (CPN)¹⁹, foi constatada normalidade nos MCP e níveis de vibração nas ER e linhas de eixo acima dos limites estabelecidos nas normas reguladoras, sendo crítica nas rotações acima de 1.700 rpm. Durante o PDR, atualmente em andamento, o Navio realizará inspeções de eixo, hélices e a revisão de 8.000 h das ER (resposta b.5).

O NPa Macaé operou cerca de 1 ano e meio após a realização da MPR,

¹⁷ Definição da publicação EMA-420 (BRASIL, 2002b, p. 3-14).

¹⁸ Os detalhes da avaria constam em Sindicância (RES) realizada pelo Navio. Não é necessário ampliarmos dados sobre a avaria, uma vez que a linha de raciocínio está em ressaltar a importância dos sobressalentes.

¹⁹ Após suspeitarmos de vibração excessiva em 2016 contratamos o CPN para a realização da análise, que foi realizada somente em 2017, devido ao grande número de comissões. Como medida de Gerenciamento do Risco Operacional (GRO) determinamos que rotações elevadas somente fossem adotadas sob permissão do comando e mediante guarnecimento especial na praça de máquinas. Tal procedimento foi empregado principalmente na descarbonização dos MCP, normalmente realizada após comissões superiores a 72 horas.

observando as orientações do CPN para rotações acima de 1.700 rpm. O Navio permaneceu sem avarias na propulsão até o PDR2018 (respostas b.5, b.7 e b.8).

Não constatamos, em consulta ao SisSMP, nenhuma rotina associada à análise de vibração de MCP, ER e linhas de eixo.

CP 3.2.a.6: Rotinas de MPR de 2º e 3º escalões permitirão estender o período de operação de um equipamento ou SD, bem como contribuirão para identificar avarias.

CP 3.2.a.7: É necessário que a DEN inclua no SisSMP uma rotina preditiva de análise de vibração do conjunto MCP, ER e linhas de eixo.

Apresentaremos abaixo alguns aspectos sobre a revisão dos MCP e ER do NPa Macau:

Os MCP encontram-se com cerca de 7.000 h de funcionamento. Não foi realizada a revisão de 4.500 h (QL 3) nos referidos motores (respostas b.3 e b.7).

CP 3.2.a.8: A MB sistematicamente não tem realizado as revisões previstas para os MCP dos NPa da Classe Macaé.

CP 3.2.a.9: Devido a propulsão ser um sistema que não possui redundância, como existe na geração de energia, uma falha pode comprometer a segurança do navio, em especial nas manobras em águas restritas.

A postergação do período de revisões deve ser precedida de SMP preditivas de 2º / 3º escalões, que é a filosofia base da MCC, visando reduzir a probabilidade de avarias e permitir o compartilhamento dos riscos associados a tal decisão.

A aplicação da MCC pela DEN, com apoio da MTU e AMRJ/BNN, permitirá mitigar os problemas apresentados acima.

b) Confiabilidade e Disponibilidade

Segue-se abaixo o cálculo da TF anual, MTBF e confiabilidade da propulsão dos

NPa da Classe Macaé, de acordo com os questionários enviados aos navios.

É importante ressaltarmos a seguinte peculiaridade referente à propulsão: de acordo com o exposto no capítulo 02, ela funciona como um sistema em paralelo para o cálculo da probabilidade do navio ficar à matroca²⁰. Entretanto, no cálculo da probabilidade de perda de apenas 01 eixo (restrição de máquinas), deveremos utilizar a fórmula do sistema em série.

A CI da propulsão está relacionada ao valor de $t = 2.232$ h, que é o funcionamento anual previsto para a condição dos MCP operando continuamente durante os 93 DM, sem revezamento. Não foram estabelecidos dados de MTBF e MTTR no PALI da Classe (BRASIL, 2012b). Valores de CI aceitáveis situam-se entre 95% e 99% (subitem 2.2.c.).

CP 3.2.b.1: Por falta de valor estabelecido pela MB para a Classe Macaé, empregaremos 95% como a CI da propulsão para uma Patrulha Naval (PATNAV) de 72 h²¹, que é o tipo de comissão mais empregada por NPa.

Em média, cada MCP opera por ano cerca de 1.000 h, devido à média de DM ser inferior ao IDA e o revezamento de MCP em área de PATNAV ou Inspeção Naval (INSPNAV)²². Por exemplo, no questionário do NPa Macau poderemos observar que o MTBF foi calculado para o funcionamento de 1.000 h, que é decorrente das 7.030 h divididas pelos 07 anos de operação; e no NPa Macaé, após 02 anos de operação, os MCP do Navio encontram-se aproximadamente com 2.350 h (resposta b.7).

CP 3.2.b.2: O cálculo do MTBF com 1.000 h está relacionado à CO (subitem 2.2.c).

Apresentaremos agora as CP referentes ao NPa Macaé.

20 Expressão consagrada no livro Arte Naval (FONSECA, 2002, p. 617).

21 Período previsto na Carta de Instrução (CI) 001-14, do Comando de Operações Navais (BRASIL, 2014, Anexo A).

22 Após 77 DM o NPa Macaé estava com aproximadamente 1.000 h de funcionamento dos MCP, coerente com o que foi apresentado. É uma prática comum revezarmos os motores para economia de combustível e horas de funcionamento, com o outro eixo sendo “arrastado”.

O NPa Macaé não apresentou avaria na propulsão desde a instalação dos novos MCP, em 2016. A TF dos atuais MCP é zero e o MTBF teoricamente tende ao infinito. A amostragem de 02 anos é relevante, pois trata-se da metade do Período Operativo previsto no PALI (BRASIL, 2012b, Anexo A) (resposta b.8).

Aplicando as fórmulas da confiabilidade, se $\lambda(t) = 0$ por ano e $t = 1$ ano (1.000 horas), a CO de cada MCP do NPa Macaé é $2,72^{-(0 \times 1)} = 1,00$ ou 100%. Para o cálculo do Navio à matroca e para a restrição de 01 eixo o valor também é 1,00 (Cap. 2, subitens 2.2.c e 2.2.d).

Em uma PATNAV de 72 h teremos 100% de CO para o NPa Macaé, aplicando as fórmulas, uma vez que $\lambda(t) = 0$.

CP 3.2.b.3: O NPa Macaé apresenta CO dos atuais MCP acima da CI adotada (CP 3.2.b.1 e CP 3.2.b.2).

CP 3.2.b.4: A propulsão da MTU tem atendido aos padrões de confiabilidade enquanto os MCP permanecem dentro da cobertura da revisão.

Abaixo seguem algumas análises sobre o NPa Macau.

O NPa Macau reportou TF da propulsão no valor de 1,28 falha por ano no MCP BB e 1,14 falha por ano no MCP BE. Os MTBF são de 781 h para o MCP BB e de 879 h para o MCP BE (resposta b.8). A TF foi calculada a partir de 2016.

Aplicando a fórmula da confiabilidade para o MCP BB do NPa Macau, onde $R(t) = e^{-(\lambda t)}$, se $\lambda(t) = 1,28$ por ano e $t = 1$ ano (1.000 h), teremos 28% de probabilidade que o MCP BB e seus periféricos não falhem em 01 ano de operação. Em uma PATNAV de 72 h (0,072 ano) temos 91,2% de probabilidade que o MCP BB e seus periféricos não falhem na comissão, com $t = 0,072$ ano.

Para o MCP BE do NPa Macau, ao aplicarmos a fórmula da confiabilidade $R(t) = e^{-(\lambda t)}$, se $\lambda(t) = 1,14$ por ano e $t = 1$ ano, teremos 32% de probabilidade que o motor e seus periféricos não falhem em 01 ano de operação. Em uma PATNAV de 72 h, temos 92,1% de

probabilidade que o motor e seus periféricos não falhem na comissão, com $t = 0,072$ ano.

Para a restrição de 01 eixo do NPa Macau o sistema está em série, onde $R(s) = R(t) \times R(e)$. Em 01 ano (1.000 h), sendo $R(s) = 0,28$ (MCP BB) $\times$ $0,32$ (MCP BE), a CO é aproximadamente 9%. Para uma PATNAV temos $R(s) = 0,912$ (MCP BB) $\times$ $0,921$ (MCP BE), resultando em 84% de CO ou 16% de probabilidade que o Navio fique restrito a 01 eixo em algum momento da comissão.

Na condição de navio à matroca o sistema está em paralelo. Aplicando a fórmula, temos para 01 ano (1.000 h) de operação $R(s) = 0,28 + 0,32 - (0,28 \times 0,32) = 0,51$, resultando em 51% de probabilidade que o NPa Macau não fique à matroca em 01 ano de operação. Em uma PATNAV de 72 h temos $R(s) = 0,912 + 0,921 - (0,912 \times 0,921) = 0,993$, ou seja, 99,3% de probabilidade que o Navio não fique à matroca.

No NPa Macau existe a percepção de que o sistema de propulsão permanece confiável, embora tenham ressaltado a necessidade de revisão (Anexo D).

CP 3.2.b.5: Embora haja a percepção de confiabilidade do Comandante na propulsão do NPa Macau, a probabilidade de ocorrer a perda de 01 eixo durante uma PATNAV de 72 h está acima do aceitável, segundo o padrão vigente no referencial teórico.

CP 3.2.b.6: Caso sejam mantidas as condições atuais de operação, existe 91% de probabilidade de restrição de 01 eixo no NPa Macau até julho de 2019, podendo comprometer a segurança se a falha ocorrer em águas restritas.

CP 3.2.b.7: Ainda que em uma PATNAV a probabilidade do NPa Macau ficar à matroca seja de apenas 0,7%, caso sejam mantidas as condições atuais de operação, com os MCP operando além da revisão, existe 49% de probabilidade de que até julho de 2019 o Navio fique à matroca, o que pode comprometer a segurança do pessoal e do material.

Apresentaremos agora alguns aspectos referentes à disponibilidade da Classe Macaé. A condição de eficiência (CONDEF) nos permite comparar a DO e a DI da propulsão.

Portanto, no caso da propulsão iremos nos ater à comparação entre os períodos de CONDEF PO e IM, buscando associar o período IM com a CO e extrair algumas conclusões.

Durante os 06 anos analisados, a partir de fevereiro de 2012, o NPa Macaé permaneceu 18 meses na CONDEF IM, o que representa 25% do tempo total da amostra. Deste total, 06 meses referem-se a pendências de construção; em 01 mês o Navio não informou a causa; e os demais 11 meses são relativos a uma avaria na propulsão, ocorrida em 2015. A avaria no MCP BE, ocorrida com o motor acima das horas de funcionamento previstas, responde por 15% do tempo total da amostra (resposta a.1).

Desde fevereiro de 2013 o NPa Macau permaneceu aproximadamente 1,5 mês na CONDEF IM. As avarias que resultaram nesta condição estão relacionadas à propulsão (Anexo D). O período IM corresponde a 2,5% da amostra. Entretanto, cabe ressaltar que o Navio permaneceu 34 dias na CONDEF IM em 2016, por avaria no sistema de partida do MCP BB. Naquela ocasião o motor estava com 4.620 h de funcionamento, com a revisão QL 3 (4.500 h) vencida (resposta a.1 e Anexo D).

CP 3.2.b.8: As principais avarias graves, que mantiveram os navios na CONDEF IM, ocorreram após a revisão QL 3 dos NPa Macaé e Macau estarem vencidas.

A decisão de cancelar/postergar revisões de MCP não é só uma realidade dos NPa Macaé. Cambra (2016, p. 75) mencionou em sua tese²³ os problemas da MB com a manutenibilidade dos meios navais desde o ano 2000, bem como concluiu sobre a não sustentabilidade de programas de manutenção essencialmente preventivos.

CP 3.2.b.9: Em virtude da inexecução do programa de MP da Classe Macaé, no intuito de preservar a CO e a segurança dos navios em níveis aceitáveis, é necessário o estabelecimento de rotinas associadas à MCC (CP 3.2.a.8 e CP 3.2.b.4 a 3.2.b.8). Entretanto, para a implementação desta sistemática de manutenção deveremos manter um banco de dados

23 Tese do Curso de Política e Estratégia Marítimas (C-PEM) em 2016.

com amostras sucessivas e rotineiras, bem como contar com o apoio do Setor de Material, em especial da DEN.

3.3 Análise da Geração de Energia

Os DGE instalados a bordo são de fabricação da empresa MTU. É importante ressaltarmos que o DGE é composto de MCA e gerador.

No NPa Macaé o modelo instalado é o 6R199TA50 e no NPa Macau o modelo é o GR199TB50 (pergunta c.1).

a) Manutenibilidade do sistema:

Seguem abaixo alguns aspectos relacionados à manutenção e sobressalentes.

Não é realizada MPR nos DGE. As SMP reportadas pelo NPa Macau são preventivas, de acordo com o EMA-420 (BRASIL, 2002b, p. 3-3). Quanto à inclusão de SMP preditivas, o NPa Macaé sugeriu a criação de um banco de dados antes da adoção de uma nova filosofia de manutenção, da mesma forma que foi sugerida para os MCP, devido a pouca amostra de DGE destes modelos na MB (respostas c.9 e c.10).

CP 3.3.a.1: A filosofia de manutenção dos DGE estabelecida pelo fabricante é essencialmente preventiva. Pela falta de coleta dados estatísticos; de análises sucessivas e periódicas; e pela amostragem reduzida de DGE desses modelos em operação na MB, podemos chegar à mesma conclusão do sistema de propulsão, quanto à implementação da filosofia da MCC na Classe Macaé.

Cerca de 85% dos sobressalentes dos DGE do NPa Macau estão catalogados no SAbM, restando igualmente a catalogação de alguns sobressalentes do NPa Macaé (resposta c.7).

Foi observada a falta de placa reguladora de velocidade do MCA do NPa Macaé no SAbM. Após aquisição direta junto à MTU-SP em 2016, o fornecimento ocorreu somente

01 ano depois. O MCA 03 do Navio permaneceu inoperante durante o período citado (resposta c.6).

CP 3.3.a.2: A DEN necessita terminar a catalogação dos sobressalentes e mapear os itens críticos dos DGE, estabelecendo junto ao SAbM as dotações de bordo e de base.

Abaixo seguem os aspectos relevantes sobre horas de funcionamento e revisão dos DGE.

As MP de 2º/3º escalões nos MCA do NPa Macaé estão sendo realizadas por contratação direta da empresa “Motor e Mais”, sem intermédio do AMRJ e supervisão da MTU (resposta c.4). Cabe ressaltar que o AMRJ não disponibilizou os orçamentos de revisão dos MCA solicitados pelo Navio em 2016 (introdução à pergunta c.1).

Os MCA 01 e 03 do NPa Macaé encontram-se com aproximadamente 6.100 e 4.500 h de funcionamento e passaram pela revisão “E” (4.000 h) entre 2015 e 2016, por contratação direta da empresa já mencionada. O MCA 2 está com aproximadamente 6.400 h e ainda não foi revisado. Nenhum dos geradores foi revisado por ainda não estarem no período previsto (respostas c.3 e c.4).

O NPa Macau tem realizado apenas MP de 1º escalão nos DGE. Os equipamentos estão com aproximadamente 6.200 h de funcionamento, sem a revisão “E”.

CP 3.3.a.3: De forma geral, as revisões dos MCA não estão sendo realizadas no período previsto pelo fabricante. Ambos os navios estão com os geradores com horas de funcionamento dentro da validade (resposta c.3 e Anexo D).

CP 3.3.a.4: Apesar das postergações de revisões, não são realizadas MPR de 2º/3º escalões para o melhor acompanhamento dos parâmetros de funcionamento dos equipamentos.

b) Confiabilidade e Disponibilidade

Apesar da geração de energia ser um sistema que é demandado algumas vezes durante o porto, consideraremos para efeito desta pesquisa apenas a sua operação no mar.

Analisaremos primeiramente os DGE do NPa Macaé. Como o Navio possui média de 70 DM por ano desde fevereiro de 2012, a média de horas anuais de funcionamento do sistema é de $24 \text{ h} \times 70 \text{ DM} = 1.680 \text{ h}$, que são divididas entre os equipamentos.

Na amostra considerada (2016 a 2018) o DGE 01 apresentou TF de 03 falhas anuais, com MTBF de 319 h e MTTR de 72 h; o DGE 02 possui TF de 05 falhas por ano, MTBF de 92 h e MTTR de 72 h. O DGE 03 permaneceu inoperante cerca de 01 ano, devido à falta da placa reguladora de velocidade (resposta c.5).

Para o DGE 01 temos que a confiabilidade anual é $R(t) = e^{-(\lambda t)}$. Se $\lambda(t) = 03$ por ano e $t = 0,5$ ano (1.680 h divididas por 02 DGE), então $R(t) = e^{-1,5}$, resultando em 22,3% de CO para a amostragem. Ou seja, ao longo de 01 ano de funcionamento o DGE 01 tem aproximadamente 78% de probabilidade de falhar durante a sua operação (resposta c.5).

Em uma PATNAV de 72 h, temos que $t = 4,3\%$ ou 0,043 ano. Se $R(t) = e^{-(\lambda t)}$ então $R(t) = e^{-(3 \times 0,043)}$, resultando em 87,9% de CO para o DGE 01 (resposta c.5). Ressaltamos que este cálculo é otimista, pois poderíamos calcular as 72 h comparadas à metade do ano, uma vez que o MCA 03 estava indisponível, o que resultaria em maior valor para “t”, consequentemente uma menor confiabilidade.

CP 3.3.b.1: A CO do DGE 01 para uma PATNAV está abaixo dos padrões individuais de CI, embora o MCA 01 tenha sido revisado por firma contratada (respostas c.3 e c.4).

Para o DGE 02 temos que a confiabilidade anual é $R(t) = e^{-(\lambda t)}$. Se $\lambda(t) = 05$ por ano e $t = 0,5$ ano (1.680 h divididas por 02 DGE), então $R(t) = e^{-(5 \times 0,5)}$ ou $e^{-2,5}$, resultando em 8,2% de CO. Ou seja, ao longo da amostra de 01 ano de funcionamento, o DGE 02 do NPa Macaé teve aproximadamente 92% de probabilidade de falhar durante a sua operação (resposta c.5).

Em uma PATNAV de 72 h, com $t = 0,043$ ano, temos $R(t) = e^{-(5 \times 0,043)}$, ou $e^{-0,215}$, resultando em 80,7% de CO.

CP 3.3.b.2: O DGE 02, sem revisão, apresentou na amostra CO 8% mais baixa para uma PATNAV de 72 h do que o DGE 01, com MCA revisado. Ambos os DGE estão abaixo do padrão individual de CO.

CP 3.3.b.3: Embora não seja o ideal, a decisão de revisar os MCA pela empresa “Motor e Mais” tem aumentado a confiabilidade do equipamento (CP 3.3.b.2).

Para a CO do sistema durante a amostragem, este encontra-se em paralelo. Neste caso tivemos apenas 02 DGE disponíveis. Portanto, aplicando $R(s) = R(a) + R(b) - \{R(a) \times R(b)\}$, temos para 01 ano (1.680 h) de operação $R(s) = 0,223 + 0,082 - (0,223 \times 0,082)$, resultando em 28,7% de CO. Ou seja, havia 71% de probabilidade que o NPa Macaé ficasse sem energia de bordo em 01 ano de operação. Fato que aconteceu conosco em 2016, por exemplo, em que o Navio permaneceu cerca de 2 h sem energia e quase perdemos o Sistema de Controle e Monitoramento da Propulsão (SCM).

Em uma PATNAV de 72 h temos $R(s) = 0,879 + 0,807 - (0,879 \times 0,807) = 0,976$, ou seja, 97,6% de probabilidade de que o Navio não perca energia.

CP 3.3.b.4: Em comissões de curta duração o emprego dos DGE não revisados têm pouca diferença na confiabilidade. Entretanto, podemos constatar que a médio prazo a indisponibilidade de 01 DGE e o emprego de equipamentos sem revisão reduz a confiabilidade do sistema de forma significativa, conforme apresentamos nas análises de confiabilidade (CP 3.3.b.1 a 3.3.b.3).

Segue-se abaixo a análise da confiabilidade do sistema de geração de energia do NPa Macau. Como o Navio possui média de 79,5 DM por ano desde fevereiro de 2013, a média de horas anuais de funcionamento do sistema é de $24 \text{ h} \times 79,5 \text{ DM} = 1.908 \text{ h}$.

Na amostra considerada (de 2016 em diante) o DGE 01 apresentou TF de 1,57 por

ano, com MTBF de 560 h e MTTR de aproximadamente 01 h; o DGE 02 possui TF de 1,28 por ano, MTBF de 678 h e MTTR de 01 h; e o DGE 03 possui TF de 0,74 por ano, MTBF de 1.234 h e MTTR de 01 h (resposta c.5).

Para o DGE 01 temos que a confiabilidade anual é $R(t) = e^{-(\lambda t)}$. Se $\lambda(t) = 1,57$ por ano e $t = 0,33$ ano (1.908 h divididas por 03 DGE), então $R(t) = e^{-0,52}$, resultando em 59,5% de CO para a amostragem. Ou seja, ao longo de 01 ano de funcionamento o DGE 01 tem aproximadamente 40,5% de probabilidade de falhar durante a sua operação (resposta c.5).

Em uma PATNAV de 72 h, temos que $t = 3,8\%$ ou 0,038 ano. Se $R(t) = e^{-(\lambda t)}$ então $R(t) = e^{-(1,57 \times 0,038)}$, resultando em 94,2% de CO para o DGE 01 (resposta c.5). Ressaltamos que este cálculo é otimista, pois poderíamos calcular as 72 h comparadas a 1/3 do ano, o que resultaria em maior valor para “t”, conseqüentemente uma menor confiabilidade.

CP 3.3.b.5: A CO do DGE 01 em uma PATNAV está 0,8% abaixo da CI padrão, embora o equipamento esteja 2.100 h além do previsto para a revisão “E” (resposta c.3).

Para o DGE 02 temos que a CO é $R(t) = e^{-(\lambda t)}$. Se $\lambda(t) = 1,28$ por ano e $t = 0,33$ ano (1.908 h divididas por 03 DGE), então $R(t) = e^{-(1,28 \times 0,33)}$ ou $e^{-0,42}$, resultando em 65,7% de CO. Ou seja, ao longo de 01 ano de funcionamento o DGE 02 do NPa Macau tem aproximadamente 34% de probabilidade de falhar durante a sua operação (resposta c.5).

Em uma PATNAV de 72 h, temos que $t = 3,8\%$ ou 0,038 ano. Se $R(t) = e^{-(\lambda t)}$ então $R(t) = e^{-(1,28 \times 0,038)}$ ou $e^{-0,05}$, resultando em 95,1% de CO para o DGE 02 (resposta c.5). Ressaltamos que este cálculo é otimista, conforme apresentado na análise do DGE 01.

CP 3.3.b.6: A CO do DGE 02 para uma PATNAV está dentro do padrão de CI, embora o DGE esteja 2.100 h além do período previsto para a revisão “E”.

Para o DGE 03 temos que a CO é $R(t) = e^{-(\lambda t)}$. Se $\lambda(t) = 0,74$ por ano e $t = 0,33$ ano (1.908 h divididas por 03 DGE), então $R(t) = e^{-(0,74 \times 0,33)}$ ou $e^{-0,244}$, resultando em 78,3% de CO. Ou seja, ao longo de 01 ano de funcionamento o DGE 03 do NPa Macau tem

aproximadamente 22% de probabilidade de falhar durante a sua operação (resposta c.5).

Em uma PATNAV de 72 h, temos que $t = 3,8\%$ ou 0,038 ano. Se $R(t) = e^{-(\lambda t)}$ então $R(t) = e^{-(0,74 \times 0,038)}$ ou $e^{-0,028}$, resultando em 97,2% de CO para o DGE 03 (resposta c.5). Ressaltamos que este cálculo é otimista, conforme apresentado na análise do DGE 01.

CP 3.3.b.7: O DGE 03 apresenta CO dentro dos padrões de CI, embora esteja aproximadamente 2.100 h além do previsto para a revisão.

Para a CO do sistema para 01 ano temos $R(s) = R(a) + R(b) + R(c) - \{R(a) \times R(b) \times R(c)\}$. Então $R(s) = 0,595 + 0,657 + 0,783 - \{0,306\} = 1,73$. Ou seja, o sistema de geração de energia, com os 03 DGE disponíveis, é projetado para não falhar.

Cabe ressaltar que normalmente empregamos os DGE em paralelo quando utilizamos o canhão de 40mm, mas é uma situação específica que não avaliaremos neste estudo, devido ao pouco tempo nesta situação, quando comparado ao tempo total de emprego do sistema.

