

AVALIAÇÃO DA CRITICIDADE DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS DE ABASTECIMENTO*

MIGUEL AUGUSTO RODRIGUES
Capitão-de-Corveta (IM)

SUMÁRIO

Introdução

Pressupostos teóricos

- Os princípios básicos da Logística
- Determinação corrente de necessidades
- Níveis de estoque
- Indicadores
- Demanda projetada
- Conjunto de itens prioritários
- Grupo de itens selecionados
- Fator de serviço
- Giro de estoque
- O abastecimento de sobressalentes

Conceitos relativos à criticidade

- ACEMF
- AEMF
- Classificação AA, BB, CC
- Confiabilidade
- Criticabilidade

CONTINUA

* N.R.: Monografia apresentada à Escola de Administração e Intendência do Centro de Instrução Almirante Wandenkolk (CIAW) como requisito parcial para conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Administração-Logística de Material.

Orientadores: Prof. Flávio Santos Tojal de Araújo – Capitão-de-Mar-e-Guerra (IM-RM1) José Carlos de Lima

- Curva da banheira
- Estrutura analítica do produto
- Ferramentas não-otimizantes
- Ferramentas otimizantes
- Manutenibilidade
- Nível de atendimento
- Nível de criticidade
- Solução ótima
- Taxa de falha
- Tempo médio para falhar
- Variáveis estocásticas
- Criticidade em outras organizações
 - Caso do planejamento de defesa de avarias
 - Nível I – Classificação e priorização
 - Nível II – Análise do efeito e modo de falha (AEMF)
 - Nível III – Criação de tarefas de defesa
 - Equipamento que não seja crítico
 - Nível IV – Implementação
 - Caso do sistema radar
 - Fase I
 - Fase II
- Criticidade no SPADA
- Conclusão

INTRODUÇÃO

A proposta da nova ferramenta do sistema de previsão e acompanhamento da demanda (SPADA) está datada de junho de 2002 e a previsão do protótipo para teste estava previsto para maio de 2003, porém ainda não existe uma solução definitiva para a avaliação da criticidade. O desenvolvimento dessa ferramenta está sendo feito pelo Departamento de Sistemas da Diretoria de Abastecimento da Marinha (DAbM), com supervisão técnica e definição de requisitos do Departamento de Programação e Controle da mesma diretoria.

Devido à dificuldade de avaliação pelos navios e à falta de orientações específicas das diretorias especializadas, a avaliação da criticidade dos sobressalentes ficou prejudicada; porém, em nova tentativa para o ano de 2004, o departamento acima repassou orientação aos navios para, quando propusessem nova inclusão no sistema, utilizassem nova categoria de conceitos para o fator criticidade.

Nessa análise tentaremos apontar algumas imperfeições e suas consequências, não com o espírito de crítica, mas sim de tentar construir um modelo mais eficiente para a previsão da demanda de sobressalentes na nossa Marinha.

PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Os conceitos aqui apresentados têm a pretensão de estabelecer um esclarecimento a todos que tomarem conhecimento deste artigo.

Os princípios básicos da Logística

No planejamento e na execução das atividades logísticas, devemos seguir alguns princípios básicos. De acordo com a norma EMA 400, estes princípios são os mais relevantes ao trabalho:

Continuidade – é o encadeamento ininterrupto de ações, assegurando uma sequência lógica para as fases do trabalho.