Como a CO decresce em função do tempo, se para 01 ano a CO é 100%, em uma PATNAV de 72 h teremos o mesmo valor, para o sistema com os 03 DGE disponíveis.

CP 3.3.b.8: Podemos concluir que o sistema com somente 02 DGE disponíveis tem uma redução acentuada na CO anual, conforme visualizamos na análise do NPa Macaé, uma vez que as horas de funcionamento anuais são divididas somente pela metade, aumentando a TF e reduzindo o MTBF.

CP 3.3.b.9: A CO do sistema é maior com 03 DGE não revisados disponíveis do que somente com 02 DGE disponíveis, mesmo que um deles seja revisado (CP 3.3.b.8). Destarte, podemos concluir que é mais importante para a MB dispender recursos mantendo os DGE operando do que revisá-los, dada a redundância do sistema.

Não analisaremos a disponibilidade dos DGE dos navios, em virtude de não dispormos de dados sobre a DI e o período de indisponibilidade de cada DGE, para o cálculo

da DO.

Considerando a limitação de 45 páginas para este trabalho, não será apresentada a análise de outros sistemas dos NPa Classe Macaé. No Apêndice E apresentaremos algumas sugestões de pesquisa sobre estes sistemas, à luz das respostas dos navios.

3.4 Síntese das Principais Conclusões

a) Aspectos Gerais do SD Navios da Classe Macaé

Os navios foram incorporados à Armada sem que o SMP estivesse concluído, caracterizando o descumprimento de norma da DEN. A inexistência de um plano mestre e a falta de cartões de manutenção resultam em deficiência de conhecimento pelos mantenedores de 1º escalão e em possível inexecução de algumas rotinas de SMP. É necessário que a DEN complete o SMP, de forma a contemplar os sistemas geração de energia, considerando as diferenças entre os equipamentos instalados nos NPa Macaé e Macau, bem como que corrija o problema com os cartões de manutenção das ER (CP 3.1.a.1 a 3.1.a.4).

Não foram estabelecidos para a Classe os valores de CI e DI dos equipamentos. Este fato, aliado à falta de coleta de dados estatísticos dos sistemas, nos levou a adotar o IDA como parâmetro comparativo de DI, bem como a CI padrão de 95%, extraída de fonte primária (CP 3.1.b.1, 3.1.b.2 e 3.2.b.1).

Adicionalmente, constatamos que o Ciclo de Atividades da Classe Macaé não tem sido cumprido de forma sistemática, impactando a manutenibilidade, a confiabilidade e a disponibilidade dos navios e respectivos sistemas (CP 3.1.a.5).

A conjunção dos fatores acima citados resulta no fato de que a Disponibilidade Operacional (DO) média da Classe Macaé encontra-se 20% abaixo da Disponibilidade Inerente (DI) (CP 3.1.b.2).

b) Sistema de Propulsão

As MPR realizadas estão concentradas apenas no 1º escalão de manutenção. Outras manutenções preditivas de 2º/3º escalões, que comprovadamente contribuem para reduzir a probabilidade de avarias, como a análise de vibração nos MCP, ER e eixos, não constam no SMP como rotinas ocasionais (CP 3.2.a.1 e CP 3.2.a.7).

Quanto aos sobressalentes da propulsão, é fundamental que o SAbM resolva o problema do atraso no fornecimento de filtros dos MCP para manutenções de 1º escalão, visando evitar avarias (CP 3.2.a.5). Adicionalmente, existe a necessidade de que o ComOpNav estabeleça as diretrizes para a revisão e utilização dos MCP de *pool*, bem como indique recursos para a revisão dos MCP em reconservação (CP 3.2.a.3 e 3.2.a.4).

Observamos que a MB não tem realizado a revisão QL 3 (4.500 h) dos MCP no período previsto, resultando no fato de que a ocorrência de avarias graves está concentrada justamente no período de revisão vencida, na qual decorre a redução da CO dos MCP (CP 3.2.b.8). Esse problema possui como principal causa a falta de recursos financeiros (CP 3.2.a.8 e 3.2.a.9).

Por ser um sistema que não possui redundância, a propulsão é projetada para possuir alta confiabilidade até a revisão (CP 3.2.b.3). Entretanto, comprovamos matematicamente que ocorre decréscimo da CO à medida que os MCP permanecem sem as manutenções de 2º/3º escalões, previstas na revisão QL 3 (CP 3.2.b.4 a CP 3.2.b.7).

Os MCP do NPa Macau estão operando 2.500 h além do estipulado para a revisão QL 3. Como consequência, a probabilidade de ocorrer a perda de 01 eixo durante uma PATNAV é superior ao padrão (16%). Caso não seja realizada a revisão dos MCP até julho de 2019, existe 91% de probabilidade de ocorrer restrição de 01 eixo e 49% de probabilidade do Navio ficar à matroca em algum momento. Estas falhas podem comprometer a segurança do pessoal e do material (CP 3.2.b.5, CP 3.2.b.6 e CP 3.2.b.7).

Em face aos aspectos acima citados, podemos concluir que é necessário o aporte tempestivo dos recursos destinados a obtenção de sobressalentes e contratação de serviços para a revisão dos MCP do NPa Macau.

Os efeitos da postergação de revisões podem ser mitigados com a implementação de um esquema especial de rotinas de MP e MPR, baseadas na MCC. Para que a MB implante esta sistemática de manutenção é necessário o estabelecimento da CI e DI da Classe Macaé e de seus sistemas, como base comparativa; um banco de dados com amostras sucessivas e rotineiras de TF, CO e DO, comparando os dados com a CI e DI para o diagnóstico de problemas; bem como o envolvimento dos Setores Operativo (estatística) e do Material (engenharia), com apoio da DEN (CP 3.2.a.2, 3.2.a.6 e CP 3.2.b.4 a CP 3.2.b.9).

c) Sistema de Geração de Energia

Persiste a necessidade de a DEN terminar a catalogação de sobressalentes e realizar o mapeamento dos itens críticos dos DGE; bem como que o SABM mantenha as dotações de bordo e de base em níveis aceitáveis e negocie com a MTU procedimentos mais expeditos de fornecimento, de forma a evitar a indisponibilidade ocorrida no DGE do NPa Macaé (CP 3.3.a.2).

As revisões da maioria dos MCA não estão sendo realizadas no período previsto. A decisão de manter os equipamentos operando sem revisão não é acompanhada de rotinas de MPR de 2º/3º escalões. As revisões “E” (4.000 h) realizadas até agora não foram gerenciadas pelo AMRJ ou MTU (CP 3.3.a.1, CP 3.3.a.3 e 3.3.a.4). A implementação da metodologia da MCC pode reduzir riscos e aumentar a CO do sistema.

Pudemos verificar que em ambos os navios, embora os modelos sejam diferentes, a indisponibilidade de 01 DGE reduz significativamente a CO do sistema (CP 3.3.b.4, CP 3.3.b.8). Dada a sua redundância, conseguimos extrair das conclusões parciais (CP) que é

mais importante para a MB dispender recursos mantendo os DGE disponíveis, como exemplo mapeando e investindo em sobressalentes críticos, do que a decisão de investir na revisão dos MCA (CP 3.3.b.9).

No próximo capítulo analisaremos a aplicabilidade da MCC nos sistemas de propulsão e geração de energia da Classe Macaé.

4 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA MCC

Explicamos no capítulo 02 a fundamentação teórica em que se baseia a MCC; no capítulo 03 analisamos alguns aspectos do ALI que interferem na DO (FMECA), como a TF, MTBF e CO, bem como extraímos conclusões que justificam a média de DM encontrar-se abaixo do IDA.

Para ressaltarmos a importância da aplicação da MCC, apresentamos a seguir um trecho de conclusão da tese do Curso de Política e Estratégia Marítimas (C-PEM 2016):

A MB, desde os anos 2000, tem enfrentado sérios problemas na manutenção dos seus meios navais, destacando-se a redução da confiabilidade e da disponibilidade dos sistemas e equipamentos, em decorrência de restrições orçamentárias, idade avançada dos navios, da falta de gestão do ciclo de vida e, conforme analisado durante a pesquisa, da não sustentabilidade dos programas de manutenção essencialmente preventivos.

As dificuldades técnicas e gerenciais por que passam as OMPS-I, em especial o AMRJ, impactaram na manutenibilidade e, consequentemente, na disponibilidade de meios pelo não atendimento da premissa fundamental da MP, de realizar a manutenção com base no tempo de funcionamento (CAMBRA, 2016).

Neste capítulo apresentaremos exemplos de aplicação da metodologia MCC na redução da TF anual, resultando consequentemente em potencial aumento da CO e da DO.

4.1 Sistema de Propulsão

Como exemplo de aplicação, utilizaremos a proposta de uma rotina de MPR ocasional de análise de vibração dos MCP, ER e eixos propulsores.

Em 2016 foi constatada vibração excessiva no conjunto ER-eixos propulsores do NPa Macaé, em regimes de demanda acima de 1.500 rpm. Na ocasião foi tomada a iniciativa de solicitar uma análise de vibração do conjunto propulsor ao CPN, a qual foi realizada ao final do 1º semestre de 2017. Até a execução da MPR, determinamos que para demandas acima de 1.500 rpm deveria haver guarnecimento especial na praça de máquinas, como medida mitigatória a indícios de funcionamento anormal. Entretanto, cabe ressaltar que nenhuma metodologia específica foi adotada nesse processo decisório.

É importante salientar que suspeitávamos que o problema estivesse associado a uma “mossa” no hélice de BB, ocorrida em 2012.

Aplicaremos agora este exemplo na fundamentação teórica, de acordo com o Adendo II ao Apêndice A, utilizando as etapas da MCC previstas na figura 5.1.

Etapa 1: A propulsão é um sistema que afeta a DO e a segurança do navio.

Neste trabalho não serão preenchidos os questionários 1 e 2, previstos da DGMM-0130 (BRASIL, 2012, Anexo D), em virtude deste capítulo apenas apresentar uma demonstração da aplicabilidade da metodologia.

Seguindo o exemplo da figura 5.2, como fronteira do sistema em análise teremos os MCP, excluindo os seus periféricos; ER; e linhas de eixo na parte interna do navio.

Etapa 2: A FMECA já foi realizada no capítulo 3 deste trabalho.

Etapa 3: Ao cumprirmos o diagrama lógico da função significante (figura 5.3), podemos observar que a perda da função tem impacto nas operações. Portanto, ela se enquadra nos requisitos.

Aplicando o diagrama de decisão da MCC (figura 5.4), enquadrámos a falha como evidente e que afeta a segurança operacional²⁴, pois ela pode danificar permanentemente o sistema. Destarte, a falha é do tipo ESA – evidente/segurança/ambiente.

Etapa 4: A seleção da tarefa de manutenção tem o objetivo de prevenir modos de falha. Segundo a DGMM-0130 (BRASIL, 2013, p. 5-5 e 5-6), as tarefas adequadas são a inspeção preditiva (IP), no 1º momento, para detectar a falha; e a manutenção corretiva programada (MC) para corrigir a falha, após a sua identificação pela IP.

Etapa 5: Na avaliação da efetividade das tarefas, vemos que a IP possibilita corrigir falhas e que a partir da percepção da falha potencial (vibração excessiva) deve ser realizada a IP. Portanto, a princípio, esta seria uma MPR ocasional. Entretanto, após a realização de PM com docagem, revisão de MCP/ER ou manutenção de componentes da linha

²⁴ Segurança operacional: qualquer aspecto que coloque em risco a vida de pessoas, acima de uma probabilidade, risco ou possibilidade que seja intolerável ou que venha a danificar permanentemente o sistema (BRASIL, 2013, p. 5-4 e 5-5).

de eixo, por exemplo mancais, é necessária uma nova análise de vibração do conjunto.

As publicações ISO 8579-1 (SUÍÇA, 2002c) e *ABS Guidance Notes for Ship Vibration* (EUA, 2006a) estabelecem os parâmetros comparativos de emissão sonora e de análise de vibração, que foram empregados pelo CPN.

Etapa 6: Seleção da Tarefa. Foi definida a IP como tarefa adequada para a detecção da falha potencial. Por ser efetiva e de baixo custo (menos que R\$ 10.000,00 à época) a MPR é a 2ª melhor opção dentre as previstas pela MCC.

Ao aplicarmos o fluxograma da figura 5.8, para falha do tipo ESA, temos as seguintes respostas:

a) O serviço operacional (SO) não era aplicável ao problema. Não havia como detectar excesso de vibração com MP de 1º escalão, com a atual qualificação e equipamentos da tripulação;

b) A monitoração de estado é aplicável, resultando na necessidade de IP;

c) A MPR conseguiu determinar que os MCP estavam dentro dos parâmetros normais de vibração e que as ER e linhas de eixo se encontravam fora da normalidade, com vibração crítica a partir de 1.700 rpm (resposta b.5 do Anexo B). Este fato descarta a hipótese do problema estar localizado somente no hélice de BB, pois as ER e eixos apresentaram vibração excessiva. Entretanto, não foi possível determinar se a restauração preventiva, substituição preventiva ou se até a MC seria necessária.

Durante o PDR2018 do Navio, que se encontra em andamento, será determinada a causa da vibração excessiva, cabendo ressaltar que a ferramenta do Gerenciamento do Risco Operacional (GRO) se mostrou efetiva, à medida que evitou uma avaria por meio da mitigação do problema da vibração até a docagem.

Etapa 7: Quanto à definição da frequência de manutenção, já apresentamos na etapa 5 uma ideia de periodicidade da IP. Como não há TF associada às linhas de eixo,

podemos concluir que o diagrama de influência (figura 5.9) é o método mais adequado para a definição da periodicidade deste tipo de IP. Este diagrama, em conjunto com o GRO, é a ferramenta que possibilitará ao decisor (ComImSup) decidir pela MPR e, com seus resultados, manter o meio subordinado operando com uma falha potencial monitorada ou decidir imobilizar o navio até a docagem.

Podemos concluir, à luz da fundamentação teórica, que é necessária a inclusão de uma MPR ocasional no SisSMP, após docagem ou suspeita de vibração excessiva. Desta forma encerramos a aplicação prática da MCC para a propulsão, demonstrando a aplicabilidade da metodologia para a resolução de problemas de manutenção deste sistema.

4.2 Sistema de Geração de Energia

Utilizaremos os DGE do NPa Macau como exemplo de aplicação da MCC. O Navio reportou os seguintes componentes como os principais responsáveis pelas avarias do sistema: bomba de água salgada, bomba de água doce e tubulação de combustível. Estes itens juntos representam aproximadamente 80% das avarias (Anexo D).

Etapa 1: O sistema é relevante para a MCC, pois afeta a segurança e a disponibilidade do Navio (figura 5.1). A fronteira do sistema está limitada aos MCA, geradores e periféricos, como bombas de resfriamento (figura 5.2).

Etapa 2: A FMECA foi realizada para os MCA. Embora não haja dados precisos para cada um dos 03 componentes analisados, foi observada redução da CO individual de cada DGE. A CO do sistema permanece dentro dos padrões aceitáveis, devido à redundância.

Etapa 3: Nesta etapa consideraremos como função significativa o sistema de resfriamento dos MCA, excluindo a rede de combustível para efeito didático. A avaliação da rede de combustível seria objeto de uma outra análise pela MCC (figura 5.3).

Aplicando o diagrama de decisão (figura 5.4), enquadraremos a falha como não

evidente, pois só se apresenta ao operador no momento em que ocorre; e que a falha individual não afeta a segurança operacional, pois o sistema de controle do MCA inibe o funcionamento do equipamento em caso de mau funcionamento do sistema de resfriamento. Destarte, a falha é do tipo OEO – oculta/econômica/operacional.

Etapa 4: Na seleção das tarefas aplicáveis, a SMP a ser selecionada deve possuir os objetivos de prevenir modos de falha e descobrir falhas ocultas. Cabe ressaltar que os MCA encontram-se aproximadamente 2.200 h além do funcionamento previsto para a revisão “E”, de 4.000 h (Anexo C, resposta c.3).

Seguindo a ordem de prioridade de rotinas da MCC, podemos observar a necessidade de um serviço operacional (SO) nas bombas.

Analisando o SisSMP, vemos que existem as rotinas: 250H1 (1º escalão), de limpeza do filtro; 250H2 (1º escalão), de inspeção visual do impelidor das bombas de resfriamento; 1A1 (1º escalão), de limpeza do filtro; 1A2 (2º escalão), de verificação do impelidor; e a rotina 1.000H1 (2º escalão), de substituição do impelidor das bombas.

Empregando dados da FMECA, podemos verificar que os DGE apresentam em média 636 h de operação anual (1.908 h totais do ano/03 DGE); O DGE 01 possui MTBF de 560 h; o DGE 02 MTBF de 678 h; o DGE 03 MTBF de 1.234 h; e que cerca de 20% das avarias não estão associadas às bombas de resfriamento, além das ocorridas no sistema de combustível. Portanto, podemos concluir que as rotinas de SMP de impelidores e filtros das bombas de resfriamento são adequadas, em uma 1ª análise, se forem cumpridas nos períodos previstos.

A tarefa aplicável que se segue é a restauração preventiva (RP), que neste caso se daria por meio de uma revisão da bomba de resfriamento, que além das SMP de 2º escalão já mencionadas, realizaria a substituição de itens que apresentam desgaste ao longo do tempo, como selos e *o’rings*.

Ressaltamos nos aspectos acima citados a importância da MCC na redução de custos, em especial durante cenário orçamentário desfavorável aos sistemas de manutenção essencialmente preventivos, como o vivido atualmente. O custo para a revisão completa de 01 MCA ou mesmo a revisão de todos os periféricos é superior ao custo da revisão parcial em itens críticos.

Os riscos associados a uma revisão parcial de periféricos que não dê certo são pouco relevantes, uma vez que a CO do sistema possui pouca variação, devido à redundância de equipamentos.

Etapa 5: Podemos observar que as bombas estão dentro do intervalo P-F (figura 5.5), pois foi ultrapassado o período de revisão previsto, caracterizando uma tendência de aumentar o potencial de falha.

Quanto à periodicidade da RP, de acordo com o Adendo II ao Apêndice A, ela deve ocorrer antes do início do período de desgaste. Neste caso seria necessário apoio de engenharia, a criação de um banco de dados e sua análise, para estabelecermos o intervalo adequado entre revisões.

Etapa 6: As tarefas efetivas seriam uma combinação de SO e RP, por meio de revisão dos periféricos.

Aplicando o fluxograma OEO (figura 5.8) nos aspectos citados percebemos que o SO isoladamente não resolve o problema, sendo necessária a RP.

Etapa 7: Quanto à definição da periodicidade das tarefas de SMP, como a falha é oculta e não identificamos ainda a sua natureza, o modelo adequado é o de exploração de idade do equipamento, que depende da criação de banco de dados, com amostras sucessivas e rotineiras.

4.3 Principais Conclusões da Seção

A MCC pode ser aplicada a todos os sistemas de bordo, desde que haja a coleta e

análise dos modos de falha e criticidade (FMECA), por meio de dados estatísticos.

Em um cenário de restrições orçamentárias, com recorrente necessidade de postergações de revisões de motores e bombas, a MCC é uma ferramenta que pode auxiliar o processo decisório, por meio de seu modelo pragmático, reduzindo riscos ao Comandante de Navio e ao ComImSup.

Embora a análise da geração de energia não tenha sido conclusiva pela falta de dados mais precisos da FMECA, ela atingiu o objetivo de apresentar a possibilidade de aplicação da MCC em qualquer sistema mapeado, bem como a necessidade de um trabalho multidisciplinar, com os Setores Operativo e de Material, para a obtenção de diagnósticos precisos.

Cambra, em sua conclusão de tese do C-PEM 2016, sugeriu diversas medidas de implantação da MCC até 2021, dentre as quais destacamos as seguintes:

[...]

d) capacitar equipe de implantação multidisciplinar de MCC para conduzir a revisão do programa de manutenção de meios, sistemas ou equipamentos selecionados em projetos-piloto, podendo contar com apoio de empresa especializada contratada;
e) promover a aplicação da manutenção preditiva no SMP de 1º escalão, utilizando as técnicas já conhecidas da MB de medição de vibração, diagnose de motores e análise de lubrificantes, sendo necessários a qualificação dos mantenedores dos navios e a aquisição de instrumentos e softwares de monitoramento (CAMBRA, 2016, p. 77).

Em face do exposto nesta seção, podemos concluir que a análise apresentada se coaduna com as sugestões acima citadas por Cambra (2016). Nosso estudo de caso sobre a Classe Macaé demonstra que a metodologia MCC pode ser aplicada nos navios, caso seja efetuada a FMECA dos seus sistemas componentes.

Desta forma, sugerimos a criação de um projeto-piloto da MCC nos sistemas de propulsão e geração de energia da Classe Macaé; bem como a avaliação das sugestões apresentadas no Apêndice E, para os demais sistemas não analisados. Os resultados alcançados permitirão aumentar a CO e DO dos navios e indicam a possibilidade de aplicação da metodologia MCC em outras classes da MB, como os SBr e as Cv Classe Tamandaré.

5 CONCLUSÃO

Este estudo se propôs a analisar o ALI da Classe Macaé, sob o enfoque do aumento da CO dos sistemas e da DO dos navios, uma vez que a média de DM se encontra 20% inferior ao estabelecido no IDA.

Foram apresentadas evidências de que os problemas logísticos da Classe Macaé estão associados a uma série de fatores: o descumprimento do PALI e da norma da DEN que trata do SMP, ressaltando que o SisSMP da Classe Macaé permanece incompleto até os dias atuais; existe a necessidade do estabelecimento de parâmetros logísticos de referência, como a CI e DI; falhas nos processos de obtenção e fornecimento de sobressalentes para as revisões programadas e de itens críticos, deixando equipamentos inoperantes; e o descumprimento sistemático do Ciclo de Atividades pelo Setor Operativo, por meio da postergação de PM.

Os fatos acima citados evidenciam a necessidade da aplicação rotineira da FMECA e da MCC na manutenibilidade, cuja efetividade ficou demonstrada na análise apresentada sobre a possibilidade de implantação da MCC na manutenção dos sistemas de propulsão e geração de energia dos NPa da Classe Macaé, utilizando a FMECA como base de dados estatísticos.

Portanto, a questão de pesquisa “A manutenibilidade, associada à FMECA, pode aumentar a disponibilidade dos NPa da Classe Macaé e a confiabilidade de seus sistemas?” pode ser respondida de forma afirmativa, por meio da aplicação da MCC. Desta forma atingimos o 1º propósito do nosso estudo.

No Apêndice E apresentamos sugestões de pesquisas futuras sobre a Classe Macaé, baseadas nas respostas dos Anexos B, C e D, especialmente sobre os sistemas não analisados nos capítulos 03 e 04. Essas sugestões, acrescidas às existentes ao final desta seção, atingem o 2º propósito do estudo.

A realidade das restrições orçamentárias nos conduz à priorização no dispêndio de

recursos. Decorre deste fato a decisão do ComImSup e dos Comandantes dos Navios de postergarem revisões de equipamentos vitais, como os MCP e MCA. No entanto, constatamos que as avarias graves da propulsão estão concentradas no período em que a revisão QL 3 está vencida, sendo esta última a causa da redução de confiabilidade dos MCP.

Adicionalmente, constatamos que parcela expressiva das avarias nos DGE tem origem nos periféricos e que a revisão destes itens contribuirá para o aumento da CO do sistema.

A MCC se apresenta, portanto, como uma ferramenta pragmática, associada ao GRO, para a mitigação dos riscos associados às referidas postergações de revisão.

As conclusões desta pesquisa se coadunam com as sugestões apresentadas por Cambra (2016) ao se referir à Alta Administração Naval, na conclusão de sua tese do C-PEM. Nosso estudo de caso consistiu em um exemplo prático da aplicação da MCC em meios navais de uma só classe.

A criação de um projeto-piloto de MCC na Classe Macaé permitirá o aumento da CO e DO desses navios e deverá atestar a adequabilidade e viabilidade da adoção da metodologia MCC para outros meios navais, como por exemplo os SBr e as Corvetas Classe Tamandaré. Ressaltamos, entretanto, que a aplicação da MCC demanda o envolvimento intensivo e coordenado dos setores Operativo e do Material, para que seja alcançado sucesso.

É importante ressaltar que alguns problemas existentes nos NPa da Classe Macaé, apresentados ao longo deste trabalho, não podem aguardar a implementação dos processos de MCC, em especial a revisão dos MCP do NPa Macau. Utilizando dos recursos da análise matemática, à luz do embasamento teórico, concluímos que existe alta probabilidade de falha do sistema de propulsão do Navio até julho de 2019, caso a revisão QL 3 não seja realizada. Além da indisponibilidade do meio, essa provável falha poderá comprometer a segurança do pessoal e do próprio navio, se ocorrer em situação de navegação em águas restritas.

Outros aspectos não associados diretamente à MCC foram identificados, como a necessidade de decisão do ComOpNav sobre a revisão e emprego dos MCP de *pool* da Classe.

Considerando os longos prazos para implementação da metodologia MCC sugeridos por Cambra (2016), concluímos esta pesquisa apresentando as seguintes sugestões às Organizações Militares abaixo relacionadas.

a) EMA:

- Criar um Grupo de Trabalho Intersetorial (GTI), composto pelos Setores Operativo, Material e SGM, para estudar e propor a implantação da MCC em um projeto-piloto nos NPa da Classe Macaé; e
- Caso os resultados sejam positivos, como esperado, determinar a implementação do projeto-piloto da MCC na Classe Macaé a partir de 2020.

b) ComOpNav:

- Priorizar o aporte de recursos orçamentários ao Com3ºDN, para a realização da revisão QL 3 dos MCP e revisão das bombas de resfriamento dos MCA do NPa Macau;
- Criar um banco de dados de ALI, com informações sobre TF, confiabilidade e disponibilidade dos sistemas dos NPa Classe Macaé, que futuramente poderá ser implementado em outras classes de navios;
- Estabelecer as diretrizes para a utilização e revisão dos MCP de *pool* da Classe Macaé; e
- Estabelecer coordenação com o Setor do Material e SGM para a implementação da MCC na Classe Macaé, dado o histórico de sistemática postergação dos PM dos navios.

c) Diretoria-Geral do Material da Marinha (DGMM):

- Determinar à DEN a conclusão do SMP da Classe Macaé;

- Atuar em coordenação com o Setor Operativo para a implementação da FMECA, dos parâmetros comparativos (CI e DI), e da MCC na Classe Macaé;
- Efetuar gestões junto à SGM para o mapeamento de sobressalentes críticos; estabelecer as dotações de bordo e de base da Classe; e analisar as questões do Apêndice E deste estudo; e
- Atuar junto à MTU para reduzir o prazo de fornecimento de sobressalentes.

REFERÊNCIAS

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (ABS). Guidance Notes on Ship Vibration. Houston, TX. Estados Unidos da América (EUA), 2006a.

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

BRASIL. **Lei n. 12.598, de 21 de março de 2012**. Estabelece normas especiais para as compras, as contratações e o desenvolvimento de produtos e de sistemas de defesa, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12598-21-marco-2012-612592-normaatualizada-pl.pdf>>. Acesso em 31 de maio de 2018.

BRASIL. Comando de Operações Navais. **Carta de Instrução 001-14**: Patrulha Naval. Rio de Janeiro, 2014.

BRASIL. Diretoria de Engenharia Naval. **Sistema de Manutenção Planejada - SisSMP**. Acesso em: 22 jun. 2018.

_____. **ENGENALMARINST 60-01D**: Pintura de Navios, Embarcações e Submarinos em Serviço. Rio de Janeiro, 2007a.

_____. **ENGENALMARINST 85-18**: Sistema de Manutenção Planejada. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. **Plano de Apoio Logístico Integrado da Classe Macaé**. Rio de Janeiro, 2012b.

BRASIL. Diretoria-Geral do Material da Marinha. **DGMM-0130**: Manual do Apoio Logístico Integrado. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **MATERIALMARINST 02-01**: Processo de Obtenção de Meios no Setor do Material. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **MATERIALMARINST 33-01**: Apoio Logístico Integrado. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **EMA-300**: Plano Estratégico da Marinha, 3.ed. rev. Brasília, DF, 2017a.

_____. **EMA-331**: Manual de Planejamento Operativo da Marinha. Vol. 1: Processo de Planejamento Militar. Brasília, DF, 2006b.

_____. **EMA-332**: Processo Decisório e Estudo de Estado-Maior. Brasília, DF, 2015. rev. 1.

_____. **EMA-400**: Manual de Logística da Marinha. Brasília, DF, 2003b. rev. 2. mod. 1.

_____. **EMA-420**: Normas para Logística do Material. Brasília, DF, 2002a, rev. 2. mod. 1.

BRASIL. Marinha do Brasil. **ORCOM**: Orientações do Comandante da Marinha. Brasília, DF, 2017b, alteração 01.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD 35-G-01**: Glossário das Forças Armadas, 4.ed. Brasília, DF, 2007b.

_____. **Doutrina de Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (Minuta)**. Brasília, DF, 2018. In press.

CAMBRA, A. C. **Manutenção Centrada na Confiabilidade**: Uma proposta de aprimoramento da manutenção dos meios navais da Marinha do Brasil. 2016. 78 f. Tese do Curso de Política e Estratégia Marítimas – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2016, Oficial Orientador: CMG (RM1) Marcos Luiz Portela.

FONSECA, Maurílio M., **Arte Naval**. 6. ed. Serviço de Documentação da Marinha, 2002b, 902 p.

FRANÇA, Júnia Lessa; VASCONCELLOS, Ana Cristina de. **Manual para Normalização de Publicações Técnico-científicas**. 8. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. 255 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 8579-1: Acceptance Code for Gear Units. 2nd ed. Suíça, 2002c.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMISSION. ISO/IEC 15288: System Life-Cycle Processes. Canadá, 2001.

JONES, James V., *Integrated Logistic Support Handbook*. 3rd ed., Irvine, McGraw-Hill, 2006c, paginação irregular, il. p&b.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION (NATO), AAP-48: NATO System Life Cycle Stages and Processes. NATO Standardization Agency (NSA), 2007.

Palestra da EMGEPRON no Clube Naval, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.clubenaval.org.br/novo/sites/default/files/Palestra%20ENGEPRON%2026.10.17.pdf>>. Acesso em 31 de maio de 2018.

VIDIGAL, Armando Amorim Ferreira, **A Evolução do Pensamento Estratégico Naval Brasileiro**, 3.ed. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1985. 151 p.

APÊNDICE A - COMPLEMENTOS TEÓRICOS E FIGURAS

Neste Apêndice encontram-se alguns aspectos complementares sobre a fundamentação teórica do capítulo 02, como os tipos de manutenção, FMECA e MCC, os quais serão a base para a análise contida no capítulo 04. Adicionalmente, as figuras mencionadas durante a pesquisa constam neste Apêndice.

Nos Adendos encontram-se complementos teóricos que foram extraídos da DGMM-0130 (BRASIL, 2013)

1 Complemento à Fundamentação Teórica

a) Tipos de Manutenção

A publicação EMA-400 (BRASIL, 2003b, p. 4-5) cita como tipos de manutenção a preventiva, a modificadora e a corretiva. Adicionalmente, o EMA-420 (BRASIL, 2002, p. 3-3) incluiu, na revisão de 2012, a manutenção preditiva no rol das manutenções passíveis de aplicação pela MB. Essas manutenções estão definidas abaixo.

Manutenção Preventiva: é executada visando evitar ou reduzir falhas, queda de desempenho ou reduzir a probabilidade de avarias do equipamento (BRASIL, 2003b). Ela é realizada por meio de intervenção e/ou remoção periódica do item, obedecendo um plano previamente elaborado, baseado em intervalos de tempo (BRASIL, 2002).

O SisSMP é essencialmente um sistema de manutenção baseado no tempo, cujas rotinas de SMP são apresentadas por periodicidade (ex: mensal, trimestral, etc.).

Manutenção Preditiva: caracteriza-se por um conjunto de medidas, baseado em modificação de parâmetros de condições ou de desempenho, cujo propósito é identificar, acompanhar, diagnosticar e analisar a evolução do estado de equipamentos ou sistemas, subsidiando o planejamento (BRASIL, 2002).

Este tipo de manutenção contempla, por exemplo, rotinas de espectrometria de OL, análise de vibração de eixos, motores e bombas, dentre outras, de forma que as medições possam ser comparadas com um parâmetro preestabelecido.

Manutenção Modificadora: caracteriza ações destinadas a adequar o equipamento às condições operacionais exigidas ou para melhorar os trabalhos da manutenção (BRASIL, 2002). Exemplo: aumento da quantidade de graxas na máquina de suspender.

Manutenção Corretiva: destina-se a reparar o material danificado, visando retornar o equipamento às condições de uso (BRASIL, 2002). Exemplo: desempenho de eixo de bomba.

b) A FMECA

b.1) Componentes da FMEA

b.1.1) Função: é o que esperamos que o item ou sistema faça dentro de um padrão de desempenho especificado, incluindo os limites do desempenho especificado (superiores e/ou inferiores). Não é necessariamente o que o item é capaz de fazer, mas sim o que se deseja que ele faça (BRASIL, 2013, p.4-1).

Os equipamentos podem ser projetados para desempenhar uma função específica, múltiplas funções e/ou funções secundárias. Algumas funções são comandadas, como o disparo de um canhão, e outras operam continuamente, como a pressurização de uma bomba de incêndio. Nenhuma função deve ser desconsiderada e sua descrição deve ser clara (BRASIL, 2013, p. 4-1).

Um sistema com múltiplas funções é o canhão do navio, que deve conteirar, elevar, carregar, disparar e retornar à posição de carregamento. As funções secundárias são normalmente menos óbvias do que as principais, mas podem ter consequências graves se falharem. As funções não devem ser combinadas se as consequências das falhas são diferentes para cada função (BRASIL, 2013, p. 4-2).

b.1.2) Falha Funcional: a falha funcional é a incapacidade de um item desempenhar uma função específica dentro de limites preestabelecidos. Uma falha funcional pode não ser necessariamente uma perda completa da função. As falhas funcionais provavelmente resultarão em desempenhos reduzidos ou perda total da função. Tais falhas, em que os efeitos são menores do que a perda total da função, devem ser registradas à parte daquelas que apresentam perda completa da função. As descrições de falhas funcionais se baseiam em parâmetros que limitam a operação adequada dos equipamentos, tais como os limites superiores e inferiores do seu funcionamento. (BRASIL, 2013, p. 4-2).

b.1.3) Medidas de Compensação: são ações dos operadores ou detalhes de projeto que evitam ou reduzem os efeitos das falhas funcionais. Dentre as medidas de compensação estão previstas funções redundantes, dispositivos de segurança ou de alívio, ou ações específicas da tripulação, tais como: ligar sistemas secundários, seguindo instruções de segurança. A FMEA deve incluir uma descrição detalhada das medidas de compensação para cada falha funcional, caso existam (BRASIL, 2013, p. 4-3).

b.1.4) Modo de Falha: conceituado como uma condição física específica que pode resultar em uma falha funcional. O modo de falha deve incluir uma descrição do mecanismo da falha (exemplo: fadiga) em adição a um contexto específico, sempre que possível.

Um modo de falha é considerado “razoável” se for esperado que ocorra, pelo menos uma vez na vida útil do sistema. Essa regra empírica permite eliminar modos “raros”.

Os dados disponíveis para identificar os modos de falha variam, dependendo da existência de um histórico de manutenção. Tais dados podem ser complementados por relatórios de teste e documentação do fabricante (BRASIL, 2013, p.4-3).

b.1.5) Efeitos da Falha: Os efeitos de falha resultam de uma falha funcional em itens adjacentes, na capacidade funcional do sistema e nos riscos ao pessoal e ao meio ambiente. Em outras palavras, são as consequências que uma falha funcional de um

subsistema ou componente tem no sistema em análise, na instalação ou no meio ambiente.

Os efeitos de falha devem descrever algum dano físico que pode ocorrer e identificar os efeitos provocados ao pessoal, à segurança da instalação e à missão (BRASIL, 2013). Como exemplo podemos destacar a probabilidade de falha de MCP, podendo resultar na perda de 01 eixo ou mesmo no navio ficar à matroca, se ambos os MCP falharem, com probabilidade de afetar a segurança.

Os efeitos de falha são usados na MCC, para determinar as consequências das falhas, de modo que as tarefas de manutenção preventiva sejam desenvolvidas. Para se determinar as consequências das falhas, o analista deve identificar o efeito que a ocorrência da falha terá no meio. As consequências das falhas impactam adversamente a segurança do pessoal, o meio ambiente, a missão e os custos (BRASIL, 2013).

b.2) Sequência para a Elaboração da FMEA

A sequência de elaboração da FMEA encontra-se no capítulo 04 da DGMM-0130 (BRASIL, 2013), cujo extrato encontra-se no Apêndice I deste Anexo. Tal sequência seria necessária para quem fosse elaborar a FMEA a partir do início. Entretanto, nesta pesquisa a FMEA já foi realizada no capítulo 03, por meio dos questionários preenchidos pelos Comandantes dos Navios, Anexos B a D.

b.3) Estabelecimento dos Níveis de Criticidade

O nível perceptível do risco é proporcional à frequência com que os eventos ocorrem, ponderados pela severidade dos danos produzidos em cada evento (BRASIL, 2013, p. 4-10). O procedimento citado na DGMM-0130 se assemelha ao GRO, bastante empregado na MB.

Os níveis de criticidade, que transformam a FMEA para FMECA, encontram-se

no Apêndice I. No capítulo 04 apresentamos um exemplo de aplicação da FMECA.

c) As Etapas da MCC

As etapas da metodologia MCC encontram-se no capítulo 05 da DGMM-0130 (BRASIL, 2013), cujo extrato consta no Apêndice II deste Anexo. As etapas mencionadas foram utilizadas no capítulo 04.

2 Figuras Utilizadas na Pesquisa

a) Figura 2.1 – Cálculo da TF:

$$\lambda_1 = \frac{\text{Number of failures}}{\text{Total measured usage}}$$

Example: A system experiences 4 failures during 500 hours of operation

$$\lambda_1 = \frac{4 \text{ (failures)}}{500 \text{ (operating hours)}} = 0.008 \text{ (failures per operating hour)}$$

Figura 2.1. (JONES, 2006, p. 4.4)

b) Figura 2.2 – Curva da Banheira (TF ao longo do tempo)

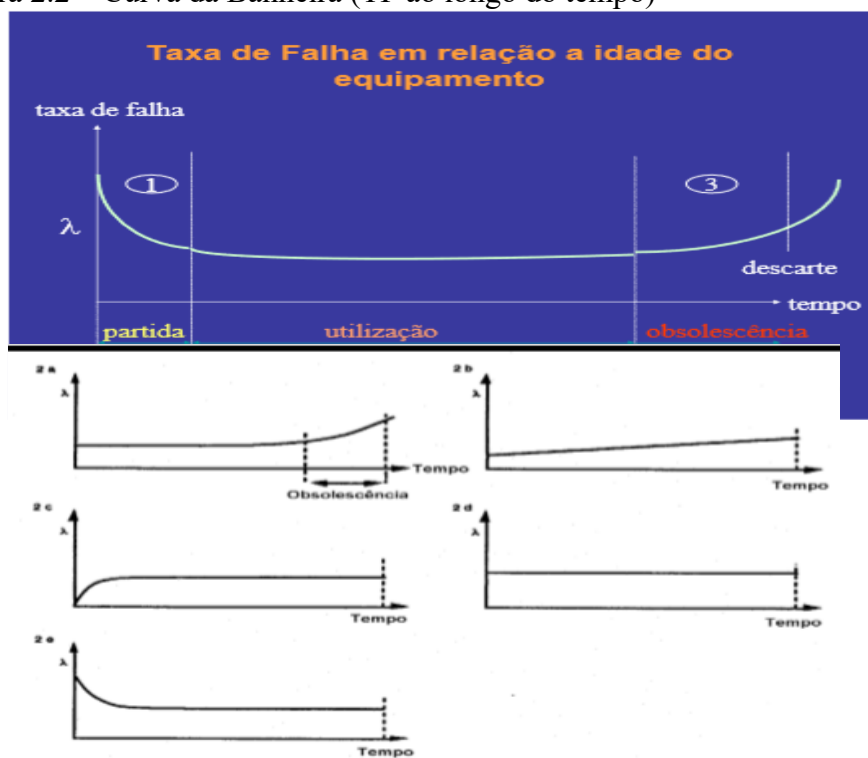


Figura 2.2. TF ao longo do tempo. (BRASIL, 2013, p. 2-3)

c) Figura 2.3 - Confiabilidade de um sistema em série

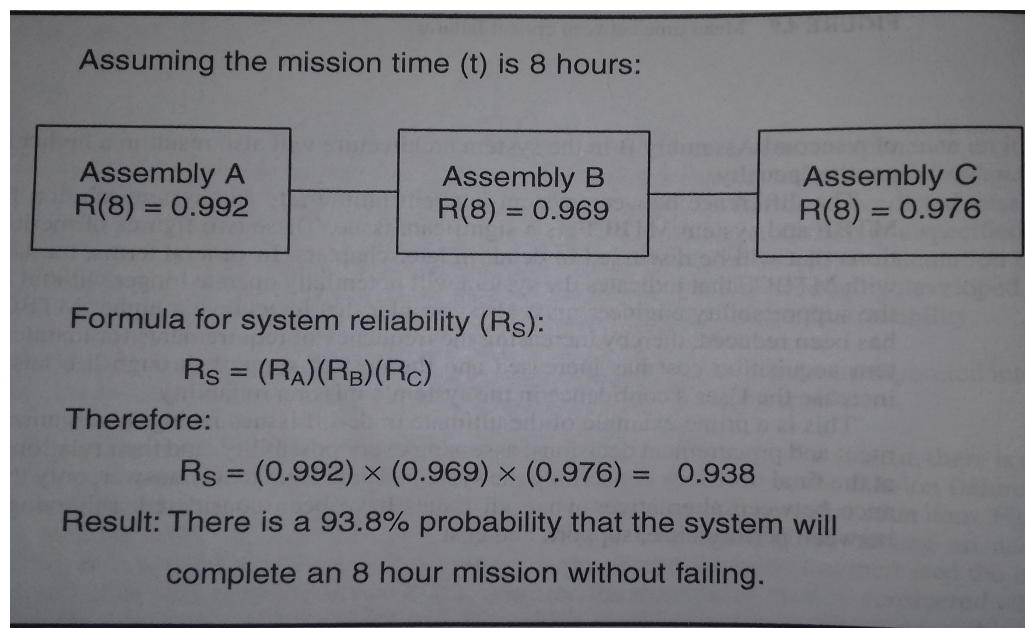


Figura 2.3 (JONES, 2006, p. 4.8)

d) Figura 2.4 – Confiabilidade de um sistema em paralelo

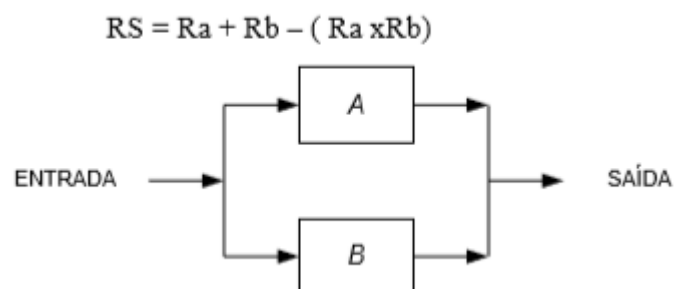


Figura 2.4 (BRASIL, 2013, p. 2-9)

e) Figura 2.5 – Disponibilidade Inerente

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Example: MTBF = 100 hours
MTTR = 1 hours

$$A_i = \frac{100}{100 + 1} = 0.99 = 99\%$$

Figura 2.5 (JONES, 2006, p. 10.2)

ADENDO I AO APÊNDICE A - ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE A FMECA

Este Adendo é um extrato do capítulo 04 da DGMM-0130 (BRASIL, 2013), que serve de complemento ao embasamento teórico para os capítulos 03 e 04.

ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DAS FALHAS

4.1 - INTRODUÇÃO

Conceitualmente, a Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (*“Failure Mode, Effects Analysis – FMEA”*) é um método analítico para identificar e documentar, de forma sistemática, todos os modos de falhas em potencial (possíveis avarias físicas), de maneira a eliminá-los ou reduzir sua ocorrência, por meio de uma metodologia estruturada que pode ser aplicada durante o estágio de desenvolvimento de novos projetos, especialmente em instalações de alta segurança ou na manutenção de equipamentos em uso. No primeiro caso, [...] estágio inicial do desenvolvimento do sistema. No segundo caso, na manutenção dos sistemas, a MCC utiliza a FMEA com o propósito de avaliar, documentar e priorizar o impacto potencial de cada falha funcional, visando definir formas de prevenção ou correção.

Geralmente, uma forma de análise de criticidade é acrescentada, sendo denominada, neste caso, de FMECA (*“Failure Mode, Effects and Criticality Analysis”*).

4.2 – CONCEITUAÇÃO

Já foi apresentada no Apêndice A.

4.3 – SEQUÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PROCESSO DE FMEA

4.3.1 – DEFINIÇÃO DOS ITENS

A aplicação da FMEA se inicia com a definição dos itens a serem analisados. Para tanto, são desenvolvidos Diagramas Organizacionais que ilustram a estrutura hierárquica do sistema, caracterizada por um nível superior decomposto em níveis progressivamente mais baixos. A hierarquia é representada por um diagrama de blocos, em forma de árvore, onde o nó raiz representa a função ou nível principal do sistema, e cada ramo descreve um nível mais baixo de detalhe, até o nível de componentes. [...]

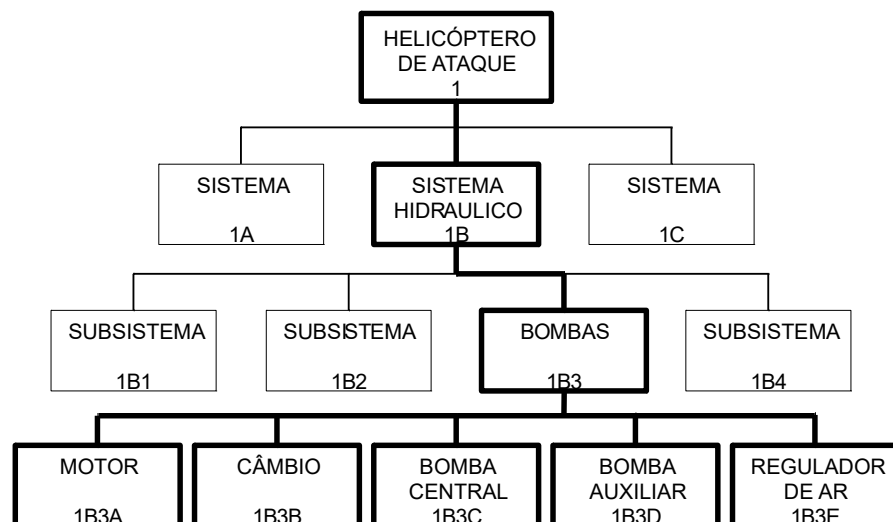


Figura 4-1: Diagrama Organizacional de Helicóptero de Ataque

Diagramas funcionais são complementares aos diagramas organizacionais na documentação e entendimento do funcionamento de um sistema. Estes diagramas são representações do funcionamento de parte da instalação, através das funções ou subsistemas componentes, onde cada função contribui para a consecução da missão principal. Essencialmente, são diagramas de blocos de funções e subsistemas interligados por fluxos de entrada e saída, que descrevem

as relações de causalidade e sequencialidade do sistema principal. Como regra geral, sugere-se incluir as funções em lugar dos equipamentos associados, enfatizando a documentação das interfaces entre subsistemas.

A Figura 4-2 exemplifica o diagrama funcional de um sistema de lubrificação de um motor a explosão. Quatro funções são documentadas, referentes à Acumulação de fluido lubrificante, Circulação do fluido, Purificação e Lubrificação. O fluido se movimenta de forma circular nestes quatro subsistemas.