Controle – é o acompanhamento da execução das atividades decorrentes do pla-

SIMBOLOGIA CITADA NO TRABALHO

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

ABC	-	Classificação dos itens
ACEMF	-	Análise de criticabilidade e efeito e modo de falha
AE	-	Amaciamento exponencial
CAM	-	Centro de Armas da Marinha
AEMF	-	Análise do efeito e modo de falhas
CE	-	Criticidade do equipamento
CCIM	-	Centro de Controle do Inventário da Marinha
CI	-	Criticidade do item
CIP	-	Conjunto de itens prioritários
DAbM	-	Diretoria de Abastecimento da Marinha
DCN	-	Determinação corrente de necessidade
DD	-	Demanda determinística
DE	-	Diretoria especializada
FD	-	Frequência de demanda
FR	-	Fonte de recursos
FS	-	Fator de serviço
GEM	-	Grau de essencialidade do material
GIS	-	Grupo de itens selecionados
IPM	-	Índice de prioridade de manutenção
MM	-	Média móvel
PA	-	Prioridade de abastecimento
PD	-	Popularidade de demanda
PDA	-	Planejamento de defesa de avarias
PFSE	-	Priorização de confiabilidade de sistemas e equipamentos (sigla é portuguesa)
PM	-	Popularidade da Marinha
PMG	-	Período de manutenção geral
POSE	-	Programa de sobressalentes
OM	-	Organização militar
OMC	-	Organização militar consumidora
RD	-	Regularidade de demanda
RL	-	Regressão linear
SAbM	-	Sistema de abastecimento da Marinha
SINGRA	-	Sistema de informações gerenciais de abastecimento
SPADA	-	Sistema de previsão e acompanhamento da demanda
TMEF	-	Tempo médio entre falhas
TMPF	-	Tempo médio para falhas
TMPR	-	Tempo médio para reparar

nejamento, no sentido de permitir correções e realimentações, a fim de atingir o propósito estabelecido, com o sucesso desejado.

Coordenação – é a conjugação de esforços, de modo harmônico, de elementos distintos e mesmo heterogêneos, com missões diversas, para a consumação de um mesmo fim.

Interdependência – é a dependência recíproca que o planejamento logístico mantém com o planejamento operacional nos níveis estratégico e tático.

Objetividade – é a identificação clara das ações que devem ser realizadas e a determinação precisa dos meios necessários à sua concretização.

Simplicidade – é o uso da linha de ação mais simples e adequada ao desenvolvimento das atividades logísticas, de modo a ser compreendida e executada com facilidade.

Unidade de comando – é a existência de autoridade e programa únicos para um conjunto de operações com a mesma finalidade. Uma eficiente unidade de comando requer uma cadeia de comando bem definida, com precisa e nítida divisão de responsabilidades, um sistema de comunicações adequado e uma doutrina logística bem compreendida, aceita e praticada pelos comandantes em todos os níveis.

Determinação corrente de necessidades

É a atividade que fixa as reais necessidades de material em determinado momento. Tem seu cálculo baseado na integração e racionalização das necessidades estimadas pelos setores técnicos, corrigidas através da utilização de índices apurados por ocasião do acompanhamento da demanda real de cada item. De seu desempenho resultam os níveis de estoque, que possuem um caráter altamente dinâmico. (SGM201, 2001)

Níveis de estoque

São as quantidades-limite preestabelecidas de material que devem existir em estoque nos órgãos de distribuição, para atender à demanda e às dotações das organizações consumidoras (OMC) por eles apoiadas. Tais quantidades são calculadas em decorrência da determinação técnica de necessidades, executada pelos órgãos técnicos, e da DCN, efetuada pelos órgãos de controle, ajustadas em função de fatores condicionantes, como essencialidade, popularidade, custo, tempo de obtenção etc. Os níveis de estoque são instrumentos básicos no controle de inventário, razão pela qual deverão ser, periodicamente, reajustados, em função da demanda real.

Os níveis de estoque dos órgãos de distribuição são de três tipos: segurança, ressurgimento e máximo.

Vale um maior detalhamento dos níveis de estoque:

Nível de segurança

É a quantidade mínima do material considerado necessário a ser mantida em estoque nos órgão de distribuição. Tem seu cálculo efetuado, dentre outros fatores, em função da essencialidade militar do material, das flutuações excepcionais da demanda e dos tempos a serem gastos para o reabastecimento dos estoques. Representa o limite aquém do qual não deverá baixar o estoque de cada item de material.

Nível de ressurgimento

É a quantidade estimada do material considerado necessário a ser mantida em estoque nos órgão de distribuição, para atender à demanda das organizações consumidoras, no período de tempo compreendido entre dois reabastecimentos de estoque consecutivos.

Nível máximo

É a quantidade máxima do material a ser mantida em estoque nos órgãos de distribuição.

Indicadores

Os indicadores deverão ser apresentados de forma a permitir o contínuo monitoramento dos órgãos do Sistema de Abastecimento da Marinha (SAbM), bem como do perfil de determinado item de suprimento ou organização militar consumidora.

Então, como fundamental para este estudo, temos que o Grau de Essenciabilidade do Material (GEM) é calculado para cada item de suprimento constante do banco de dados SINGRA. São cerca de 600.000 itens que constam desse banco de dados.

São sete os parâmetros para atribuição de notas visando permitir a hierarquização do GEM:

- frequência da demanda (FD); popularidade da demanda (PD); popularidade da Marinha (PM); regularidade da demanda (RD); criticidade do item (CI); demanda determinística (DD) e prioridade de abastecimento (PA).

A cada ano o Centro de Controle de Inventário da Marinha (CCIM) avaliará o sistema de pontuação dos parâmetros, buscando obter a composição parâmetro/nota que proporcione a hierarquização ótima do GEM.

Demanda projetada

A demanda projetada para material sobressalente deverá ser calculada com base nos registros das requisições de material para consumo e para projeto, de acordo com três modelos de previsão de demanda utilizando os n últimos períodos de observação, sendo que n pode ser 3, 5 ou 8: média móvel (MM), amaciamento exponencial (AE) e regressão linear (RL).

Conjunto de itens prioritários

O conjunto de itens prioritários (CIP) é constituído em função do universo de itens considerados durante o período de observação e classificados por ordem decrescente do GEM; o CCIM estabelecerá até que valor deste último deverão ser canalizadas as disponibilidades financeiras direcionadas para a aquisição de sobressalentes.

Os sobressalentes não enquadrados no CIP não terão calculados seus níveis de estoque.

Grupo de itens selecionados

O conceito do grupo de itens selecionados (GIS) foi estabelecido com o propósito de atender ao plano de prontidão permanente do SAbM e é constituído pelos itens componentes do CIP acrescidos dos itens não CIP que apresentem o parâmetro "Criticidade do Item (CI)" igual ou superior a 5.

Fator de serviço

O fator de serviço (FS) representa a probabilidade de que a demanda seja satisfeita imediatamente pelos estoques disponíveis no SAbM.

Giro de estoque

Indica o tempo necessário para que o estoque de um determinado item se esgote nos órgãos de distribuição.

O abastecimento de sobressalentes

O abastecimento de sobressalentes no SAbM dá-se através da utilização da fonte de recursos FR-181 nas aquisições para manutenção preventiva e corretiva fora dos períodos de manutenção planejada; nestes períodos serão custeados por verbas específicas.

Os sobressalentes são armazenados e distribuídos pelos depósitos primários e regionais e são adquiridos pelo Centro de Obtenção da Marinha no Rio de Janeiro. A especificação e quantificação do que vai ser adquirido são estabelecidos pelo CCIM. Todos esses passos são desenvolvidos no ambiente do SINGRA.

CONCEITOS RELATIVOS À CRITICIDADE

Esses conceitos a seguir foram retirados do livro de Petrônio Garcia Martins e da dissertação de mestrado pertencente a Vicente Luz. A intenção é dar uma pequena base aos leigos no assunto e unificar alguns conceitos a fim de evitar entendimentos dúbios.

ACEMF – Análise de Criticabilidade e Efeito e Modo de Falha

Por transformação da AEMF, se criticabilidades e prioridades forem atribuídas aos efeitos do modo de falha.

A ACEMF pode ser usada como um instrumento para determinação dos requisitos de manutenção. Este tipo de análise é a base para a determinação da frequência de manutenção e pode ser usada para determinação de aspectos de manutenibilidade qualitativa a serem incorporados ao projeto.