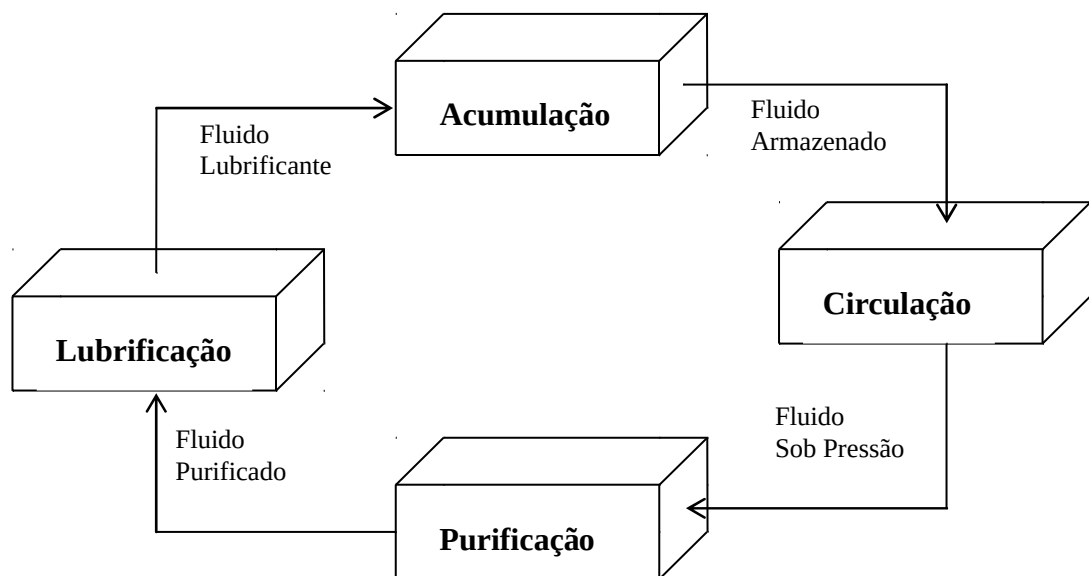


Figura 4-2: Diagrama Funcional de Sistema de Lubrificação

Para que um sistema esteja bem definido é necessário que suas fronteiras estejam claramente identificadas e logicamente estabelecidas. Por exemplo, quando se faz a análise de um sistema hidráulico de controle de voo, deve estar bem definido onde o sistema de controle de voo termina e tem início o sistema hidráulico. Para isso as interfaces devem estar claramente definidas. (...) O objetivo do processo é dividir o sistema em componentes que simplifiquem a tarefa de identificar claramente as funções, as falhas funcionais e os modos de falha, assegurando que nenhum subsistema ou componente seja desconsiderado.

4.3.2 – COLETA DE DADOS

Na sequência, os dados devem ser coletados. A equipe de análise deve reunir todas as informações possíveis sobre o item em estudo, tais como: desenhos, memoriais de cálculo, especificações de materiais, normas internas ou externas (nacionais ou internacionais), procedimentos de ensaio e inspeção, fluxogramas do processo, roteiros de fabricação, FMEAs realizadas em itens similares, registros internos e externos de falhas, dados de Controle Estatístico do Processo, dentre outros. A partir dessas informações devem ser determinados os procedimentos para documentação dos trabalhos e registros das etapas de execução da FMEA.

4.3.3 – IDENTIFICAÇÃO DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS

Em função dos dados reunidos anteriormente, todos os possíveis modos de falha e seus efeitos devem ser identificados e registrados, a fim de avaliar-se, posteriormente sua gravidade. Os modos de falha são os eventos que conduzem a uma diminuição parcial ou suspensão total da função de um item, dentro de metas de desempenho. Os efeitos de falhas são as maneiras como os modos de falha afetam o desempenho do sistema, sob o ponto de vista do cliente, ou seja, quais serão as consequências que poderá sofrer o cliente caso aconteça o tipo de falha identificado. É necessário ter o cuidado de não confundir-se o efeito de falha com o modo de falha, lembrando que um modo de falha pode ter mais de um efeito. Por exemplo, se o modo de falha é o desalinhamento de um eixo, o efeito pode ser desgaste prematuro nos mancais ou travamento do eixo de rotação; ou ainda se o modo de falha é porosidade no material, o efeito dessa falha pode ser vazamento de ar no sistema.

4.3.4 – IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS

As causas das falhas são os eventos que geram (provocam ou induzem) o aparecimento do modo de falha. A análise das causas mais prováveis deve ser feita com base nos dados levantados anteriormente, experiência dos membros da equipe na especialidade de cada um, informações obtidas por meio da análise do projeto ou processo, testes ou simulações e históricos anteriores, quando possível. No exemplo do item anterior, a falha do eixo desalinhado (modo de falha), o desgaste prematuro nos mancais ou travamento do eixo em rotação (seus efeitos), pode ter sido causada por erro de montagem, peça (eixo) danificada antes da montagem ou fora de especificação (por exemplo, retilineidade do eixo).

A Tabela 4-2 apresenta um exemplo onde são relacionados o Modo de Falha, seu Efeito e Causas.

Modo de Falha	Efeito(s)	Causa(s)
Fadiga	O eixo separa-se no braço inferior com possível perda de controle do veículo.	Material inadequado
		Defeito no material (laminação)

Tabela 4-2: Modo de Falha, Efeito e Causas num Braço de
Suspensão

4.3.5 – IDENTIFICAÇÃO DOS MODOS DE DETECÇÃO DE FALHAS

Deve ser, ainda, identificado como possíveis falhas poderiam ser detectadas. Dentre as falhas, algumas podem não ser detectadas e eliminadas, mas o efeito delas pode ser percebido pelo cliente. Esse problema deverá ser considerado, fazendo ainda uma classificação das providências para detectar falhas, tais como: facilmente implementáveis, aquelas que podem ser implementadas com certa dificuldade, ou muito difíceis de serem implementadas.

4.3.6 – ESTABELECIMENTO DOS NÍVEIS DE CRITICIDADE

O nível perceptível do risco é proporcional à frequência com que os eventos ocorrem, ponderados pela severidade dos danos produzidos por cada evento.

A frequência de ocorrência de modos de falha pode ser medida numa escala de seis níveis, definidos conforme a Tabela 4-3.

Frequência	Descrição	Probabilidade
Frequente	Esperado ocorrer frequentemente	$\geq 10^{-1}/\text{ano}$
	Falha ocorrerá continuamente	
Provável	Ocorrerá várias vezes	$< 10^{-1}/\text{ano}$
	Falha ocorrerá com frequência	
Ocasional	Possível ocorrer várias vezes	$\geq 10^{-2}/\text{ano}$
	Falha esperada ocorrer ocasionalmente	
Remoto	Esperada ocorrer algumas vezes	$< 10^{-2}/\text{ano}$
	Falha razoavelmente esperada	
Improvável	Possível de ocorrer, mas improvável	$\geq 10^{-3}/\text{ano}$
	Falha ocorrerá excepcionalmente	
Inacreditável	Essencialmente inesperada ocorrer	$\geq 10^{-4}/\text{ano}$
	Falha praticamente não ocorrerá	
		$< 10^{-5}/\text{ano}$

Tabela 4-3: Níveis de Frequência de Modos de

Falha

Os níveis de Severidade estabelecem uma escala de gravidade dos efeitos de falha, por meio de uma análise dos possíveis efeitos adversos à segurança física do meio ou da tripulação, além dos possíveis danos ambientais, econômicos e operacionais. Os níveis de severidade são apresentados na Tabela 4-4, de acordo com a classificação do dano.

Dano			
Segurança	Ambiental	Econômico/Operacional	

			Severidade
Mortal	Grande	Total	Catastrófica
Grave	Significante	Parcial	Crítica
Leve	Leve	Leve	Marginal
Insignificante	Aceitável	Aceitável	Mínima
Inexistente	Inexistente	Inexistente	Insignificante

Tabela 4-4: Níveis de Severidade de Risco

Para estabelecer os graus de avaliação de risco é necessário construir uma tabela com valores associados a uma combinação de níveis de severidade e de frequência, em função da classificação quanto a eventos intoleráveis, indesejáveis, toleráveis e desprezíveis, conforme a Tabela 4-5 abaixo:

4.3.7 – DEFINIÇÃO DE ACEITABILIDADE DE RISCO

A FMECA, uma variante da FMEA, se dedica à análise dos modos de falha selecionados, geralmente considerada apenas quando a dimensão do sistema analisado e o número de falhas potenciais for muito grande, inviabilizando um estudo completo de FMEA. O uso da FMECA implica no estabelecimento dos níveis de aceitabilidade de risco que serão empregados na seleção dos modos de falha incluídos no estudo. Para tanto, deverão ser considerados apenas os modos de falha com criticidade “5”, “4” ou “3” da Tabela 4-5. Os demais modos de falha, com criticidade classificada como “2” ou “1” serão apenas documentados no estudo da FMECA.

[...]

Severidade	Frequência	Classificação	Valores
Catastrófica	Frequente	Intolerável	5
	Provável	Intolerável	5
	Remota	Indesejável	4

[...]

Tabela 4.5 – Exemplo de Valores de Criticidade

4.5 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Para ilustrar o estudo de FMEA, suponhamos um conjunto motor elétrico, mancal externo, misturador, instalado em um tanque vertical, com produto corrosivo, conforme figura 4.3.



Figura 4.3: Conjunto Misturador

1º Passo: Isolar e descrever o Modo Potencial de Falha

- a) Componente: Mancal intermediário;
- b) Função do componente: Centrar e suportar lateralmente o eixo do misturador;
- c) Falhas possíveis:
 - fratura da caixa de mancal; e
 - folga excessiva do mancal;
- d) Efeitos no componente:
 - aumento da vibração;
 - danos ao mancal e ao eixo; e

- danos à estrutura do tanque (chapa superior);

e) Causas: - mancal subdimensionado;

- fixação inadequada; e

- chapa suporte de baixa espessura.

2º Passo: Descrever os efeitos potenciais da falha no Sistema

a) Parada parcial de operação do Sistema; e

b) qualidade do processo é afetada devido à perda da homogeneização do produto.

3º Passo: Avaliação do Risco

Grau de Criticidade da falha: 4 (Crítico e ocasional).

4º Passo - Ação Corretiva

a) Fazer análise de vibração no local para decidir pelo reforço da estrutura de apoio do mancal;

b) verificar, em função da carga, se o mancal selecionado é adequado; e

c) administrar a logística.

As Equipes de Análise, cujos componentes são selecionados nas seções de cada oficina, possuem as seguintes atribuições:

- desenvolver e executar o programa MCC; e

- estabelecer e gerir os recursos necessários à manutenção do programa.

ADENDO II AO APÊNDICE A - ETAPAS DA MCC

Este Adendo é um extrato do capítulo 05 da DGMM-0130 (BRASIL, 2013), que serve de complemento ao embasamento teórico para os capítulos 03 e 04.

MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

5.1 – INTRODUÇÃO

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) é um processo estruturado para a determinação dos requisitos de manutenção para modos de falha que possam causar falhas funcionais de quaisquer itens físicos em seu ambiente operacional*. A Figura 5-1 ilustra a metodologia de MCC descrevendo as etapas que compõem o processo.

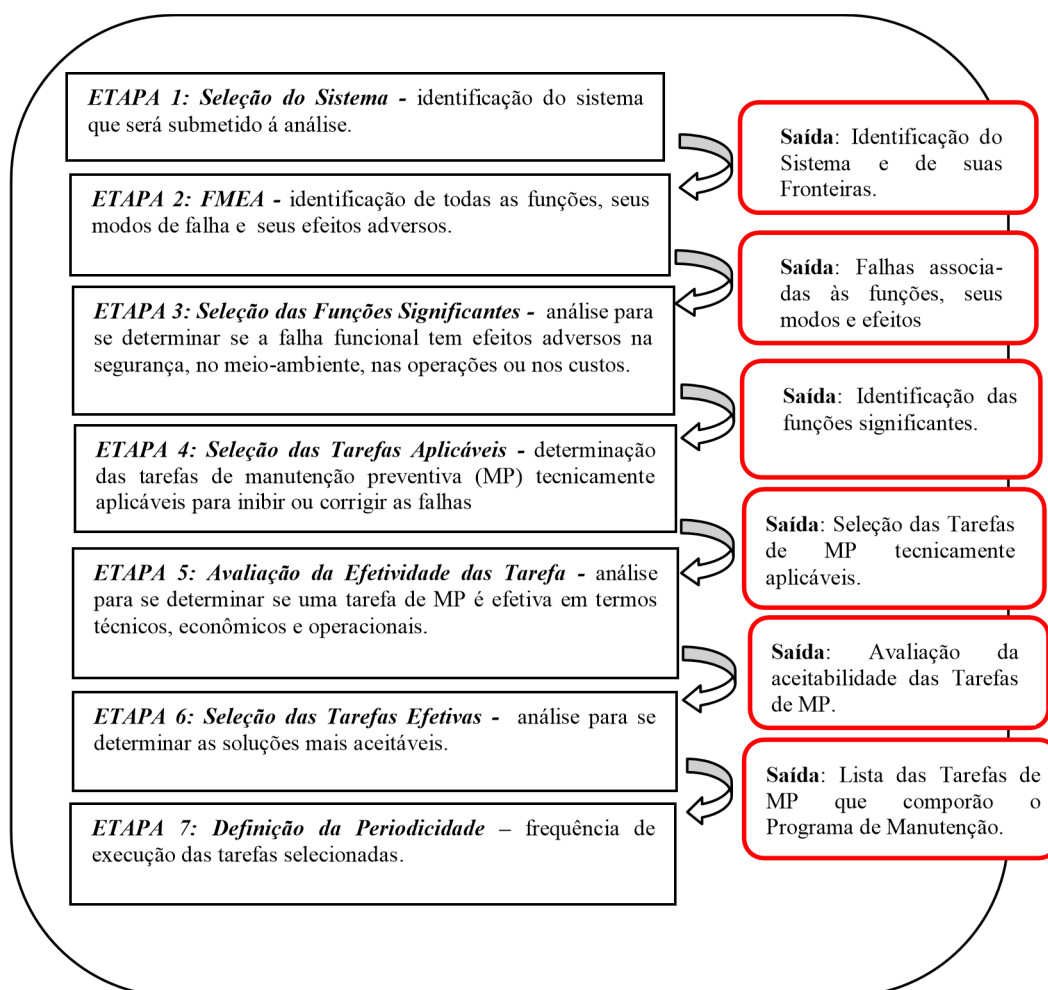


Figura 5.1: Etapas do Processo de MCC

5.2 – ETAPA 1: SELEÇÃO DO SISTEMA

Na avaliação dos sistemas será considerada a relevância destes em relação à operação dos meios, principalmente nos aspectos relacionados à disponibilidade, segurança e ganhos econômicos. Na análise de seleção dos sistemas, devem ser levados em conta os seguintes critérios:

- Sistemas que afetam a disponibilidade do meio;
- Sistemas que afetam a segurança do meio;
- Sistemas onde ganhos econômicos são esperados em decorrência da aplicação da MCC;
- Sistemas que apresentam muita MP ou alto custo de execução;
- Sistemas que possuem grande proporção de paradas ou muito consumo de mão-de-obra;
- Sistema onde existem preocupações legais ou com entidades reguladoras e classificadoras; e
- Sistemas novos que necessitam de planejamento de manutenção.

[...]

De posse dos documentos dos sistemas selecionados, podem ser caracterizadas as fronteiras dos sistemas, por meio da identificação dos seus limites e dos itens de fluxo que cruzam seus contornos. O item de fluxo que cruza a fronteira pode ser algum tipo de informação, energia, fluido, etc. A Figura 5.2 ilustra, por meio de um diagrama de blocos, os fluxos de entrada e saída de um sistema de lubrificação.



Figura 5.2: Fluxos de entrada e saída de um sistema de lubrificação

[...]

5.3 – ETAPA 2: FMEA

Esse assunto foi descrito integralmente no Apêndice I.

5.4 – ETAPA 3: SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES

Um sistema complexo é formado por um grande número de componentes, cada um deles projetado para desempenhar uma função específica ou um conjunto de funções. A falha de algum desses componentes pode levar à perda total da função do sistema, com a possibilidade adicional de oferecer riscos secundários a outros sistemas, ao pessoal ou ao meio ambiente. As consequências dessas falhas no sistema principal (navio, sistema de armas, equipamentos auxiliares, motores, etc.) podem afetar a segurança ou o meio ambiente, enquanto outras afetam a capacidade de operação do sistema principal. Outras falhas resultam unicamente em impactos econômicos. Finalmente, existem aquelas falhas que não apresentam consequências significantes. As funções, cujas falhas resultam em consequências adversas que afetam a segurança, o meio ambiente, a operação e a economia do sistema principal, são denominadas “Funções Significantes” (FS).

A Figura 5.3 ilustra a lógica da seleção da Função Significante, por meio de um fluxograma.

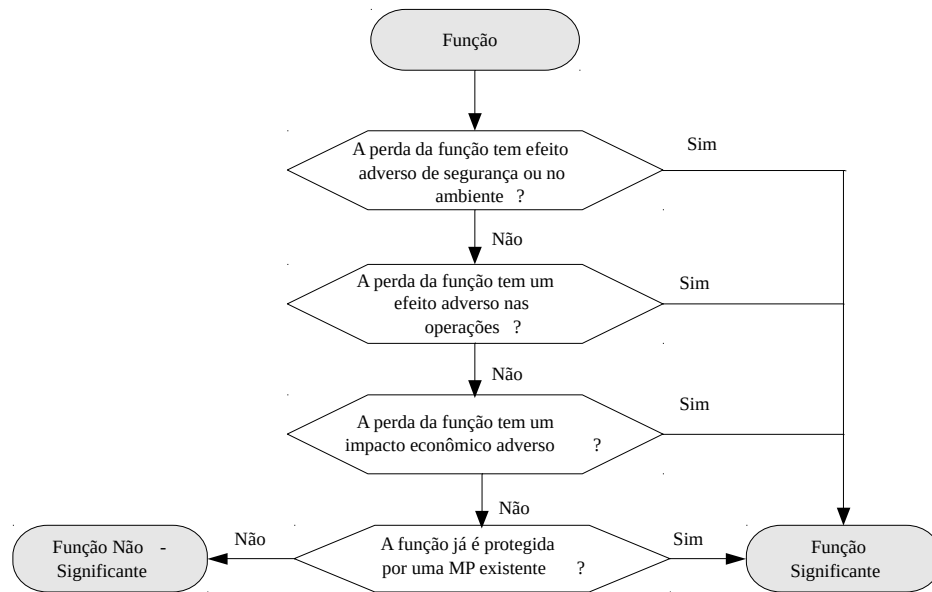


Figura 5.3: Diagrama Lógico de Seleção da Função Significante

Deve ser observado que a primeira questão que tiver como resposta “SIM” definirá a função como **Significante**, dispensando a necessidade de responder às demais questões. Se, por outro lado, todas as questões tiverem como resposta “NÃO”, a função é considerada não significativa e, portanto, não será analisada posteriormente.

As funções que foram selecionadas como significantes sofrem outra análise quando submetidas à Lógica de Decisão da MCC. O objetivo da Lógica de Decisão é classificar os modos de falha de acordo com suas consequências para auxiliar na definição da ação recomendada a fim de eliminar ou diminuir seus efeitos.

A Figura 5.4 apresenta o diagrama de decisão da MCC, onde cada modo de falha é inicialmente avaliado quanto à sua visibilidade e consequência, e classificada em uma das seguintes categorias:

- **ESA** – Evidente / Segurança / Ambiental;
- **OSA** – Oculto / Segurança / Ambiental;
- **EEO** – Evidente / Econômico / Operacional; e
- **OEO** – Oculto / Econômico / Operacional.

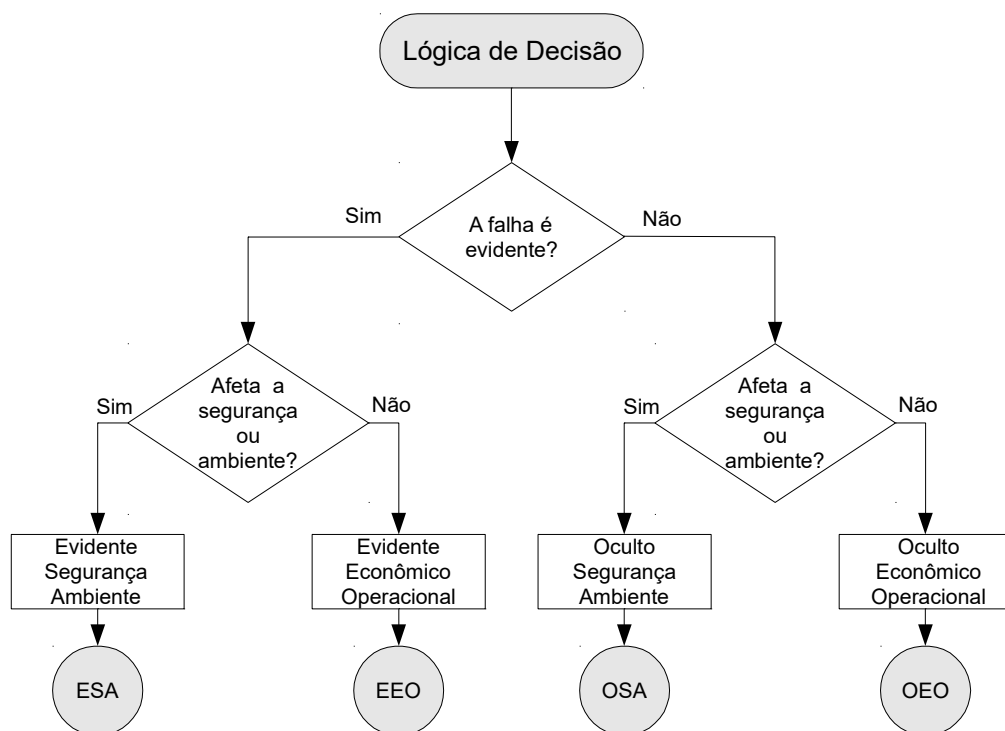


Figura 5.4: Diagrama de Decisão

No diagrama apresentado existem três questões básicas que devem ser respondidas para cada modo de falha:

Questão 1: A falha é evidente?

Falha funcional ou o efeito do modo de falha é evidente para o operador em suas atividades normais? A expressão “evidente” significa que não será necessário qualquer teste ou inspeção específica diferente daquelas realizadas pelo operador. Uma resposta afirmativa ou negativa definirá a próxima pergunta a ser respondida entre as questões 2 e 3 a seguir.

Questão 2 – Se a falha é evidente, afeta a segurança / ambiente?

O modo de falha causa uma perda de função ou dano secundário que poderia ter efeito adverso na segurança operacional? E no meio ambiente? Por segurança operacional entende-se qualquer aspecto que possa por em risco a vida de pessoas, entre elas o operador, acima de uma probabilidade, risco ou possibilidade considerada intolerável ou que possa danificar de modo permanente o sistema. Os aspectos ambientais envolvem os riscos de emissão de poluentes, contaminação tóxica, etc., ou a infração de normas legais relativas ao ambiente.

Questão 3 – Se a falha é oculta, afeta a segurança / ambiente?

Ocorrência de falha oculta, em combinação com um segundo evento / falha, causa uma perda de função ou dano secundário que poderia ter um efeito adverso na segurança operacional? E no meio ambiente? Por ser oculta, apenas um segundo evento revelará a ocorrência da falha quando o componente que falhou for acionado. A MCC considera que, nesse caso, a manutenção preventiva será justificável se reduzir a probabilidade de falha múltipla a um nível aceitável. Caso contrário, se a mudança de projeto não for mais atrativa, realizam-se apenas reparos funcionais.

[...]

5.5 – ETAPA 4: SELEÇÃO DAS TAREFAS APLICÁVEIS

Segundo a MCC, uma tarefa de manutenção para ser aplicável deve garantir um dos seguintes objetivos:

- **Suprir** necessidades e consumíveis do processo;
- **Detectar** a evolução de falhas;
- **Prevenir** modos de falha;
- **Reduzir** a taxa de deterioração;
- **Descobrir** falhas ocultas; e
- **Reparar** o item após a falha.

É usual dividir as tarefas de manutenção em **atividades programadas** (executadas em intervalos pré-determinados) e **atividades não-programadas** (executadas quando da ocorrência de defeitos ou falhas funcionais).

As tarefas de manutenção da MCC podem ser dos seguintes tipos:

c) **Serviço Operacional (SO)** – é definida como uma atividade simples e repetitiva, necessária ao funcionamento do processo. Consiste na reposição de materiais consumíveis usados na operação normal do equipamento e na execução de atividades de baixa complexidade, com a finalidade de controlar ou impedir a evolução de falhas. São atividades executadas pelos próprios operadores, não exigindo treinamento especializado.

Exemplo de Serviço Operacional: “Lubrificar o mancal a cada mudança do grupo de serviço”.

d) **Inspeção Preditiva (IP)** – é uma inspeção programada em um item, seja através do sentido humano ou por meio de instrumentos, para detectar indícios específicos de falhas potenciais. Não inclui a ação corretiva tomada para restaurar a funcionalidade.