AEMF – Análise do Efeito e Modo de Falha

É uma ferramenta para avaliar o projeto, em estágio inicial, sob o ponto de vista da confiabilidade, sendo um passo importante para um programa de garantia de confiabilidade e manutenibilidade. Ela auxilia a identificar as necessidades e os efeitos das mudanças no projeto, o que a coloca como ferramenta imprescindível nas fases de for-

mulação conceitual e de desenvolvimento experimental.

Classificação AA, BB, CC

Ordenação decorrente da análise cruzada da criticidade dos itens de estoque e de sua situação de acordo com o critério ABC. Nesta classificação é criada uma matriz de dupla entrada, na qual de um lado estão os itens classificados quanto ao volume vezes o custo e, de outro lado, os itens classificados quanto à sua criticidade.

Confiabilidade

É a probabilidade de que um sistema desempenhe a função que lhe foi destinada, durante uma missão determinada ou intervalo de tempo específico, sob certas condições para o qual foi concebido. É normalmente expressa com base em parâmetros (tempo, distância, número de tiros dados, número de ciclos etc.) médios para falhas ou entre falhas (TMEF e outros análogos).

A função confiabilidade ou função sobrevivência que expressa a probabilidade de sobrevivência em um tempo t , em inglês significa *reliability*, e pode ser representada pela fórmula:

$$R(t) = ns(t)/no,$$
 onde "no" é o número de itens idênticos submetidos a um teste após um tempo "t" e "ns(t)" o número dos que sobreviveram.

Criticabilidade

Considerada em um item, significa o grau com que a realização satisfatória da missão depende do item. Uma missão pode ser dividida em tarefas e em fases. Alguns modos de falhas de um item afetarão adversamente algumas tarefas da missão, mas não necessariamente todas elas.

Curva da banheira ou Curva da taxa de falha

É típica especialmente quando representa a falha no comportamento de itens de natureza eletrônica. Itens de natureza mecânica podem ou não seguir tal tipo de padrão de falha, que apresenta o perfil de uma banheira seccionada longitudinalmente.

O período inicial, com taxa de falha decrescente, caracteriza-se pela ocorrência de falhas normalmente atribuídas a defeitos de projeto ou de fabricação.

No período de falha constante (aproximadamente), as causas de falhas são atribuídas a fatores ocasionais, relacionados a condições ambientais não previsíveis ocorridas durante o tempo de operação do item.

O período de taxa de falha crescente é denominado período de desgaste, sendo associado a gradual esgotamento do item ou a uma acumulação de choques, fadiga, deterioração etc.

Estrutura analítica do produto

Mostra a composição detalhada de um produto final em relação a todos os componentes materiais que o constituem. Também chamada de árvore ou explosão do produto.

Ferramentas não-otimizantes

Instrumentos da pesquisa operacional que conduzem a uma solução melhor do que a atual (simulação) – a solução melhor-do-que-a-atual pode não ser a solução ótima, pois esta é derivada de variáveis determinísticas, enquanto a simulação é construída a partir de variáveis estocásticas (que seguem distribuições estatísticas), portanto mais próximas da realidade.

Ferramentas otimizantes

Instrumentos da pesquisa operacional que conduzem a uma solução chamada óti-

ma, isto é, a melhor possível dentro da riqueza de informações contidas no modelo desenvolvido.

Manutenibilidade

Probabilidade de que um sistema será mantido operado satisfatoriamente ou será restaurado às condições de especificação, dentro de certo período de tempo, desde que as ações de manutenção se realizem de acordo com procedimentos e recursos previstos. Seu valor é obtido a partir do tempo-médio-para-reparar (TMPR).

Nível de atendimento

Indicador de quão eficaz foi o estoque para atender às solicitações dos usuários – quanto mais requisições forem atendidas, nas quantidades e especificações solicitadas, maior será o nível de atendimento; nível de serviço.

Nível de criticidade

Avaliação dos itens do estoque quanto ao impacto que sua falta causará na operação da empresa, na imagem da empresa perante os clientes, na facilidade de substituição por um outro item e na velocidade de obsolescência.

Solução ótima

A melhor solução possível dentro da riqueza de informações contidas no modelo desenvolvido pela pesquisa operacional.

Taxa de falha

Probabilidade de um componente falhar no intervalo $[t, t + dt]$, dado que o mesmo componente estava operando no instante t . Também denominada taxa de risco, taxa

de falha instantânea, taxa de falha condicional, entre outras denominações. Pode ser representada pela fórmula:

$$\lambda(t) = -dR(t)/(R(t).dt),$$

onde "dR(t)" é a derivada da função confiabilidade (R(t)), e demonstra a predição acerca somente do próximo instante.

Tempo Médio para Falhar (TMPF)

É o tempo esperado durante o qual o item desempenhará normalmente sua função.

Caso o item (sistema) sob consideração seja renovado por intermédio de manutenções ou reparos, o período médio entre essas intervenções é chamado de tempo-médio-entre-falhas (TMEF), o qual possui termos análogos, como: quilômetros-médios-entre-falhas, tiros-médios-entre-falhas, ciclos-médios-entre-falhas, etc.

Para grandes e complexos sistemas reparáveis, nos quais muitos componentes são responsáveis por muitas das falhas e onde o sistema já tenha tido muitas delas, a taxa de falha é razoavelmente constante e o TMEF é uma boa medida para expressar a confiabilidade.

Variáveis estocásticas

Variáveis que seguem distribuições estatísticas.

CRITICIDADE EM OUTRAS ORGANIZAÇÕES

As exigências de projeto estabelecem um nível de qualidade de fabricação baseado no estágio de desenvolvimento da tecnologia. Estes requisitos quase sempre são obrigatórios por força de um contrato firmado entre o cliente e o fabricante. Por isso, quando da detecção de defeitos de fabricação, é exigido que sejam respeita-

dos os critérios de aceitação de defeitos do código de projeto e aplicados os reparos sempre que necessário, o que não impede que o fabricante lance mão de ferramentas alternativas de análise, desde que aceitas pelo cliente. Muitas vezes as condições reais de operação dos equipamentos não exigem um nível de qualidade tão elevado, porém a fabricação de um meio novo pode ser planejada e executada de modo a atingi-lo.

Por outro lado, quando nos defrontamos com discontinuidades na inspeção de equipamentos em serviço, a avaliação deve ser feita com base em critérios que levam em conta não apenas a tecnologia, mas as reais condições de utilização do equipamento. Em geral, a aplicação destas normas alternativas permite aceitação de discontinuidades muito maiores que os códigos de projeto, preservando a segurança do equipamento e reduzindo paradas prolongadas. Ainda entram em consideração fatores econômicos, entre outros, que fazem com que o proprietário busque a solução que lhe ofereça melhor relação custo x benefício.

Dependendo do ramo de atividade, essa análise pode ser feita por um único funcionário experiente, o que, para nossa situação, torna-se mais complexo devido à variedade de meios e equipamentos envolvidos. Esse fato cria a necessidade de se ter uma coordenação pelas diretorias especializadas, visando à definição da criticidade, não esquecendo de levar em conta a disposição e disponibilidade de opções de equipamentos, pois podem aumentar em muito a criticidade se houver interdependência entre os equipamentos para um mesmo serviço, como também podem diminuir caso haja paralelismo entre esses serviços.