Exemplos de Inspeção Preditiva: “Inspeccionar parafuso de fixação para um desgaste de 0,022 polegadas ou mais, após 5 mil horas de voo”; “Inspeccionar as palhetas da turbina para identificar rachaduras visuais após 250 horas de voo”.

e) **Restauração Preventiva (RP)** – é uma tarefa programada de recuperação da capacidade funcional de um item, após uma idade limite específica, com o objetivo de prevenir uma falha funcional. Aplica-se principalmente a equipamentos sujeitos aos desgastes progressivos, para os quais sua recuperação seja possível técnica e economicamente. *Exemplo de*

Restauração Preventiva: “Desobstruir a tela da turbina quando completar 600 horas de voo”.

f) **Substituição Preventiva (SP)** – é uma tarefa programada que remove um item de operação e o substitui antes de uma determinada idade limite, com o objetivo de prevenir uma falha funcional. Nesse caso, a restauração do item deve ser inviável técnica e economicamente.

Exemplo de Substituição Preventiva: “Substituir as baterias dos circuitos impressos do computador após 5 mil horas de atividade”.

g) **Inspeção Funcional (IF)** – é uma verificação programada do estado funcional de um

item, executada em intervalos de tempo específicos, para identificar a ocorrência de uma falha funcional que não seja evidente para a equipe de operação em suas atividades normais

(falha oculta). Envolve um procedimento de teste da funcionalidade do item. Não inclui a ação corretiva tomada para restaurar a funcionalidade do item. *Exemplo de Inspeção*

Funcional: “Inspeccionar a mangueira do extintor de incêndio para verificar sua vedação”.

h) **Manutenção Corretiva (MC)** – é a restauração não programada da capacidade funcional de um item, visando corrigir defeitos ou falhas potenciais detectadas por uma atividade programada ou de outra forma, antes que evolua para uma falha funcional.

i) **Reparo Funcional (RF)** – consiste na recuperação não programada da capacidade funcional de um item, visando reparar falhas funcionais já ocorridas, não prevenidas pelas atividades programadas.

A aplicabilidade dessas atividades a um dado componente será função do seu comportamento em relação à evolução da falha. A Tabela 5.1 resume essa correlação.

Evolução da Falha	Ação	Tipo de Manutenção
Mensurável	Detectar	Inspeção Preditiva
Previsível	Antecipar	Restauração ou Substituição
Controlável	Controlar	Serviço Operacional
Invisível	Descobrir	Inspeção Funcional
Visível	Corrigir	Manutenção Corretiva
Incontrolável	Reparar	Reparo Funcional

Tabela 5-1: Tipos de Manutenção por Comportamento da Falha

5.6 – ETAPA 5: AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DAS TAREFAS

Segundo a MCC, para que uma atividade de manutenção seja efetiva, ela deve atender simultaneamente aos seguintes critérios:

- d) Ser aplicável tecnicamente;
- e) Ser viável com os recursos disponíveis;
- f) Produzir os resultados esperados; e
- g) Ser executável a um intervalo razoável.

O **Serviço Operacional**, primeiro na lista de preferências da MCC, deve atender a requisitos de praticidade para que seja considerada uma tarefa efetiva, uma vez que depende da intervenção do operador. Portanto, essas tarefas devem ser compatíveis com a formação do condutor e sua disponibilidade de tempo e recursos, além de se constituir em um requisito de projeto, não sendo, portanto, destinada à correção de anomalias ou deficiência de concepção do sistema.

A **Inspeção Preditiva**, segunda na lista de preferências da MCC, busca a prevenção de falhas com minimização das interferências externas (humanas) na operação do sistema. Dois requisitos básicos compõem o critério de efetividade da Inspeção Preditiva. O primeiro refere-se à viabilidade de se executar a tarefa em intervalos que possibilitem desenvolver ações corretivas para prevenir a falha funcional. Logicamente, se a Inspeção Preditiva só detectar a evolução de uma falha quando ela não puder mais ser evitada, então será desnecessária. O segundo requisito refere-se à frequência de inspeção necessária para

prevenir a falha funcional. Para ser efetivo, o intervalo entre inspeções não poderá ser superior ao Intervalo PF, definido como o tempo de evolução entre a detecção da falha potencial e a falha funcional (*“Potencial (Faylure) – to – Functional (Faylure) Interval”*). Quanto maior o Intervalo PF, melhor será a efetividade da Inspeção Preditiva, pois haverá um tempo maior para a execução da prevenção. Esse intervalo pode ser visualizado na Figura 5.5 que reproduz a curva de resistência à falha de um item.

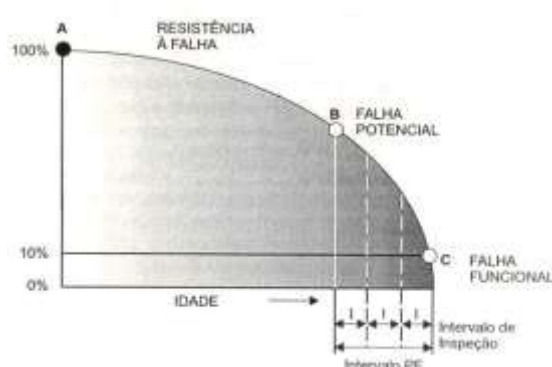


Figura 5.5: Curva de Resistência à Falha

Estabelecido o Intervalo PF, o intervalo de Inspeção Preditiva deverá garantir a execução da inspeção pelo menos uma vez durante o Intervalo PF. No entanto, mais inspeções podem ser necessárias para assegurar que níveis aceitáveis de segurança, operação e economia sejam atingidos antes da falha funcional.

O Intervalo PF e os intervalos de Inspeção Preditiva devem ser expressos na mesma unidade de operação, ou seja, em termos de uma medida do grau de exposição às condições que causam a falha. Além do tempo, podem ser expressos em distância percorrida, número de ciclos, horas de voo, etc., conforme a característica operacional do sistema ou do equipamento.

A escolha do indicador da evolução da falha se baseia na sua capacidade de identificar mais antecipadamente o nível de degradação do componente em relação à condição de falha

funcional. Para cada mecanismo de falha e tecnologia de construção estarão associados indicadores apropriados de deterioração.

Estabelecido o indicador, será necessário definir seu valor limite, além do qual estará caracterizada uma falha funcional, representado pelo ponto C na Figura 5.5. O estudo de FMEA será o ponto de partida para essa definição, já que cada função e falha funcional estarão associadas a uma faixa limite de desempenho. Esse limite deve ser conhecido antes de se definir o intervalo PF.

Para viabilizar a Inspeção Preditiva deve-se definir também o limite mensurável que indique a presença de uma falha potencial definida. Esse limite foi indicado pelo ponto B na Figura 5.5 e representa o valor da primeira degradação detectável pelo indicador que justifica uma ação corretiva. Quanto menor for esse desvio em relação à resistência nominal máxima, maior será o intervalo da tarefa de Inspeção Preditiva. Se o limite for próximo ao ponto de falha funcional será necessário um intervalo menor de inspeção para viabilizar a correção antes da falha funcional. Ambos os limites, o de falha potencial e o de falha funcional, são influenciados pela técnica preditiva adotada.

[...]

A **Restauração Preventiva**, terceira na lista de preferências, é recomendada quando existe uma idade limite para o início do desgaste, com crescimento acentuado da taxa de falha.

Para ser efetiva, a Restauração Preventiva deve ocorrer antes do início do período de desgaste. Se a falha ameaçar a segurança, a tarefa deverá garantir a ausência de falha, ou seja, repor o equipamento a uma condição próxima ao estado inicial.

Os estudos para definir os intervalos das tarefas de Restauração Preventiva se baseiam nos conceitos de limites de Vida Segura e de Vida Econômica. O primeiro é utilizado para

estabelecer a idade limite para restauração de itens, cujas falhas afetam a segurança física. O segundo é utilizado para definir a idade ótima de restauração, quando o item não afeta a segurança. A Figura 5.7 ilustra a localização relativa desses limites em relação às curvas de Probabilidade de Falha e de Sobrevivência de um item típico, em função da idade.

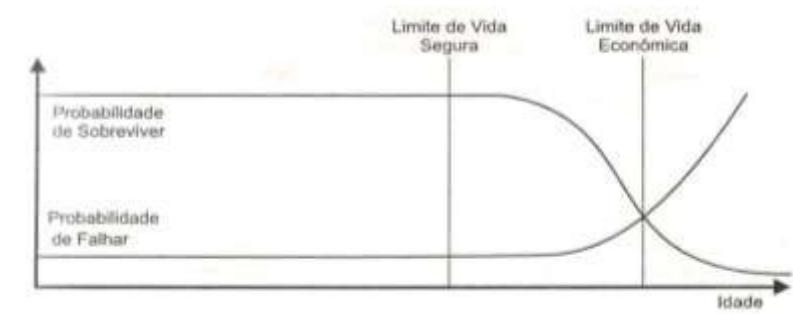


Figura 5.6: Limites de Vida Segura e Econômica

Note que o limite de vida segura situa-se antes do início da faixa de desgaste, tendo em vista que é a referência para estabelecer o período de uma operação confiável. O limite de vida econômica situa-se na faixa ascendente de desgaste. Seu ponto exato depende de uma análise econômica que pode ser um simples estudo de custo/benefício, tal como a comparação entre o custo da restauração e o custo da falha, ou um estudo estatístico que leva em conta a aleatoriedade do fenômeno de desgaste.

A **Substituição Preventiva**, quarta na lista de preferências, possui critérios de efetividade semelhantes aos da Restauração, ou seja, a Substituição deve ocorrer antes do período de desgaste, e se a falha afetar a segurança, a tarefa deverá garantir a ausência de falha. Resumindo, repor o equipamento a uma condição idêntica ao estado inicial. Entretanto, para ser efetiva, a Substituição deve ser economicamente justificável em relação à Restauração, se esta for também aplicável tecnicamente.

A **Inspeção Funcional**, quinta na lista, por ser utilizada nas situações em que os modos de falha são ocultos, com possibilidade de evoluir para falhas múltiplas. É recomendada somente nos casos em que as atividades preditivas e preventivas não forem aplicáveis e efetivas.

A garantia da efetividade da Inspeção Funcional reside na escolha do intervalo de inspeção. Segundo a MCC, o critério de escolha dependerá das consequências da falha múltipla, que poderá envolver a segurança ou apenas a operação/economia do processo. Se afetar a segurança, o intervalo deve ser tal que reduza a probabilidade de falha múltipla a um nível aceitável. Se afetar apenas a operação/economia do processo, um estudo de custo/benefício deve avaliar o intervalo que produza o melhor resultado operacional/econômico, considerando a falha múltipla.

Se nenhuma das ações acima for capaz de reduzir efetivamente as consequências das falhas aos níveis aceitáveis, ocorrerá então a falha que será corrigida pela **Manutenção Corretiva**. A MCC considera que restam, ainda, duas opções ao gerente de manutenção:

- Modificar o projeto; ou
- Executar apenas o Reparo Funcional.

As **Modificações de Projeto** representam qualquer medida que introduza novos elementos ou adequações não previstas na concepção original do processo. Muitas providências se enquadram nessa classe, entre elas cita-se:

- Mudança de um procedimento operacional;
- Mudança de um procedimento de manutenção;
- Introdução de restrições operacionais;
- Treinamento das equipes operacionais;

- Revisão de ajustes no processo; e ⌚ Operação abaixo da capacidade.

A efetividade dessas adequações deverá ser comparada com a opção de simplesmente aguardar que a falha ocorra e executar um reparo (RF) após a falha.

O **Reparo Funcional**, sétimo na lista de preferências da MCC, para ser efetivo, deverá ser aceitável em termos de segurança e meio ambiente. Caso contrário, somente a mudança de projeto será admissível.

5.7 – ETAPA 6: SELEÇÃO DAS TAREFAS EFETIVAS

O processo de seleção das tarefas efetivas visa garantir a melhor escolha, aquela que maximizará a economia e a operação do processo, respeitando as restrições de segurança e de meio ambiente. As opções de seleção podem envolver as seguintes alternativas:

- Executar uma das cinco tarefas de manutenção programadas: SO, IP, RP, SP ou IF;
- Executar uma combinação de duas ou mais tarefas de manutenção programadas;
- Aguardar que o modo de falha ocorra; ou
- Executar uma outra ação alternativa (Modificação de Projeto).

O processo é pautado na ordem de preferência estabelecido entre as atividades programadas. Essa ordem dá preferência às atividades obrigatórias (SO), seguidas pelas de menor custo (IP) até as mais dispendiosas (RP, SP e IF).

As tarefas de **Serviço Operacional** são estabelecidas na concepção do processo e, como tal, consideradas obrigatórias, sob pena de se infringir regras de projeto e responsabilidades assumidas, pondo em risco a operação do sistema.

As **Inspeções Preditivas** são consideradas efetivas e de baixo custo. A execução das tarefas não exige o desligamento do sistema, nem uma especialização excessiva, além de não

consumirem materiais de suprimento. Quando aplicáveis e efetivas devem ser as preferidas depois dos SO.

A **Restauração Preventiva** normalmente indisponibiliza o equipamento, além de exigir o consumo de material para recuperação e a aplicação de mão-de-obra especializada, razão pela qual vem após a IP na ordem de preferências da MCC. Sua aplicação está condicionada aos modos de falha com vida útil definida ou resultante do desgaste.

A **Substituição Preventiva** segue-se em prioridade à RP, utilizando os mesmos critérios desta última. Sua aplicação é recomendada nos casos em que a RP não for viável, tendo em vista que implica na substituição completa do item, apresentando custos mais elevados.

Por último, a prioridade mais baixa será atribuída à **Inspeção Funcional**, quando aplicável e efetiva. Por implicar no ensaio completo da função, sua programação interfere diretamente com a operação do sistema, além de utilizar recursos especializados que elevam os custos e os riscos operacionais.

Evidentemente, quando nenhuma dessas atividades for aplicável e efetiva, a preferência será pela **Mudança de Projeto** ou mesmo pelo **Reparo Funcional**, que é aplicável quando não houver ameaça à segurança física e ao meio ambiente.

A lógica de escolha da atividade de manutenção, para cada categoria de consequências dos modos de falha, será função das respostas a um conjunto de questões objetivas, formuladas com a finalidade de testar a aplicabilidade e a efetividade de todas as tarefas.

Assim, para o modo de falha evidente, que afete a segurança ou o meio ambiente, portanto da categoria ESA, as questões a serem respondidas serão aquelas da Figura 5.8.

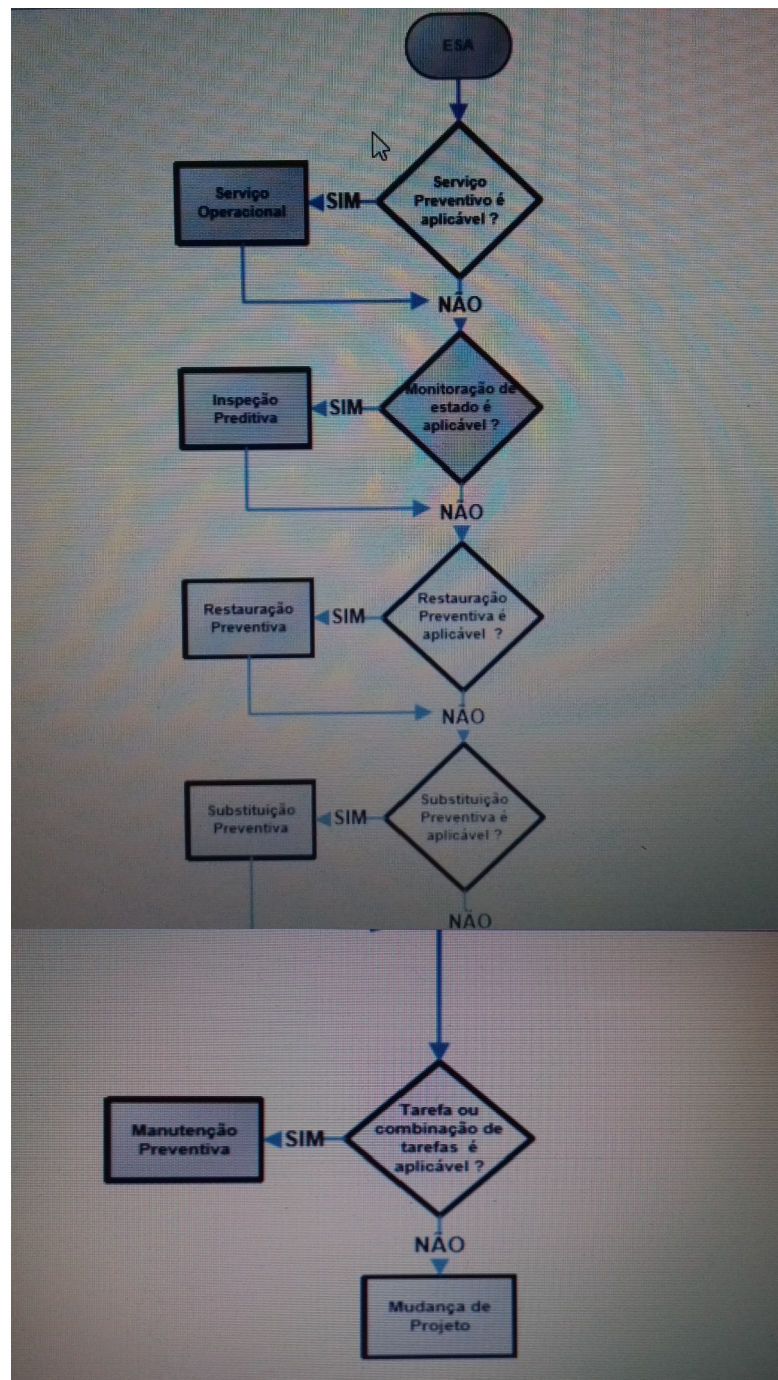


Figura 5.7: Falha Evidente que afeta a Segurança ou Meio Ambiente

Neste fluxograma, como se trata de modo de falha evidente que afeta a segurança ou o meio ambiente, todas as perguntas devem ser respondidas, independente das respostas anteriores. Note que a Inspeção Funcional foi excluída da análise, pois se considera que o modo de falha é evidente ao operador. Após a última questão, o subconjunto das atividades com respostas afirmativas será recomendado para o modo de falha em análise, segundo um critério de economicidade. Se o conjunto for vazio, deve-se realizar uma Mudança de Projeto para garantir a segurança do sistema. Repare que a lógica de seleção exclui a possibilidade de Reparo Funcional, face aos impactos previstos na segurança ou no meio ambiente.

[...]

Nos casos em que o modo de falha não afeta a segurança ou o meio ambiente, mas apenas a operação ou a economia do processo, na categoria OEO, a MCC recomenda testar sequencialmente a aplicabilidade e a efetividade das tarefas de manutenção, inclusive a Inspeção Funcional, já que a falha é oculta. A Figura 5.8 ilustra a lógica de decisão para esse caso.

Por não afetar a segurança e o meio ambiente, com exceção do teste de Serviço Operacional, a primeira questão cuja resposta for positiva excluirá as demais questões, ou seja, apenas uma atividade será suficiente, já que se trata de consequências operacionais e econômicas. Uma combinação de atividades só será examinada caso nenhuma tarefa preventiva tenha sido julgada como aplicável e efetiva isoladamente.

Ao final do processo, a atividade de manutenção relacionada à primeira resposta afirmativa será recomendada para este modo de falha, ou uma combinação delas. Caso contrário, a MCC propõe aguardar que a falha ocorra ou mudar o projeto, dependendo do custo envolvido em cada opção. O Reparo Funcional só é aceitável neste caso por não haver ameaça à segurança e ao meio ambiente.

O conector A na Figura 5.8 do fluxograma do processo, indica que na primeira resposta afirmativa o fluxo é direcionado para a penúltima pergunta que verifica se a tarefa ou uma combinação delas é aplicável, encerrando o processo.

[...]

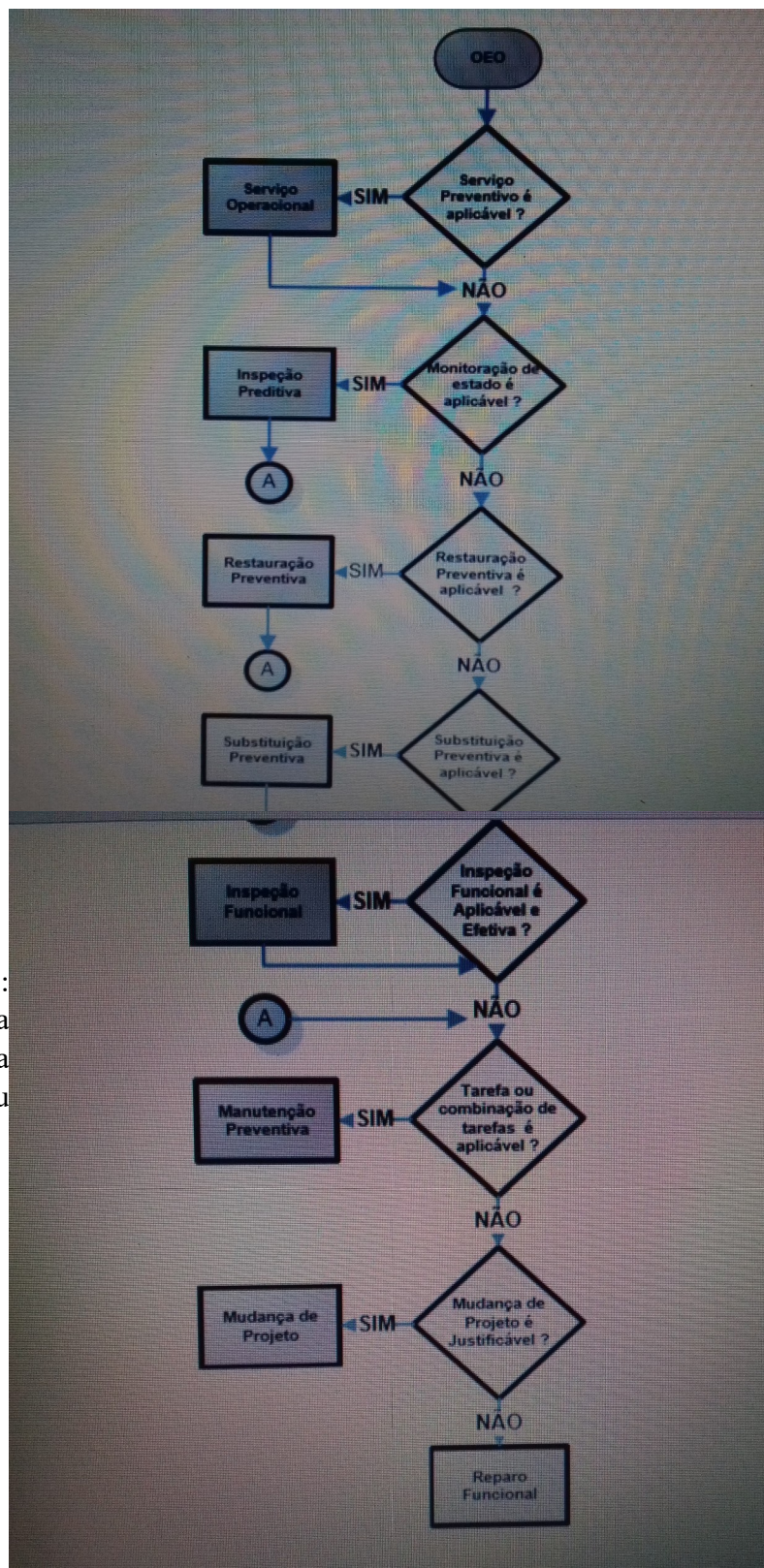


Figura 5.8:
Falha Oculta
que afeta a
Economia ou
Operação.

5.8 – ETAPA 7: DEFINIÇÃO DA PERIODICIDADE DAS ATIVIDADES

Muitos modelos e teorias têm sido propostos para analisar e apoiar o processo decisório de definição da frequência de manutenção. Os modelos mais usuais são:

- Exploração de Idade;
- Diagramas de Influência;
- Árvore de Eventos;
- Teoria dos Jogos;
- Teoria Bayesiana; e
- Processo markovianos;

Um dos métodos utilizados para definição da periodicidade da manutenção é a **Exploração de Idade**, um método empírico de tentativa e erro, utilizado na situação mais comum, especialmente em novos equipamentos, quando é total a ausência de informações sobre o mecanismo de falha. O método consiste em primeiro escolher um determinado intervalo de manutenção por um processo empírico qualquer (pela experiência dos mantenedores, por exemplo). Na primeira manutenção, utilizando esse intervalo, faz-se a análise dos defeitos encontrados e dos níveis de degradação. Se a análise revelar que os defeitos ou níveis de degradação são reduzidos, aumenta-se momentaneamente o intervalo de manutenção do próximo item da população (usualmente 10% ou mais). O processo é repetido com os itens subsequentes, até que em um determinado intervalo constata-se um nível de degradação suficiente para justificar a manutenção. Esse intervalo será adotado como periodicidade recomendada para a população. Esse método é a única alternativa quando os dados estatísticos não estiverem disponíveis.

Os **Diagramas de Influência** ilustram a relação de causalidade entre os diversos eventos envolvidos. Nestes diagramas as decisões são representadas por retângulos, os eventos aleatórios por círculos e os resultados por losangos, dispostos da esquerda para a direita, segundo a sequência temporal dos eventos.

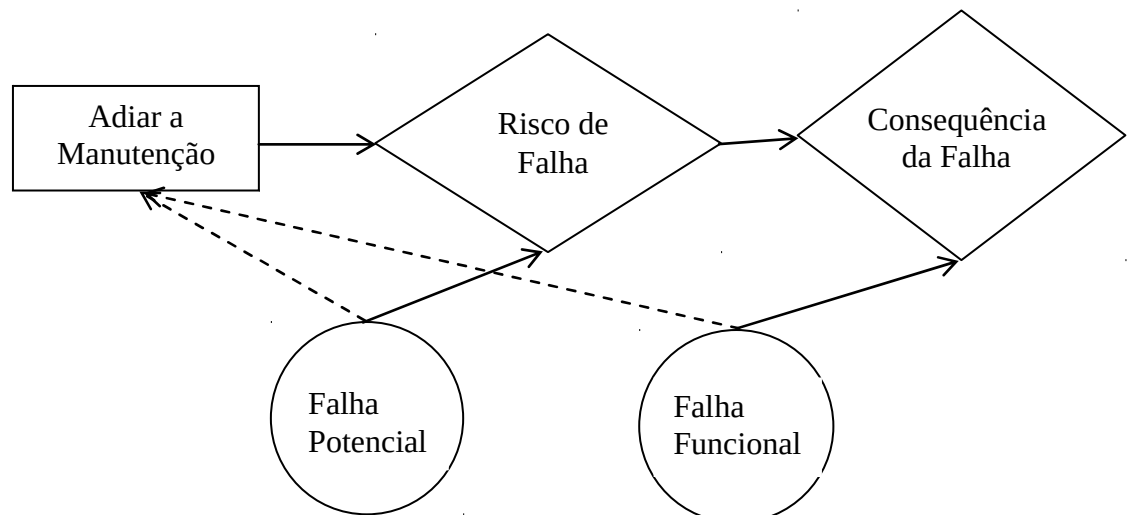


Figura 5.9: Diagrama de Influência

Concluído o processo de análise da MCC, deve-se realizar a integração das atividades recomendadas ao Sistema de Gestão da Manutenção da MB e à rotina das equipes executivas de manutenção e operação.

ANEXO B - QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELO NPA MACAÉ

Este questionário foi elaborado inicialmente com a proposta de que nossa pesquisa versasse sobre Gestão de Ciclo de Vida. Entretanto, durante a fase de coleta de dados, vimos que os resultados seriam eficazes se o foco estivesse sobre o ALI, uma vez que não foi possível coletar informações detalhadas sobre os custos das diversas fases do ciclo de vida da Classe Macaé.

O questionário original, assinado eletronicamente pelo Comandante do NPa Macaé, foi apresentado ao Oficial Orientador, cujo conteúdo segue abaixo.

Marinha do Brasil

Escola de Guerra Naval

Monografia: Gestão de Ciclo de Vida Aplicada à Classe Macaé: Uma Abordagem de Usuário

Final²⁵

Questionário para a Coleta de Dados Logísticos sobre os NPa da Classe Macaé

1. Introdução:

O ciclo de vida (CV) de um sistema de defesa (SD) é composto por seis fases: concepção; desenvolvimento; produção; operação; apoio; e desfazimento. As principais referências sobre Gestão de Ciclo de Vida (GCV) relatam que as três primeiras fases estão relacionadas ao custo de obtenção do meio e correspondem a um percentual entre 25% e 40% do custo total do CV, enquanto a fase de operação e apoio (O&A) representa de 60% a 75% desse custo, subdividida da seguinte forma:

- Manutenção: aproximadamente 25% do custo total do CV; e
- Recursos humanos e suprimento: 35% a 50% do custo total.

Desta forma, podemos concluir que o custo com a manutenção de um NPa-500t durante o CV previsto de 30 anos será da mesma ordem de grandeza do seu custo de aquisição (cerca de R\$ 80.000.000,00). Como o Plano Estratégico da MB (EMA-300) prevê a construção de 10 NPa-500t, devemos ter especial atenção à GCV deste SD, de forma a manter a disponibilidade dos navios em nível próximo ao índice de disponibilidade anual (IDA) e aumentar a eficiência na aplicação dos recursos públicos.

25 Título prévio desta monografia, modificado ao longo do estudo.

Este questionário contribuirá com subsídios para respondermos a seguinte questão: “Como a Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (GCVSD) pode contribuir para aumentar a disponibilidade e a confiabilidade dos NPa da Classe Macaé?”. Para atingir tal propósito, elaboramos um questionário para os principais *stakeholders* envolvidos na fase de O&A.

Ressaltamos que a qualidade das conclusões da pesquisa e das sugestões de aprimoramento será diretamente proporcional à fidelidade dos dados fornecidos. Portanto, solicitamos aos envolvidos que respondam sinceramente os questionamentos abaixo até 30MAI.

2. Questionário aos Comandantes dos NPa Macaé e Macau:

a) Instalação²⁶ Navio.

Durante o período em que servimos a bordo do NPa Macaé, nos recordamos de haver registro de 02 avarias catastróficas²⁷ e 01 avaria crítica, que afetaram a disponibilidade e a confiabilidade²⁸ do navio. Dentre as 02 avarias catastróficas na propulsão, uma ocorreu em 2012 (contaminação de óleo) e a outra de 2015 a 2016 (rompimento de camisa de cilindro do MCP 01), mantendo o Navio na CONDEF IM; e 01 avaria crítica no canhão de 40mm, permanecendo o equipamento inoperante até 2016. Seguem-se os questionamentos:

a.1) Quantos dias de mar (DM) o Navio realizou, quantas avarias catastróficas ocorreram e quantos meses o navio permaneceu na CONDEF IM nos períodos abaixo?

Finalidade da questão: comparar a média anual de DM com o IDA previsto Plano de Apoio Logístico Integrado (PALI - 93DM).

R:

Período	Total de DM	Qtde de avarias catastróficas no Navio	Total de meses na CONDEF IM
DEZ2009 a JAN2011	11	“sem histórico”	“sem histórico”
FEV2011 a JAN2012	19,5	“sem histórico”	“sem histórico”
FEV2012 a JAN2013	80	1	6 *
FEV2013 a	78,5	1	1

26 Definição de acordo com a publicação DGMM-0130, cap. 4, tabela 4.1.

27 Considerar como catastrófica a avaria que manteve o Navio na CONDEF IM, com alto custo de reparo; e crítica a que deixa um sistema vital inoperante.

28 Definição de disponibilidade e confiabilidade de acordo com a publicação DGMM-0130, cap. 2.

JAN2014			
FEV2014 a JAN2015	89	0	0
FEV2015 a JAN2016	35,5	1	11
FEV2016 a JAN2017	77,5	0	0
FEV2017 a JAN2018	59	0	0

Caso não haja histórico referente ao período, favor preencher “sem histórico”.

O NPa Macau deve considerar a primeira linha de NOV2010 (incorporação) a JAN2012 e fazer as demais adaptações.

* Neste período o Navio retornou ao estaleiro INACE para sanar pendências de construção.

a.2) A classe dispõe de SisSMP? Caso afirmativo, o sistema está implementado completamente desde quando? Caso negativo, quais impactos V.Sa. pode observar na disponibilidade e confiabilidade do Navio?

Finalidade da questão: verificar impactos da falta do SisSMP na disponibilidade e confiabilidade dos sistemas de bordo.

R: Parcialmente, pois somente alguns equipamentos de bordo tem as rotinas de manutenção completamente implementadas. Dessa forma, o Navio tem cumprido de forma preventiva as rotinas previstas nos manuais dos fabricantes. Em que pese a utilização dos manuais, a falta do SisSMP dificulta em muito o planejamento das manutenções preventivas e o planejamento dos períodos de manutenção, impactando diretamente no ciclo operativo do meio.

a.3) V.Sa. e a Oficialidade do Navio conhecem o PALI da Classe Macaé? Caso afirmativo, em quais aspectos V.Sa. observa que a MB precisa aprimorar nas funções logísticas recursos humanos, manutenção e suprimento, de forma a cumpri-lo corretamente?

Finalidade da questão: verificar se a MB está fazendo com que os *stakeholders* cumpram o PALI.

R: Sim. Quanto aos recursos humanos, seria interessante aumentar a quantidade de cursos em manutenção para o pessoal de bordo com os respectivos fabricantes. Na questão da manutenção, seria interessante estabelecer a utilização dos motores em reconservação na MTU São Paulo como *Pool*, de forma a permitir a otimização do PMG dos Navios da Classe. Adicionalmente a não conclusão do SisSMP dificulta o planejamento das manutenções

preventivas. Quanto ao suprimento, observa-se que a dificuldade de aquisição de sobressalentes de 1º escalão via SAbM, mesmo quando estão cadastrados, bem como a necessidade de completar a catalogação dos sobressalentes desta Classe de Navio.

a.4) De alguma forma a MB solicita dados estatísticos dos sistemas de bordo, como taxa de falhas, tempo médio entre falhas (MTBF)²⁹, etc.?

Finalidade da questão: verificar se a estrutura de ALI mantém acompanhamento estatístico dos principais sistemas de bordo, de forma que a GCVSD possa identificar e corrigir problemas nas fases que compõem o CV, visando aumentar a disponibilidade e a confiabilidade do navio.

R: Negativo. Não há acompanhamento estatístico pela MB dos sistemas de bordo.

a.5) Desde a transferência ao Setor Operativo, quantos PMG/PDR o Navio realizou?

Finalidade: verificar que o ciclo operativo previsto no anexo A do PALI não está sendo cumprido.

R: O Navio realizará o primeiro PDR de 07 de Junho a 07 de setembro de 2018.

b) Sistema de Propulsão.

Como conhecemos o histórico dos problemas referentes à propulsão ocorridos no NPa Macaé em 2012 e 2015/16, os questionamentos serão referentes ao SMP e à Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).

b.1) Qual o fabricante e modelo dos MCP?

MTU, modelo 16V4000M90

b.2) Houve alguma definição formal no ComOpNav quanto à revisão/utilização dos MCP de *pool* da classe pelos NPa Macaé e Macau? Caso afirmativo, o que foi determinado?

Finalidades da questão: verificar que alguns assuntos que demandam decisão em nível acima dos Distritos Navais (DN) permanecem estagnados; e servir de subsídio para a sugestão de um Gerente de ALI de NPa no ComOpNav.

R: Não houve definição formal pelo ComOpNav quanto a utilização dos MCP de *pool*; os motores de *pool* encontram-se na MTU em reconservação. Será renovado este serviço em

²⁹ Definições de acordo com a DGMM-0130, cap. 2.

2018, através de contratação da MTU pelo AMRJ, via Contrato de Natureza Contínua dessa OMPS.

b.3) O Navio tem conseguido realizar as rotinas de SMP de 1º escalão na propulsão, com os atuais recursos disponíveis? Existe alguma demanda reprimida de manutenção neste sistema?

R: Sim, entretanto a aquisição de sobressalentes muitas vezes não tem sido realizada via o Sistema de Abastecimento, sendo necessário a obtenção desses itens diretamente com a MTU por meio de contratação direta pelo Comando do Grupamento de Patrulha Naval do Sudeste.

b.4) São realizadas rotinas de SMP preditivas no sistema? Caso afirmativo, cite as principais. Qual o percentual relativo de rotinas preditivas, comparado ao total de rotinas programadas no manual?

Finalidade: buscar subsídios para a implementação da MCC na classe.

R: É realizada a análise de óleo lubrificante (OL) e água do sistema de resfriamento por bordo e pelo DepCMRJ (no caso do OL), conforme manual. Entretanto são análises em um nível de 1º escalão, as quais não englobam uma avaliação mais apurada de partículas ou componentes, não podendo ser consideradas como preditivas.

b.5) Quais foram as principais conclusões da análise de vibração realizada na propulsão do NPa Macaé em 2017? (somente para o NPa Macaé).

R: Os MCP 1 e MCP 2 apresentaram níveis normais de vibração. Entretanto as Linhas de eixo e redutoras apresentaram níveis de vibração acima dos limites estabelecidos pelas normas ISO 8579 e ABS Guidance Notes for Ship Vibration, sendo crítica nas rotações acima de 1.700RPM. Durante o PDR2018, será feita a inspeção das linhas de eixo, hélices e a revisão de 8.000 horas das redutoras, de forma a identificar e resolver esse problema.

b.6) As rotinas de SMP previstas nos manuais do sistema já foram incorporadas ao SisSMP?

R: A maioria das rotinas para os MCP já foram incorporadas ao SisSMP.

b.7) Os MCP encontram-se com quantas horas de funcionamento? Está prevista ou já foi realizada alguma revisão com apoio do AMRJ ou da MTU? Caso afirmativo, o apoio foi satisfatório?

R: Como os MCP foram substituídos em 2016, o MCP de BE encontra-se com 2.361 horas e BB encontra-se com 2.355 horas. Não foram necessárias nenhuma revisão ou apoio tanto do AMRJ quanto da MTU.

b.8) Qual a taxa anual de falhas e o MTBF do sistema de propulsão? NPa Macaé considerar somente o sistema após a instalação dos novos MCP. Qual o tempo médio de reparo (MTTR)?

Obs: A expressão de taxa de falha é: $\lambda(t) = C/\Delta t$, onde C é o número de falhas ocorridas no intervalo de tempo Δt .

Cálculo do MTBF = total de horas operando desde 2016/número de falhas ocorridas em todo o intervalo.

R: Após a instalação dos novos MCP, não ocorreu histórico de falhas.

b.9) Os sobressalentes dos MCP já foram catalogados pela DEN, junto ao SabM?

R: A maioria dos sobressalentes foram catalogados.

b.10) Houve algum problema de fornecimento de sobressalentes desde a instalação dos novos MCP? (somente para o NPa Macaé).

R: Principalmente o fornecimento de filtros para manutenção de 1º Escalão pelo Sistema de Abastecimento.

b.11) V.Sa. e sua equipe julgam necessário incluir no SisSMP alguma rotina preditiva que não está prevista em manual do fabricante (Ex: espectometria de óleo lubrificante (OL), análise de vibração, etc.)? Caso afirmativo, quais seriam as rotinas de SMP?

R: A mudança de filosofia de manutenção preventiva para uma manutenção preditiva requereria a criação de um banco de dados com análises sucessivas e rotineiras, de forma a possibilitar estabelecer os parâmetros técnicos e limites para os motores deste Navio. No caso dos MCP, pelo fato de ainda haverem poucos motores desse modelo na Marinha do Brasil, é possível que a amostra para gerar tais dados seja pequena e induza a resultados imprecisos. Dessa forma, julga-se que a manutenção preventiva atual, quando cumprida, atende a demanda, visto a relevância desse sistema para a disponibilidade do meio

c) Sistema de Geração de Energia.

Recordamos que o MCA do grupo diesel gerador (DGE = MCA + gerador) 03 do NPa Macaé havia passado por revisão em 2015 e que, durante SMP preventiva de análise de óleo lubrificante do DGE 01 foi constatada a presença de água, sendo contratada revisão do MCA 01 pela empresa “Motor e Mais”. Naquela ocasião, o AMRJ não disponibilizou o orçamento de revisão dos DGE durante todo o período em que estivemos no comando (JAN2016 a JAN2017).

A placa reguladora de velocidade e a bomba de resfriamento do MCA foram alguns dos maiores problemas que tivemos. Durante uma comissão, enquanto o MCA 01 estava em revisão, houve 01 avaria crítica no sistema de resfriamento do MCA 03. Consequentemente, o Navio permaneceu sem energia por aproximadamente 03 horas, quase deixando em baixa o Sistema de Controle e Monitoramento (SCM). Seguem as questões:

c.1) Qual o fabricante e modelo dos DGE?

MTU – modelo 6R199TA50 – série 199

c.2) Uma vez que a contratação da MTU permanece vinculada ao AMRJ, salvo algumas exceções, aquela OMPS enviou algum orçamento de revisão dos DGE que foi solicitado, dentro do tempo esperado?

R: No PDR 2018 o navio confeccionou um PS para revisão dos MCAs e o AMRJ enviou uma estimativa de preço para a revisão, girando em torno de R\$ 315.000,00 para a revisão dos três MCA

c.3) Os DGE encontram-se com quantas horas de funcionamento? Algum possui demanda reprimida de revisão nos motores ou geradores? Caso negativo, qual a estimativa da próxima revisão de cada DGE?

Finalidade: constatar que, da falta de apoio da estrutura de ALI, decorre a necessidade de contratar empresas extra-MB para as revisões, deixando o gerenciamento de risco a cargo do ComImSup e do Comandante do Navio.

R: Os DGE 1, 2 e 3 encontram-se respectivamente com 6025, 6333 e 4481 horas de funcionamento. O MCA 1 e o 3 foram revisados em 2016 e O MCA 2 encontra-se com a revisão E (4000 horas) vencida. Os geradores não foram revisados.

c.4) Houve alguma contratação de serviço nos DGE via AMRJ? Caso afirmativo, como V.Sa. avalia o serviço e quais as principais dificuldades encontradas? Caso negativo, como o Navio

tem realizado as manutenções preventivas de 2º e 3º escalões? (NPa Macau adaptar a questão para a sua realidade)

R: Negativo. O Navio tem recorrido a empresas terceirizadas para manutenções preventivas de 2º e 3º Escalões.

c.5) Qual a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR de cada DGE?

R: DGE 1 – Taxa de falhas: 3 por ano; MTBF: 319 horas de funcionamento por falha; MTTR: 72 horas.

DGE 2 – Taxa de falhas: 5 por ano; MTBF: 92 horas de funcionamento por falha; MTTR: 72 horas.

DGE 3 – O MCA 03 ficou indisponível durante todo o período de 2016 e 2017 em virtude da aquisição da placa reguladora.

c.6) Por quanto tempo o NPa Macaé aguardou o recebimento da placa reguladora de velocidade do MCA 03, que estava pendente desde 2016? A encomenda foi feita ao SAbM ou diretamente à MTU? Quais foram os impactos da falta deste item na disponibilidade do sistema de geração de energia? (somente para o NPa Macaé).

R: Cerca de um ano para o recebimento da placa reguladora de velocidade. A encomenda foi realizada diretamente com a MTU. O MCA 03 ficou indisponível durante todo este período.

c.7) Os sobressalentes dos DGE estão catalogados no SAbM?

R: A maioria dos sobressalentes foram catalogados

c.8) As rotinas de SMP previstas nos manuais do sistema já foram incorporadas ao SisSMP?

R: A maioria das rotinas ainda precisam ser incorporadas ao SisSMP

c.9) São realizadas rotinas de SMP preditivas no sistema? Caso afirmativo, cite as principais. Qual o percentual relativo de rotinas preditivas, comparado ao total de rotinas programadas no manual?

Finalidade: buscar subsídios para a implementação da MCC na classe.

R: Negativo.

c.10) V.Sa. e sua equipe julgam necessário incluir no SisSMP alguma rotina preditiva que não está prevista em manual do fabricante (Ex: espectometria de OL, análise de vibração, etc.)?

Caso afirmativo, quais seriam as rotinas de SMP?

R: A mudança de filosofia de manutenção preventiva para uma manutenção preditiva requereria a criação de um banco de dados com análises sucessivas e rotineiras, de forma a possibilitar estabelecer os parâmetros técnicos e limites para os motores deste Navio. No caso dos MCA pelo fato de ainda haverem poucos motores desse modelo na Marinha do Brasil, é possível que a amostra para gerar tais dados seja pequena e induza a resultados imprecisos. Dessa forma, julga-se que a manutenção preventiva atual, quando cumprida, atende a demanda, visto a relevância desse sistema para a disponibilidade do meio

d) Sistema de Ar Condicionado.

Durante nosso comando constatamos diversas deficiências de projeto e operação neste sistema de bordo. Só foi possível manter 01 Unidade de Resfriamento de Ar (URA) operando. Ainda assim ela possuía baixa eficiência: por diversas vezes durante o expediente no porto tivemos que trabalhar de uniforme TFM. No mar, tínhamos que navegar com as portas do passadiço abertas, possibilitando a entrada de maresia em componentes do sistema de governo e radares.

Na cobertura das Praças AR o sistema de resfriamento era realizado por “*selfies*” - aparelhos de ar que não foram projetados para operar com água salgada, resultando em alta *rate* de avarias.

Seguem os questionamentos?

d.1) Qual o fabricante e modelo das URA de bordo?

R: Compressor marca Bitzer / modelo R-4P.2Y

d.2) Quantas URA estão disponíveis atualmente para utilização? Caso haja equipamentos indisponíveis, qual o custo estimado de reparo?

R: Atualmente encontra-se disponível para utilização a URA 03. O custo estimado para a revisão geral de uma URA seria cerca de 230.000,00, segundo orçamento do AMRJ.

d.3) Quais seções do Navio não são atendidas com ar refrigerado para manter os equipamentos operando satisfatoriamente e em condições habitáveis para os militares de

bordo? Caso haja seções nesta situação, quais são as soluções alternativas encontradas para manter o navio operando satisfatoriamente?

R: Seções: Passadiço, Enfermaria, Praça d'Armas, Coberta de CB/MN a vante, CCM, Coberta de CB/MN de ré, Rádio, CIC e SECOM. A solução alternativa foi a instalação de aparelhos splits em compartimentos chave para melhorar o resfriamento dos equipamentos eletrônicos e para o conforto da tripulação.

d.4) V.Sa. julga ser necessário modernizar o sistema de ar condicionado? Caso afirmativo, quais seriam as sugestões?

R: Sim. A Modernização das URA, a substituição dos resfriadores das UCA, substituição dos ventiladores das UCA, instalação de um sistema de extração dos banheiros e instalação da ventilação na cozinha (atualmente só possui extração).

d.5) O Navio possui isolamento térmico? Caso afirmativo, em quais compartimentos?

R: Sim, o navio possui isolamento térmico. No entanto, compartimentos que estão abaixo do convés 01, por vezes, não são completamente cobertos pelo isolamento, como ocorre na Praça d'Armas e na câmara

d.6) Qual a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR de cada URA?

R: Taxa de falhas: 12 por ano; MTBF: 720 horas de funcionamento por falha; MTTR: 50 horas.

d.7) Os sobressalentes das URA estão catalogados no SAbM?

R: A maioria não está catalogada.

d.8) As rotinas de SMP previstas nos manuais do sistema já foram incorporadas ao SisSMP?

R: Apenas as manutenções dos componentes elétricos estão incorporados.

d.9) São realizadas rotinas de SMP preditivas no sistema? Caso afirmativo, cite as principais. Qual o percentual relativo de rotinas preditivas, comparado ao total de rotinas programadas no manual?

Finalidade: buscar subsídios para a implementação da MCC na classe.

R: Negativo.

d.10) V.Sa. e sua equipe julgam necessário incluir no SisSMP alguma rotina preditiva que não está prevista em manual do fabricante (Ex: espectometria de OL, análise de vibração, etc.)?

Caso afirmativo, quais seriam as rotinas de SMP?

R: A mudança de filosofia de manutenção preventiva para uma manutenção preditiva requereria a criação de um banco de dados com análises sucessivas e rotineiras, de forma a possibilitar estabelecer os parâmetros técnicos e limites para os motores deste Navio. No caso das URA, pelo fato de ainda haverem poucos motores desse modelo na Marinha do Brasil, é possível que a amostra para gerar tais dados seja pequena e induza a resultados imprecisos. Dessa forma, julga-se que a manutenção preventiva atual, quando cumprida, atende a demanda, visto a relevância desse sistema para a disponibilidade do meio

e) Sistema de Incêndio e Sanitários.

Por operarem no porto e no mar constantemente, as bombas de incêndio e sanitários (BIS) foram os itens que mais causaram transtornos durante o retorno ao mar do NPa Macaé, de JUL2016 a JAN2017. Não nos recordamos de haver uma comissão sequer em que as 03 BIS estivessem disponíveis, sem restrições quanto a vazamentos ou pressão do sistema. Tal fato, s.m.j, está relacionado ao MTBF e MTTR terem sido similares no NPa Macaé, com duração aproximada de 02 semanas, durante nosso comando.