Para sistemas sem *software*, a sua avaliação de segurança tem sido relacionada

com as informações históricas sobre a taxa de falhas dos componentes individuais, com modelos que definem a conexão entre estes componentes, tendo como parâmetro a independência dos eventos, e com o histórico dos acidentes em sistemas similares. Em relação aos modelos, estes precisariam de dados experimentais que devem ser colhidos ao longo de um período de tempo muito longo, o que é incompatível com o desenvolvimento e também com sua vida útil, além da dificuldade em se escolher um modelo adequado a uma determinada aplicação. (Camargo, 2002, p. 2)

Notamos que há casos mais graves que o que nós enfrentamos, ou que poderiam ser similares se imaginássemos que a cada dois anos a Marinha adquirisse um novo meio e jogasse fora os anteriores, a exemplo do que acontece nas empresas que produzem sistemas de segurança citadas anteriormente. Isso, infelizmente, não muda em nada a nossa necessidade de ter um meio de obter uma informação de criticidade de valor para alimentar nosso sistema de decisão.

Encontramos alguns casos com soluções possíveis de serem adaptadas, como será citado a seguir.

Caso do Planejamento de Defesa de Avarias

O caso foi retirado do artigo *Planejamento de Defesa de Avarias*, do site <http://www.milit.pt/>.

O Planejamento de Defesa de Avarias (PDA) é um processo de engenharia para facilitar o planejamento da manutenção de modo a se alcançar a máxima confiabilidade. O PDA estabelece a relevância dos sistemas e equipamentos para o processo global, baseada no custo, produção, segurança, ambiente, qualidade, e outras preocupações de negócio.

O processo combina métodos abrangentes de priorização de sistemas e equipamentos, revisão do histórico de avaria de equipamentos, compilação dos conhecimentos das pessoas e da análise do efeito e modo de falha (AEMF), para fornecer rapidamente uma seleção e priorização equilibrada das tarefas da manutenção para cada equipamento.

O processo de defesa de avarias é concebido para estabelecer o equilíbrio ótimo das metodologias de manutenção, coerente com o contexto de utilização dos equipamentos.

O processo multinível é flexível e adaptável, de modo a assegurar que a manutenção e a produção estão de acordo na aproximação e prioridades. O Planejamento de Defesa de Avarias integra-se completamente num programa de aperfeiçoamento contínuo e fornece as bases para a melhoria da confiabilidade e otimização dos esforços de manutenção.

O Planejamento de Defesa de Avarias identifica e classifica os sistemas e ativos associados, fornece uma determinação dos modos de falha existentes ou potenciais e atribui as técnicas mais eficientes economicamente para a manutenção de cada equipamento. O PDA fornece o suporte adequado para a priorização do trabalho.

O processo é dividido em quatro níveis:

Nível I: Classificação e Priorização (Priorização de Confiabilidade de Sistemas e Equipamentos – PFSE);

Nível II: Análise do Efeito e Modo de Falha;

Nível III: Criação de Tarefas de Defesa de Avarias; e

Nível IV: Implementação.

Um Plano de Defesa de Avarias inclui os níveis I, II, III e IV. Ressalta-se que, numa aplicação prática, não é necessário que os níveis sejam realizados em sequência numérica, porque a sequência real será, em certa

medida, definida pelo âmbito, determinação de criticidade e critério de seleção.

Os resultados do PDA serão os seguintes:

- definição de sistemas e classificação de sistemas por elementos;
- atribuição de equipamentos e classificação;
- equipamento classificado listado pela criticidade para o sistema;
- prioridade de manutenção para equipamentos críticos;
- Análise do Efeito e Modo de Falha para os equipamentos críticos;
- análise das tarefas de manutenção para os equipamentos críticos;
- prioridade de manutenção para os equipamentos que não são críticos; e
- revisão das tarefas de manutenção para os equipamentos que não são críticos.

Os benefícios do PDA podem ser considerados assim:

- é estabelecido um equilíbrio ótimo de metodologias de manutenção coerente com o contexto de serviço do equipamento e ambiente de negócio;
- a manutenção e a produção são tratadas de acordo com as prioridades e aproximações da manutenção;
- o processo é dinâmico e integra-se num programa de melhoria contínua;
- a criticidade dos equipamentos é estabelecida para priorização de ações paliativas; e
- as atividades de manutenção preventiva são redefinidas para assegurar que os equipamentos não são sobremantidos.