Durante a Operação DRAGÃO de 2016 tivemos que retornar às pressas ao porto sede, devido a avarias nas 02 BIS que estavam disponíveis para a comissão (01 estava em reparo), provavelmente por interseção entre os MTBF. Além disso, houve ocasiões em que o Navio permaneceu restrito a operar nas proximidades do RJ, devido à disponibilidade de apenas 01 BIS. Seguem os questionamentos:

e.1) Qual o fabricante e modelo das BIS de bordo?

R: Fabricante ASVAC, Série BCBF, Modelo BCBF 50-2500 BBA 2.

e.2) Quantas BIS estão disponíveis atualmente para utilização? Caso haja equipamentos indisponíveis, qual o custo e tempo estimado de reparo?

R: Atualmente estão disponíveis 2 BIS para a utilização. O custo é de cerca de 8.000,00 o tempo estimado de reparo de 3 semanas.

e.3) Qual é a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR atualizados das BIS?

R: Taxa anual: 4 falhas por ano; MTBF: 2160 horas; MTTR: 120 horas.

e.4) Em quais componentes estão concentrados os maiores percentuais de avarias das BIS? Tais sobressalentes e serviços de reparo são providos pelo SAbM e pelo AMRJ? Caso negativo, qual a solução encontrada para manter o Navio operando? (NPa Macau responder em relação à BNN).

R: Motor elétrico, selo mecânico, eixo e impelidor. Os mesmos não são providos pelo SAbM e pelo AMRJ, sendo contratadas firmas terceirizadas, através de licitações ou por dispensas de licitação, a solução encontrada para manter o navio operando.

e.5) Como V.Sa. e sua equipe avaliam a qualidade das redes do sistema de incêndio e sanitários? Cite os principais problemas da rede de incêndio.

R: O Navio tem um alto histórico de avarias em redes. Alguns trechos de redes não suportam elevadas pressões devido ao desgaste das redes, ocasionando constantes vazamentos e furos.

e.6) Os sobressalentes das BIS estão catalogados no SAbM?

R: Alguns itens estão cadastrados.

e.7) As rotinas de SMP previstas nos manuais do sistema já foram incorporadas ao SisSMP?

R: Negativo

e.8) Cite outras observações julgadas pertinentes sobre o sistema.

R: A rede de incêndio foi projetada para ser em linha e possui poucos pontos de segregação. Essa baixa flexibilidade da rede de incêndio dificulta a sua manutenção, uma vez que impossibilita realizar reparos em redes com a BIS em funcionamento. Na maioria das avarias, é necessário parar toda a rede para realizar o reparo.

e.9) V.Sa. julga ser necessária alguma modernização no sistema? Caso afirmativo, quais seriam as sugestões?

R: Instalação de válvulas de retenção na descarga das BIS, instalação de válvulas de segregação para os banheiros e na linha principal.

f) Sistema de Armas

Em 2016 os canhões de 40mm dos NPa Macaé e Macau foram substituídos pelos canhões da ex-CvFrontin. Havia um histórico de diversos problemas com o canhão AOS, como corrosão excessiva, indisponibilidade do equipamento e, principalmente, questões envolvendo a segurança dos navios.

Os navios também possuem a alça optrônica ATENA, de fabricação nacional, com previsão de ser integrada ao canhão. Seguem as questões:

f.1) Quais são os fabricantes e modelos dos canhões de 40mm antigo e atual?

R: O modelo antigo é um Canhão de 40mm AOS da empresa STK. O modelo Atual é o SAK 40/L70 C3 da empresa BOFORS

f.2) Por quanto tempo o canhão de 40mm AOS permaneceu indisponível para emprego. Qual foi a principal causa da indisponibilidade?

R: O canhão apresentou avarias no sistema da chave seletora de disparo e nos limites de segurança de conreira e elevação (Firing Blocked), cabos de conexão dos ventiladores, placa de setagem de fogo e mecanismo do gatilho. O canhão passou o maior tempo em manutenção dada a frequência de avarias ocorridas.

f.3) Qual é a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR atualizados do novo canhão de 40mm, das metralhadoras de 20mm e da alça ATENA?

R: Canhão – taxa de falhas: 1 por ano; MTBF: 4,7 horas; MTTR: 3 meses.

Metralhadora - taxa de falhas: 0,8 por ano; MTBF: 0,4 horas; MTTR: 240 horas.

Alça optrônica – taxa de falhas: 1 por ano; MTBF: 1 ano; MTTR: 1 ano.

f.4) Em quais componentes estão concentrados os maiores percentuais de avarias do canhão, das metralhadoras de 20mm e da alça ATENA? Tais sobressalentes e serviços de reparo são providos satisfatoriamente pelo SAbM, CMS e CTecFN?

R: O canhão apresentou apenas uma avaria posterior ao recebimento em um dos seus relés. O CMS não possuía este relé para reposição. Os sobressalentes para essa e outras manutenções foram obtidos em um dos canhões da Ex CV Inhaúma. Para a metralhadora, todas as peças necessárias para as manutenções são fornecidas pelo CMS. Para a manutenção da alça ATENA, o CMS contratou a empresa ARES (fabricante) para execução do serviço.

f.5) Os sobressalentes do atual canhão de 40mm, das metralhadoras de 20mm e da alça estão catalogados no SAbM?

R: No SAbM possui os sobressalentes do canhão e da metralhadora. Não possui os sobressalentes da alça.

f.6) As rotinas de SMP do armamento de bordo já foram incorporadas ao SisSMP?

R: Sim.

f.7) Cite outras observações julgadas pertinentes sobre o sistema de armas.

R: O navio não possui um sistema que integre a alça optrônica ao novo canhão. Para a aplicação do navio, essa integração seria importante para melhor utilização do canhão, pois possibilita o emprego deste armamento com o pessoal abrigado na blindagem do passadiço.

f.8) V.Sa. julga ser necessária alguma modernização no sistema? Caso afirmativo, quais seriam as sugestões?

R: Realizar a integração entre o novo canhão e alça.

f.9) Como estão o processo de integração da alça ATENA com o canhão de 40mm e o processo de instalação do SICONTA e sua integração com o sistema de armas?

R: Não há previsão para a instalação do SICONTA e para a integração do novo canhão com a alça.

g) Estrutura do Casco

g.1) Quando foi realizada a última docagem do Navio?

R: 2012, durante o retorno do Navio ao INACE para conclusão de pendências de construção.

g.2) Qual a situação atual das obras-vivas (OV)? Em caso de incrustação nas OV, quantos nós a menos o navio desenvolve em relação ao desempenho previsto?

R: As obras vivas possuem incrustações, acarretando em perda de cerca de 1 nó em relação ao desempenho previsto.

g.3) Os anodos de sacrifício do NPa Macaé já foram substituídos? V.Sa. consegue verificar se houve eficácia em tal solução? (somente para o NPa Macaé)

R: Sim. A maior parte dos anodos de sacrificio foram trocados por mergulhadores. A avaliação será realizada no PDR 2018

g.4) Quanto à docagem do NPa Macau, realizada em 2016 na Base Naval de Aratu, como estava o esquema de pintura das OV do Navio? Algum trecho das OV estava abaixo dos parâmetros por ocasião da sondagem de casco? Foi necessário substituir/inserir chapeamento? (somente para o NPa Macau).

R:XXXX

g.5) Cite outras observações julgadas pertinentes sobre a estrutura do casco.

R: Os anodos de sacrificio são parafusados, permitindo a troca, caso necessário, sem a necessidade de docagem.

h) Equipamentos de Comunicações

h.1) O quadro de amarração está operando satisfatoriamente? Caso negativo, qual o problema?

R: Negativo. O Navio dispõe de 2 consoles de controle e supervisão de todo o sistema integrado de controle de comunicações (ICCS-5). Atualmente os 2 encontram-se inoperantes, no CMS, aguardando indicação de recurso para o reparo desses consoles.

h.2) Qual a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR do quadro de amarração e dos equipamentos de comunicações?

R: 3 falhas por ano; MTBF: 4 meses; MTTR: 5 meses.

h.3) Seu navio consegue transmitir e receber mensagens satisfatoriamente quando está navegando? Caso negativo, quais são os motivos?

R: Parcialmente. A qualidade de transmissão e recepção no mar é afetada pelo funcionamento dos acopladores das antenas de HF, linhas de transmissão e isolamento das antenas. Tais itens precisam de manutenções corretivas que serão efetuadas durante o PDR 2018. A falta do quadro de amarração (ICCS-5) dificulta, mas não impede a transcepção de mensagens.

Outra dificuldade é a baixa de isolamento da antena do Gateway, demandando o Navio improvisar uma antena cordoalha para permitir a comunicação por voz.

h.4) Os equipamentos de comunicações estão disponíveis e operando satisfatoriamente? Caso negativo, cite os problemas.

R: Parcialmente. Um dos transceptores HF (BARRET 2050) precisa de reparo no PTT; um dos transceptores VHF (BM7X) encontra-se no CMS para reparo, necessitando de importação de sobressalente.

h.5) O apoio de base previsto para os reparos está sendo realizado satisfatoriamente?

R: A principal barreira encontrada reside do tempo de reparo pela OMPS.

h.6) Os sobressalentes são fornecidos em tempo considerado satisfatório? Caso negativo, cite os problemas.

R: O Navio não recebeu, em nenhum momento, sobressalentes para os equipamentos de comunicação.

FELIPE MATIAS NUNES
Capitão de Corveta
Comandante

ANEXO C - QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELO NPA MACAU

O questionário original, assinado eletronicamente pelo Comandante do NPa Macau, foi apresentado ao Oficial Orientador, cujo conteúdo segue abaixo.

Marinha do Brasil

Escola de Guerra Naval

Monografia: Gestão de Ciclo de Vida Aplicada à Classe Macaé: Uma Abordagem de Usuário
Final

Questionário para a Coleta de Dados Logísticos sobre os NPa da Classe Macaé

1. Introdução:

O ciclo de vida (CV) de um sistema de defesa (SD) é composto por seis fases: concepção; desenvolvimento; produção; operação; apoio; e desfazimento. As principais referências sobre Gestão de Ciclo de Vida (GCV) relatam que as três primeiras fases estão relacionadas ao custo de obtenção do meio e correspondem a um percentual entre 25% e 40% do custo total do CV, enquanto a fase de operação e apoio (O&A) representa de 60% a 75% desse custo, subdividida da seguinte forma:

- Manutenção: aproximadamente 25% do custo total do CV; e
- Recursos humanos e suprimento: 35% a 50% do custo total.

Desta forma, podemos concluir que o custo com a manutenção de um NPa-500t durante o CV previsto de 30 anos será da mesma ordem de grandeza do seu custo de aquisição (cerca de R\$ 80.000.000,00). Como o Plano Estratégico da MB (EMA-300) prevê a construção de 10 NPa-500t, devemos ter especial atenção à GCV deste SD, de forma a manter a disponibilidade dos navios em nível próximo ao índice de disponibilidade anual (IDA) e aumentar a eficiência na aplicação dos recursos públicos.

Este questionário contribuirá com subsídios para respondermos a seguinte questão: “Como a Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (GCVSD) pode contribuir para aumentar a disponibilidade e a confiabilidade dos NPa da Classe Macaé?”. Para atingir tal propósito, elaboramos um questionário para os principais *stakeholders* envolvidos na fase de O&A.

Ressaltamos que a qualidade das conclusões da pesquisa e das sugestões de aprimoramento será diretamente proporcional à fidelidade dos dados fornecidos. Portanto,

solicitamos aos envolvidos que respondam sinceramente os questionamentos abaixo até 30MAI.

2. Questionário aos Comandantes dos NPa Macaé e Macau:

a) Instalação³⁰ Navio.

Durante o período em que servimos a bordo do NPa Macaé, nos recordamos de haver registro de 02 avarias catastróficas³¹ e 01 avaria crítica, que afetaram a disponibilidade e a confiabilidade³² do navio. Dentre as 02 avarias catastróficas na propulsão, uma ocorreu em 2012 (contaminação de óleo) e a outra de 2015 a 2016 (rompimento de camisa de cilindro do MCP 01), mantendo o Navio na CONDEF IM; e 01 avaria crítica no canhão de 40mm, permanecendo o equipamento inoperante até 2016. Seguem-se os questionamentos:

a.1) Quantos dias de mar (DM) o Navio realizou, quantas avarias catastróficas ocorreram e quantos meses o navio permaneceu na CONDEF IM nos períodos abaixo?

Finalidade da questão: comparar a média anual de DM com o IDA previsto Plano de Apoio Logístico Integrado (PALI - 93DM).

R:

Período	Total de DM	Qtde de avarias catastróficas no Navio	Total de meses na CONDEF IM
NOV2010 a JAN2012	2,0	0	0
FEV2012 a JAN2013	17,0	0	0
FEV2013 a JAN2014	70,5	0	0
FEV2014 a JAN2015	103,0	1	5 Dias
FEV2015 a JAN2016	74,5	0	0
FEV2016 a JAN2017	73,0	1	34 Dias
FEV2017 a JAN2018	76,5	1	1 Dia

Caso não haja histórico referente ao período, favor preencher “sem histórico”.

³⁰ Definição de acordo com a publicação DGMM-0130, cap. 4, tabela 4.1.

³¹ Considerar como catastrófica a avaria que manteve o Navio na CONDEF IM, com alto custo de reparo; e crítica a que deixa um sistema vital inoperante.

³² Definição de disponibilidade e confiabilidade de acordo com a publicação DGMM-0130, cap. 2.

O NPa Macau deve considerar a primeira linha de NOV2010 (incorporação) a JAN2012 e fazer as demais adaptações.

a.2) A classe dispõe de SisSMP? Caso afirmativo, o sistema está implementado completamente desde quando? Caso negativo, quais impactos V.Sa. pode observar na disponibilidade e confiabilidade do Navio?

Finalidade da questão: verificar impactos da falta do SisSMP na disponibilidade e confiabilidade dos sistemas de bordo.

R: Não. Somente alguns equipamentos de bordo estão completamente implementados no Sistema. Com a ausência de SisSMP, aumenta-se a dificuldade na realização das manutenções, fazendo com que a confiabilidade do meio diminua consideravelmente. Também, eleva-se o tempo de reparo do equipamento e a demora na reposição do material, podendo deixar o equipamento inoperante por um longo período, diminuindo assim a disponibilidade do meio.

a.3) V.Sa. e a Oficialidade do Navio conhecem o PALI da Classe Macaé? Caso afirmativo, em quais aspectos V.Sa. observa que a MB precisa aprimorar nas funções logísticas recursos humanos, manutenção e suprimento, de forma a cumpri-lo corretamente?

Finalidade da questão: verificar se a MB está fazendo com que os *stakeholders* cumpram o PALI.

R: Sim. Quanto aos recursos humanos, deve-se aumentar a quantidade de cursos correlacionados com a manutenção dos equipamentos, realizando contato diretamente com o fabricante, tornando os militares de bordo multiplicadores do conhecimento no Navio.

Quanto à manutenção, é necessário que se tenha uma maior disponibilidade de sobressalentes para os equipamentos, de forma a se obter uma manutenção simples e rápida, mantendo o meio disponível o maior tempo possível. Além disso, é de suma importância a existência de itens “pool” para que sejam recompletadas as dotações de bordo, bem como a realização de rodízio dos materiais.

Quanto ao suprimento, observa-se que alguns sobressalentes não são dotados no SAbM na quantidade desejada, dificultando o atendimento das demandas decorrentes das atividades de manutenção executadas nos distintos escalões.

a.4) De alguma forma a MB solicita dados estatísticos dos sistemas de bordo, como taxa de falhas, tempo médio entre falhas (MTBF)³³, etc.?

Finalidade da questão: verificar se a estrutura de ALI mantém acompanhamento estatístico dos principais sistemas de bordo, de forma que a GCVSD possa identificar e corrigir problemas nas fases que compõem o CV, visando aumentar a disponibilidade e a confiabilidade do navio.

R: Não. A MB não realiza consulta de dados estatísticos dos sistemas de bordo.

a.5) Desde a transferência ao Setor Operativo, quantos PMG/PDR o Navio realizou?

Finalidade: verificar que o ciclo operativo previsto no anexo A do PALI não está sendo cumprido.

R: Navio realizou 1 PDE, na BNA, em Salvador – BA, de 24AGO a 05OUT2016.

b) Sistema de Propulsão.

Como conhecemos o histórico dos problemas referentes à propulsão ocorridos no NPa Macaé em 2012 e 2015/16, os questionamentos serão referentes ao SMP e à Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).

b.1) Qual o fabricante e modelo dos MCP?

R: Fabricante: MTU; e

Modelo: 16V4000M90.

b.2) Houve alguma definição formal no ComOpNav quanto à revisão/utilização dos MCP de *pool* da classe pelos NPa Macaé e Macau? Caso afirmativo, o que foi determinado?

Finalidades da questão: verificar que alguns assuntos que demandam decisão em nível acima dos Distritos Navais (DN) permanecem estagnados; e servir de subsídio para a sugestão de um Gerente de ALI de NPa no ComOpNav.

R: Não há nenhuma formalização sobre o assunto.

b.3) O Navio tem conseguido realizar as rotinas de SMP de 1º escalão na propulsão, com os atuais recursos disponíveis? Existe alguma demanda reprimida de manutenção neste sistema?

³³ Definições de acordo com a DGMM-0130, cap. 2.

R: Sim. O Navio realiza com muito esforço as principais rotinas de SMP de 1º escalão, de forma a manter o meio operando o maior tempo possível, muitas das vezes utilizando recursos oriundos de Caixa de Economias.

Os MCP's encontram-se com a revisão parcial (QL3) vencida, juntamente com a revisão das engrenagens redutoras.

b.4) São realizadas rotinas de SMP preditivas no sistema? Caso afirmativo, cite as principais. Qual o percentual relativo de rotinas preditivas, comparado ao total de rotinas programadas no manual?

Finalidade: buscar subsídios para a implementação da MCC na classe.

R: Sim. Operação do motor, troca de filtros (ar, combustível e óleo lubrificante), verificação de vazamentos e troca de óleo. São cumpridas 100% das rotinas preditivas previstas.

b.5) Quais foram as principais conclusões da análise de vibração realizada na propulsão do NPa Macaé em 2017? (somente para o NPa Macaé).

R: XXXXXXXX

b.6) As rotinas de SMP previstas nos manuais do sistema já foram incorporadas ao SisSMP?

R: Sim.

b.7) Os MCP encontram-se com quantas horas de funcionamento? Está prevista ou já foi realizada alguma revisão com apoio do AMRJ ou da MTU? Caso afirmativo, o apoio foi satisfatório?

R: MCP#BB – 7.035 horas de funcionamento; e

MCP#BE – 7.037 horas de funcionamento.

Não houve nenhuma revisão realizada nos MCP's até o momento, sendo que a Revisão Parcial (QL3) deveria ter sido realizada com 4.500 horas de funcionamento. Há um PMA previsto para o ano de 2018, contemplando a referida revisão, sem previsão de recebimento de recursos financeiros para sua realização.

b.8) Qual a taxa anual de falhas e o MTBF do sistema de propulsão? NPa Macaé considerar somente o sistema após a instalação dos novos MCP. Qual o tempo médio de reparo (MTTR)?

Obs: A expressão de taxa de falha é: $\lambda(t) = C/\Delta t$, onde C é o número de falhas ocorridas no intervalo de tempo Δt .

Cálculo do MTBF = total de horas operando desde 2016/número de falhas ocorridas em todo o intervalo.

R: MCP#BB – Taxa de falha: 1,28 falhas por ano; MTBF: 781 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 116,19 minutos.

MCP#BE - Taxa de falha: 1,14 falhas por ano; MTBF: 879 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 116,19 minutos.

b.9) Os sobressalentes dos MCP já foram catalogados pela DEN, junto ao SabM?

R: Sim.

b.10) Houve algum problema de fornecimento de sobressalentes desde a instalação dos novos MCP? (somente para o NPa Macaé).

R: XXXXX.

b.11) V.Sa. e sua equipe julgam necessário incluir no SisSMP alguma rotina preditiva que não está prevista em manual do fabricante (Ex: espectometria de óleo lubrificante (OL), análise de vibração, etc.)? Caso afirmativo, quais seriam as rotinas de SMP?

R: Não. Com a realização correta das rotinas preditivas previstas no manual do fabricante, os MCP's mantêm um bom funcionamento por um longo período, haja vista as 2.500 horas de funcionamento vencidas dos MCP's, onde os mesmos continuam operando sem avarias catastróficas.

c) Sistema de Geração de Energia.

Recordamos que o MCA do grupo diesel gerador (DGE = MCA + gerador) 03 do NPa Macaé havia passado por revisão em 2015 e que, durante SMP preventiva de análise de óleo lubrificante do DGE 01 foi constatada a presença de água, sendo contratada revisão do MCA 01 pela empresa “Motor e Mais”. Naquela ocasião, o AMRJ não disponibilizou o orçamento de revisão dos DGE durante todo o período em que estivemos no comando (JAN2016 a JAN2017).

A placa reguladora de velocidade e a bomba de resfriamento do MCA foram alguns dos maiores problemas que tivemos. Durante uma comissão, enquanto o MCA 01 estava em

revisão, houve 01 avaria crítica no sistema de resfriamento do MCA 03. Consequentemente, o Navio permaneceu sem energia por aproximadamente 03 horas, quase deixando em baixa o Sistema de Controle e Monitoramento (SCM). Seguem as questões:

c.1) Qual o fabricante e modelo dos DGE?

R: Fabricante: MTU; e
Modelo: GR199TB50.

c.2) Uma vez que a contratação da MTU permanece vinculada ao AMRJ, salvo algumas exceções, aquela OMPS enviou algum orçamento de revisão dos DGE que foi solicitado, dentro do tempo esperado?

R: Sim. Está previsto a realização de um PMA no segundo semestre de 2018, onde foi realizado um orçamento para as revisões dos DGE's, junto ao AMRJ.

c.3) Os DGE encontram-se com quantas horas de funcionamento? Algum possui demanda reprimida de revisão nos motores ou geradores? Caso negativo, qual a estimativa da próxima revisão de cada DGE?

Finalidade: constatar que, da falta de apoio da estrutura de ALI, decorre a necessidade de contratar empresas extra-MB para as revisões, deixando o gerenciamento de risco a cargo do ComImSup e do Comandante do Navio.

R: DGE#1 – 6.160 horas de funcionamento;
DGE#2 – 6.103 horas de funcionamento; e
DGE#3 - 6.173 horas de funcionamento.

Sim. Os três DGE-s encontram-se com suas revisões parciais (rotina “E” de manutenção – 4.000 horas) vencidas.

c.4) Houve alguma contratação de serviço nos DGE via AMRJ? Caso afirmativo, como V.Sa. avalia o serviço e quais as principais dificuldades encontradas? Caso negativo, como o Navio tem realizado as manutenções preventivas de 2º e 3º escalões? (NPa Macau adaptar a questão para a sua realidade)

R: Não houve nenhuma contratação de serviço junto a OMPS. O Navio realizou, até o momento, apenas manutenções de 1º escalão.

c.5) Qual a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR de cada DGE?

R: DGE#1 – Taxa de falhas: 1,57 por ano; MTBF: 560 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 54 minutos.

DGE#2 - Taxa de falhas: 1,28 por ano; MTBF: 678 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 54 minutos.

DGE#3 – Taxa de falhas: 0,74 por ano; MTBF: 1234 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 54 minutos.

c.6) Por quanto tempo o NPa Macaé aguardou o recebimento da placa reguladora de velocidade do MCA 03, que estava pendente desde 2016? A encomenda foi feita ao SAbM ou diretamente à MTU? Quais foram os impactos da falta deste item na disponibilidade do sistema de geração de energia? (somente para o NPa Macaé).

R: XXXXX.

c.7) Os sobressalentes dos DGE estão catalogados no SAbM?

R: Parcialmente. Cerca de 85% dos sobressalentes estão catalogados. O Navio efetua gestões permanentemente junto à DEN, a fim de que os sobressalentes restantes sejam catalogados por aquela DE.

c.8) As rotinas de SMP previstas nos manuais do sistema já foram incorporadas ao SisSMP?

R: Parcialmente. Cerca de 80% das rotinas previstas nos manuais já foram incorporadas ao SisSMP. O Navio efetua gestões permanentemente junto à DEN, a fim de que as rotinas restantes sejam incorporadas por aquela DE.

c.9) São realizadas rotinas de SMP preditivas no sistema? Caso afirmativo, cite as principais. Qual o percentual relativo de rotinas preditivas, comparado ao total de rotinas programadas no manual?

Finalidade: buscar subsídios para a implementação da MCC na classe.

R: Sim. Troca de filtros, troca de óleo, verificação de vazamentos e verificação de conexões e válvulas. São cumpridas 100% das rotinas preditivas previstas.

c.10) V.Sa. e sua equipe julgam necessário incluir no SisSMP alguma rotina preditiva que não está prevista em manual do fabricante (Ex: espectometria de OL, análise de vibração, etc.)? Caso afirmativo, quais seriam as rotinas de SMP?

R: Não. Com a realização correta das rotinas preditivas previstas no manual do fabricante, os DGE's mantém um bom funcionamento por um longo período, haja vista as 2.100 horas de funcionamento vencidas, onde os mesmos continuam operando sem avarias catastróficas.

d) Sistema de Ar Condicionado.

Durante nosso comando constatamos diversas deficiências de projeto e operação neste sistema de bordo. Só foi possível manter 01 Unidade de Resfriamento de Ar (URA) operando. Ainda assim ela possuía baixa eficiência: por diversas vezes durante o expediente no porto tivemos que trabalhar de uniforme TFM. No mar, tínhamos que navegar com as portas do passadiço abertas, possibilitando a entrada de maresia em componentes do sistema de governo e radares.

Na cobertura das Praças AR o sistema de resfriamento era realizado por “*selfies*” - aparelhos de ar que não foram projetados para operar com água salgada, resultando em alta *rate* de avarias.

Seguem os questionamentos:

d.1) Qual o fabricante e modelo das URA de bordo?

R: Fabricante: BITZER; e

Modelo: 2R6H.

d.2) Quantas URA estão disponíveis atualmente para utilização? Caso haja equipamentos indisponíveis, qual o custo estimado de reparo?

R: As 3 URA's de bordo encontram-se disponíveis, sem restrições.

d.3) Quais seções do Navio não são atendidas com ar refrigerado para manter os equipamentos operando satisfatoriamente e em condições habitáveis para os militares de bordo? Caso haja seções nesta situação, quais são as soluções alternativas encontradas para manter o navio operando satisfatoriamente?

R: CCM (Cento de Controle de Máquinas) e Coberta de Cabos e Marinheiros a Ré.

O CCM possui uma unidade de *selfie* container, o qual supre de maneira reprimida a demanda necessária dos equipamentos vitais do compartimento.

A Coberta de Cabos e Marinheiros a ré possui ar condicionado split de 24.000btus, o qual supre de maneira satisfatória a demanda do compartimento.

d.4) V.Sa. julga ser necessário modernizar o sistema de ar condicionado? Caso afirmativo, quais seriam as sugestões?

R: Sim, visto que a planta de ar condicionado não contempla a Seção de Ré do Navio (CCM e Coberta de Cabos e Marinheiros a Ré). Sendo assim, é necessária a expansão da planta, de forma que todos os compartimentos habitáveis de bordo tenham saída de ar condicionado.

d.5) O Navio possui isolamento térmico? Caso afirmativo, em quais compartimentos?

R: Sim. Existe isolamento térmico em todas as áreas habitáveis. Porém, no compartimento do GOR e na Máquina do Leme não há isolamento térmico.

d.6) Qual a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR de cada URA?

R: URA#1 - Taxa de falhas: 0,142 por ano; MTBF: 21.025 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 49 minutos.

URA#2 - Taxa de falhas: 1,428 por ano; MTBF: 1.846 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 49 minutos.

URA#3 - Taxa de falhas: 0,714 por ano; MTBF: 2.534 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 49 minutos.

d.7) Os sobressalentes das URA estão catalogados no SAbM?

R: Parcialmente. Cerca de 80% dos sobressalentes estão catalogados. O Navio efetua gestões permanentemente junto à DEN, a fim de que os sobressalentes restantes sejam catalogados por aquela DE.

d.8) As rotinas de SMP previstas nos manuais do sistema já foram incorporadas ao SisSMP?

R: Parcialmente. Cerca de 80% das rotinas foram incorporadas ao SisSMP. O Navio efetua gestões permanentemente junto à DEN, a fim de que as rotinas restantes sejam incorporadas por aquela DE.

d.9) São realizadas rotinas de SMP preditivas no sistema? Caso afirmativo, cite as principais. Qual o percentual relativo de rotinas preditivas, comparado ao total de rotinas programadas no manual?

Finalidade: buscar subsídios para a implementação da MCC na classe.

R: Sim. Troca de correias, troca de filtros, verificação de vazamento e troca de óleo. São cumpridas 100% das rotinas preditivas previstas.

d.10) V.Sa. e sua equipe julgam necessário incluir no SisSMP alguma rotina preditiva que não está prevista em manual do fabricante (Ex: espectrometria de OL, análise de vibração, etc.)? Caso afirmativo, quais seriam as rotinas de SMP?

R: Não. As rotinas preditivas previstas no manual do fabricante mantém o equipamento com boa confiabilidade de funcionamento.

e) Sistema de Incêndio e Sanitários.

Por operarem no porto e no mar constantemente, as bombas de incêndio e sanitários (BIS) foram os itens que mais causaram transtornos durante o retorno ao mar do NP_a Macaé, de JUL2016 a JAN2017. Não nos recordamos de haver uma comissão sequer em que as 03 BIS estivessem disponíveis, sem restrições quanto a vazamentos ou pressão do sistema. Tal fato, s.m.j, está relacionado ao MTBF e MTTR terem sido similares no NP_a Macaé, com duração aproximada de 02 semanas, durante nosso comando.

Durante a Operação DRAGÃO de 2016 tivemos que retornar às pressas ao porto sede, devido a avarias nas 02 BIS que estavam disponíveis para a comissão (01 estava em reparo), provavelmente por interseção entre os MTBF. Além disso, houve ocasiões em que o Navio permaneceu restrito a operar nas proximidades do RJ, devido à disponibilidade de apenas 01 BIS. Seguem os questionamentos:

e.1) Qual o fabricante e modelo das BIS de bordo?

R: Fabricante: ASVAC; e

Modelo: BCBF 50-2500BBA2.

e.2) Quantas BIS estão disponíveis atualmente para utilização? Caso haja equipamentos indisponíveis, qual o custo e tempo estimado de reparo?

R: 03 BIS operando normalmente, sem restrições.

e.3) Qual é a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR atualizados das BIS?

R: BIS#1 - Taxa de falhas: 0,428 por ano; MTBF: 4.216 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 157,4 horas.

BIS#2 - Taxa de falhas: 0,857 por ano; MTBF: 3.063 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 157,4 horas.

BIS#3 - Taxa de falhas: 0,714 por ano; MTBF: 4.200 Horas de funcionamento por falha; MTTR: 157,4 horas.

e.4) Em quais componentes estão concentrados os maiores percentuais de avarias das BIS? Tais sobressalentes e serviços de reparo são providos pelo SAbM e pelo AMRJ? Caso negativo, qual a solução encontrada para manter o Navio operando? (NPa Macau responder em relação à BNN).

R: Selo mecânico e impelidor. Parcialmente. Aquisição de sobressalentes e serviço de fundição para a confecção do impelidor, no comércio local.

e.5) Como V.Sa. e sua equipe avaliam a qualidade das redes do sistema de incêndio e sanitários? Cite os principais problemas da rede de incêndio.

R: A qualidade das redes é satisfatória. O principal problema das redes de incêndio e sanitários é a falta de segregação, dificultando a manutenção e o isolamento de alguns trechos da rede para a realização de reparos.

e.6) Os sobressalentes das BIS estão catalogados no SAbM?

R: Parcialmente. Cerca de 70% dos sobressalentes das BIS estão catalogados. O navio efetua gestões permanentemente junto à DEN, a fim de que os sobressalentes restantes sejam catalogados por aquela DE.

e.7) As rotinas de SMP previstas nos manuais do sistema já foram incorporadas ao SisSMP?

R: Sim.

e.8) Cite outras observações julgadas pertinentes sobre o sistema.

R: Foi necessário realizar a fixação de anodos de sacrifício nas caixas de mar, no sentido de diminuir a deterioração das redes.

e.9) V.Sa. julga ser necessária alguma modernização no sistema? Caso afirmativo, quais seriam as sugestões?

R: Sim. Realizar a segregação das redes, facilitando a manutenção e o isolamento de alguns trechos da rede para a realização de reparos.

f) Sistema de Armas

Em 2016 os canhões de 40mm dos NPa Macaé e Macau foram substituídos pelos canhões da ex-CvFrontin. Havia um histórico de diversos problemas com o canhão AOS, como corrosão excessiva, indisponibilidade do equipamento e, principalmente, questões envolvendo a segurança dos navios.

Os navios também possuem a alça optrônica ATENA, de fabricação nacional, com previsão de ser integrada ao canhão. Seguem as questões:

f.1) Quais são os fabricantes e modelos dos canhões de 40mm antigo e atual?

R: ANTIGO: Reparo Singelo 40mmH70 NADM 330 – STK.

ATUAL: BOFORS 40mmH70 SAK 520 C3 – BOFORS.

f.2) Por quanto tempo o canhão de 40mm AOS permaneceu indisponível para emprego. Qual foi a principal causa da indisponibilidade?

R: O canhão permaneceu indisponível de 24 outubro de 2014 à 14 de outubro de 2016. Causa: O referido canhão perdeu o controle e disparou acidentalmente, dentro do limite de fogo, atingindo o próprio Navio, na borda falsa.

f.3) Qual é a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR atualizados do novo canhão de 40mm, das metralhadoras de 20mm e da alça ATENA?

R: CANHÃO DE 40mm: Taxa de falhas: 0; MTBF: Não se aplica; MTTR: Não se aplica.

METRALHADORA DE 20mm: Taxa de falhas: 0; MTBF: Não se aplica; MTTR: Não se aplica.

ALÇA ATENA: Taxa de falhas: 7 por ano; MTBF: 14 horas e vinte minutos de funcionamento; MTTR: 90 minutos.

f.4) Em quais componentes estão concentrados os maiores percentuais de avarias do canhão, das metralhadoras de 20mm e da alça ATENA? Tais sobressalentes e serviços de reparo são providos satisfatoriamente pelo SAbM, CMS e CTecFN?

R: Canhão: Não houve;

Metralhadora 20mm: Não houve; e

Alça ATENA: Fonte de Alimentação.

Não. Vários pedidos de sobressalentes encontram-se em dívida e, recentemente, alguns itens foram pesquisados no Sistema, com seus respectivos NEB, e não encontravam-se disponíveis.

f.5) Os sobressalentes do atual canhão de 40mm, das metralhadoras de 20mm e da alça estão catalogados no SAbM?

R: Cerca de 90% dos itens sobressalentes do canhão e metralhadora e cerca de apenas 30% dos itens da Alça encontram-se catalogados no SAbM.

f.6) As rotinas de SMP do armamento de bordo já foram incorporadas ao SisSMP?

R: Sim.

f.7) Cite outras observações julgadas pertinentes sobre o sistema de armas.

R: A BNN e o NPa Macau não possuem espaço adequado e nem mão de obra qualificada para a manutenção da alça optrônica.

f.8) V.Sa. julga ser necessária alguma modernização no sistema? Caso afirmativo, quais seriam as sugestões?

R: Integração do canhão 40mm com a Alça ATENA.

f.9) Como estão o processo de integração da alça ATENA com o canhão de 40mm e o processo de instalação do SICONTA e sua integração com o sistema de armas?

R: Encontram-se estagnados.

g) Estrutura do Casco

g.1) Quando foi realizada a última docagem do Navio?

R: De 24 agosto de 2016 a 05 de outubro de 2016, na BNA.

g.2) Qual a situação atual das obras-vivas (OV)? Em caso de incrustação nas OV, quantos nós a menos o navio desenvolve em relação ao desempenho previsto?

R: Encontram-se em bom estado. Durante a docagem, realizada em 2016 na Base Naval de Aratu, foi realizada sondagem das obras-vivas. Foram observadas chapas de diferentes espessuras nas mesmas áreas de atuação. Além disso, foram observadas algumas imperfeições

nas chapas, que foram preenchidas com solda, entretanto não houve necessidade de substituição de nenhuma chapa.

g.3) Os anodos de sacrifício do NPa Macaé já foram substituídos? V.Sa. consegue verificar se houve eficácia em tal solução? (somente para o NPa Macaé)

R: XXX

g.4) Quanto à docagem do NPa Macau, realizada em 2016 na Base Naval de Aratu, como estava o esquema de pintura das OV do Navio? Algum trecho das OV estava abaixo dos parâmetros por ocasião da sondagem de casco? Foi necessário substituir/inserir chapeamento? (somente para o NPa Macau).

R: Durante a docagem realizada em 2016, o Navio apresentava corrosão superficial e descolamento intenso, que foi verificado após a lavagem para limpeza de incrustações. Foi também verificado que o substrato encontrava-se com carepa de laminação. As OV também apresentaram alguns danos mecânicos que confundiam-se com os demais descolamentos, sendo mais claro na linha d'água. Foi constatado ainda que a rugosidade das chapas estavam variando de 0 a 20 micrometros, portanto as mesmas não apresentavam o perfil ideal para a ancoragem das tintas previstas no esquema de pintura, sendo necessária a utilização de abrasivos para abrir o perfil de ancoragem da sua superfície. Foi realizado, na ocasião, Jateamento Abrasivo Úmido com grau de preparação SA 2 ½.

Os parâmetros não estavam abaixo da média (de 8,0 mm). Não foi necessário substituir/inserir chapeamento.

g.5) Cite outras observações julgadas pertinentes sobre a estrutura do casco.

R: XXX.

h) Equipamentos de Comunicações

h.1) O quadro de amarração está operando satisfatoriamente? Caso negativo, qual o problema?

R: O quadro de amarração funciona satisfatoriamente, tendo apenas a limitação quanto aos Modens KAM XL, os quais não são disponíveis para amarração.

h.2) Qual a taxa anual de falhas, o MTBF e o MTTR do quadro de amarração e dos equipamentos de comunicações?

R: Quadro de amarração; Taxa de falhas: 0; MTBF: Não se aplica; MTR: Não se aplica.

Equipamentos de comunicação: Não pode ser calculado, pois os equipamentos não possuem horímetro.

h.3) Seu navio consegue transmitir e receber mensagens satisfatoriamente quando está navegando? Caso negativo, quais são os motivos?

R: Sim.

h.4) Os equipamentos de comunicações estão disponíveis e operando satisfatoriamente? Caso negativo, cite os problemas.

R: Parcialmente. O transceptor VHF PAE M7 apresenta indicações de falha na PSU MODULE, tornando-o inoperante para transmissão, e o receptor HF RONDE&SCHWARZ apresenta recepção deficiente e indicação de falha nas tensões da placa-mãe do equipamento.

h.5) O apoio de base previsto para os reparos está sendo realizado satisfatoriamente?

R: Não. A BNN necessitou enviar os equipamentos citados acima para o CMS, em função de incapacidade de reparo. Além disso, os Pedidos de Serviço sofrem sucessivos aditamentos, o que dificulta a indicação de recursos. Os mesmos encontram-se no CMS desde o ano de 2015 para reparo.

h.6) Os sobressalentes são fornecidos em tempo considerado satisfatório? Caso negativo, cite os problemas.

R: O Navio não recebeu, em nenhum momento, sobressalentes para os equipamentos de comunicação.

HÉLIO CANCIAN NETO
Capitão de Corveta
Comandante do Navio-Patrolha
"MACAU"

ANEXO D - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES AOS QUESTIONÁRIOS

Durante a análise das informações contidas nos questionários preenchidos pelos Comandantes, Anexos B e C, foi necessário solicitarmos aos Comandantes, por e-mail, algumas informações complementares aos navios. Os e-mails recebidos foram apresentados ao Oficial Orientador. Abaixo seguem as informações compiladas, que foram utilizadas no capítulo 03.

a) Respostas do NPa Macaé

Conforme combinado, seguem as respostas das perguntas solicitadas:

2- Propulsão: poderia explicar detalhadamente o problema com os filtros? Quanto tempo para o fornecimento desde o pedido, etc?

R: Os filtros estão catalogados e o navio realiza o pedido pelo sistema gerando as RMC, porém alguns filtros se encontram em falta como é o caso do filtro centrífugo e os outros filtros acabam demorando a chegar. O tempo médio de recebimento dos filtros é de 6 meses.

3- Geração de energia: preciso que detalhe mais a necessidade de realizar serviços terceirizados, para formalizar.

Quanto às falhas, seria possível discriminar os componentes principais que APS falha e os respectivos percentuais relativos? Para não gerar uma mega faxina vc poderia utilizar um espaço amostral de 2015 a 2018, por exemplo. Preciso dos itens para poder tentar a análise crítica das falhas;

R:

São necessários serviços de revisão da bomba injetora, teste de bico injetor, fabricação de anodos e revisão do motor.

Segue abaixo os itens mais críticos dos MCA e o percentual relativo de avarias de cada um desses itens:

Impelidor da bomba de água salgada - 53%

Tubos de alta pressão de óleo diesel (aranha) - 28%

Rede de resfriamento (vazamento) - 14%

Trocador de calor (desgaste da tampa)- 3%

Outros - 2%

4- Sistemas de ar condicionado e incêndio: pode detalhar os itens mais críticos da URA e o percentual relativo dos itens da URA e BIS? Mesma OBS quanto ao espaço amostral do item acima.

R:

URA - segue abaixo os itens mais críticos das URA e o percentual relativo de avarias de cada um desses itens:

Condensador - 22%

Bomba de água salgada - 2%

Bomba de água doce - 11%

Rede de alta pressão - 34%
 Rede de baixa pressão - 28%
 Outros - 3%

BIS - segue abaixo os itens mais críticos das BIS e o percentual relativo de avarias de cada um desses itens:

Eixo da bomba - 23%
 Impelidor - 19%
 Selo mecânico - 22%
 Quadro elétrico - 30%
 Motor elétrico - 2%
 Outros - 4%

Mais uma vez me desculpe pela demora e conte comigo e com o seu Navio para o que precisar camarada.

Forte abraço,

Felipe MATIAS NUNES

Capitão de Corveta

Comandante

Navio-Patrulha Macaé

Tel.: Externo (21) 2178-6712 / Celular: (21) 99376-8117

E-mail: matias.nunes@marinha.mil.br

b) Respostas do NP a Macau

b.1) Junho de 2018

1 - Campo dias de mar (DM): você poderia descrever quais foram as AVR catastróficas e se todo o período IM está relacionado a elas?

R: Todo o período IM está relacionado sim às AVR catastróficas:

FEV 2014 a JAN 2015 - Furo no resfriador de óleo da Engrenagem Redutora de BB.

FEV 2016 a JAN 2017 - Avaria no sistema de partida do MCP de BB.

FEV 2017 a JAN 2018 - Vazamento do líquido de arrefecimento pela conexão do coletor de descarga do MCP de BB.

2 - Propulsão e Geração de Energia:

- Quanto ao atraso da revisão QL3/revisão E, o motivo é a falta de recursos, a burocracia para contratação ou os sobressalentes?

R: O motivo é a falta de recursos. Existe um PMA previsto para AGO/2018, contemplando as revisões de MCP/MCA/Geradores/Engrenagem Redutora, porém o mesmo deve ser novamente postergado por falta de recursos. O Projeto de Abastecimento de sobressalentes para as revisões do MCP e MCA já se encontram inseridos no Sistema.

- Seria possível descrever os componentes relacionados às principais falhas ocorridas, bem como INF o percentual relativo destes itens em relação ao total de AVR de cada sistema?

R: Bomba de água salgada, Bomba de água doce e tubulação de combustível.

MCA#01 - 84%

MCA#02 - 77%

MCA#03 - 81%

3 - URA:

- Seria possível descrever os componentes relacionados às principais falhas ocorridas, bem como INF o percentual relativo em relação ao total de AVR deste sistema?

R: Expansora e Oring's da bomba de óleo.

URA#01 - 92%

URA#02 - 88%

URA#03 - 90%

4 - BIS:

- Seria possível INF os percentuais relativos ao selo mecânico e impelidor no total de AVR?

R: BEI#01 - 95%

BEI#02 - 83%

BEI#03 - 80%

b.2) Julho de 2018:

- Apesar do Navio estar bastante confiável, a revisão dos Motores e Geradores se faz extremamente necessária.

- Quanto às Engrenagens Redutoras, existe sim a revisão de 8.000h, geral. Porém, antes disso, está prevista uma revisão parcial, que se dá entre 4.000h e 6.000h. É feita a bordo, sem desacoplar os pinhões do conjunto de engrenagens (lamelas). Além de verificar a medida dos dentes das engrenagens (medindo o desgaste), verifica o funcionamento dos acessórios e substitui alguns componentes (juntas, orings e acessórios que estiverem fora dos padrões).

- O REF MCP encontrava-se com 4.620 horas de funcionamento na ocasião (avaria), ou seja, já com a revisão QL3 vencida.

Forte abraço e estarei sempre à disposição.

HÉLIO Cancian Neto

Capitão de Corveta

Comandante

Navio-Patrulha Macau

Tel: (84) 3216-3530 / (84) 98802-8574

E-mail: helio.cancian@marinha.mil.br

"Marinha do Brasil, protegendo as nossas riquezas, cuidando da nossa gente"

APÊNDICE E - QUESTÕES DE PESQUISA COMPLEMENTARES

Devido ao período alocado para a pesquisa e ao limite de páginas textuais, estabelecidos nas instruções da EGN, elaboramos este Anexo para que as informações coletadas dos NPa Macaé e Macau, nos Anexos B a D, não se perca no tempo.

As questões abaixo são baseadas nas respostas dos navios e estão concentradas nos sistemas de ar-condicionado; incêndio e sanitários; sistema de armas; estrutura do casco; e equipamentos de comunicações. Estas questões contribuem para o atingimento do 2º propósito da pesquisa, que é propor soluções ou sugestões de pesquisas futuras, visando aumentar a média anual de DM da Classe Macaé, complementando as sugestões já apresentadas na seção 05, conclusão da pesquisa.

1 Sistema de Ar-Condicionado

a) Por que as URA da marca Bitzer, instaladas no NPa Macaé, apresentam baixa disponibilidade e alta TF, quando comparadas às instaladas no NPa Macau? Seria adequado, exequível e aceitável substituí-las pelo modelo do NPa Macau, por meio de MODTEC?

b) Por que diversos compartimentos não são atendidos pelo sistema de ar-condicionado de bordo? Tal problema foi solucionado a partir da construção do NPa Maracanã?

c) Considerando que os *selfies* instalados nas cobertas possuem resfriamento por água salgada e são projetados para água doce, seria exequível e aceitável uma MODTEC?

c) O isolamento térmico previsto no projeto dos NPa foi projetado e instalado corretamente?

d) Por que a URA do NPa Macaé apresenta baixo rendimento? O que pode ser feito para melhorá-lo?

2 Sistema de Incêndio e Sanitários

a) Por que a TF anual das BIS do NPa Macaé é aproximadamente 04 vezes maior que as do NPa Macau, uma vez que são do mesmo modelo?

b) É possível reduzir as avarias no motor elétrico, selo mecânico e impelidor das bombas? Caso afirmativo, quais seriam as possíveis soluções?

c) O problema do desgaste da rede de incêndio do NPa Macaé pode ser mitigado por meio da instalação de anodos na caixa de mar, como fez o NPa Macau?

d) A segregação da rede de incêndio pode ser melhorada, de forma a possibilitar reparos, mantendo a rede pressurizada?

3 Sistema de Armas

a) Como a MB vai resolver o problema do canhão de 40mm, apresentado neste estudo, nos demais NPa?

b) Por que a alça Atena do NPa Macau apresenta TF 07 vezes maior que a do NPa Macaé? É possível a DSAM estudar os problemas relacionados à fonte de alimentação?

c) A integração entre o canhão de 40mm e a alça Atena está com andamento satisfatório?

4 Estrutura do Casco

a) As chapas do casco dos navios têm passado por controle de qualidade antes da soldagem, durante a construção?

b) A substituição dos anodos por mergulhadores no NPa Macaé foi eficaz?

c) As chapas e o esquema de pintura têm atendido os perfis de rugosidade e os padrões estabelecidos na ENGENALMARINST-60-01D (BRASIL, 2007a)?

5 Equipamentos de Comunicações

a) Por que os consoles ICCS-5 do NPa Macaé permanecem inoperantes?

b) O MTTR de 05 meses dos equipamentos de comunicações pode ser considerado excessivo?

c) Quais medidas devem ser implementadas para reduzir o tempo de reparo dos equipamentos de comunicações pelo CMS?