Cabe, ainda, destacar que um dos fatores motivantes para o processo de Planejamento de Defesa de Avarias é o desejo de fomentar a comunicação e cooperação entre todos os departamentos com algum interesse na manutenção dos equipamentos, e em particular entre a produção/operação e a manutenção. É, portanto, essencial que a equipe do processo seja selecionada a

partir de um grupo representativo de todas as partes interessadas.

A equipe deve incluir uma mistura de técnicos, supervisores e engenheiros, todos devendo ter um envolvimento direto com a "propriedade" do equipamento em causa. A antiguidade não é um pré-requisito para se pertencer à equipe e para um trabalho em equipe efetivo; questões de antiguidade e nível hierárquico devem ser postas à parte.

O período de tempo em causa para se levar a cabo o processo pode ser prolongado, e isso deve ser reconhecido desde o princípio, dando-se-lhe prioridade absoluta.

Normalmente, a maior vantagem pode ser ganha efetuando a parte inicial do trabalho cobrindo os equipamentos mais críticos, num esforço único e continuado. Então, o processo para os equipamentos menos críticos pode ser planeado de acordo com outras prioridades, enquanto for possível manter a equipe nessa atividade por períodos ininterruptos.

Numa reunião preliminar, são definidos os objetivos globais do PDA, as áreas físicas da unidade industrial a serem abrangidas, sendo também identificadas a disponibilidade e a localização de documentação, desenhos, históricos de máquinas e listas de equipamentos. São também acordados os procedimentos básicos (impressos e programas) para recolher e encaminhar de informação.

Finalmente é estabelecido um esquema de ação, com planeamento, responsabilidades e itens a entregar.

Nível I - Classificação e Priorização (PFSE)

Uma fábrica típica é dividida em diversas unidades operacionais. O PFSE é aplicado a cada unidade operacional.

A primeira fase do processo consiste em determinar os sistemas básicos da uni-

dade, onde um sistema é constituído por um conjunto de equipamentos a trabalhar em conjunto para desempenhar uma função específica em suporte da unidade. Quando os sistemas estiverem determinados, cada equipamento é atribuído a um único sistema.

Numa segunda fase, é avaliada a criticidade do sistema para a unidade relativamente a seis aspectos diferentes (custos, produção, segurança, ambiente, qualidade e outros critérios de negócio) da operação da unidade. Os resultados são combinados para fornecerem uma classificação da criticidade do sistema.

Em terceiro lugar, o equipamento incluído em cada sistema é classificado relativamente a sua criticidade para o sistema = função, dando uma priorização de criticidade de cada item.

Em quarto lugar, a criticidade operacional do equipamento é combinada com a do sistema, fornecendo uma classificação de criticidade operacional de cada equipamento, a classificação de criticidade do ativo. A classificação de criticidade mais elevada é a base da lista de equipamento crítico, normalmente limitada a 25% do total dos equipamentos.

A quinta fase toma a lista de equipamentos críticos como o seu ponto de partida. Nesta altura a confiabilidade do equipamento é avaliada de uma forma global a todos os níveis, baseada no histórico do equipamento, conhecimentos das pessoas e reuniões com o pessoal da produção, manutenção e engenharia. A confiabilidade é avaliada numa escala numérica, cobrindo uma gama desde altamente confiável (requer pouca ou nenhuma atenção) a altamente desconfiável (requer atenção constante).

O fator de confiabilidade (probabilidade de falha do ativo) é então combinado com a classificação de criticidade do equipamento para determinar o Índice de Prio-

ridade de Manutenção (IPM). O IPM expressa a urgência e o nível de solicitação colocados pelo equipamento na organização da manutenção, caso se pretenda que o equipamento seja operado com sucesso.

Uma vez que se tenham analisado os equipamentos críticos, continua-se a análise com os equipamentos não críticos.

Nível II – Análise do Efeito e Modo de Falha (AEMF)

De acordo com a ordem do IPM, os modos de falha plausíveis de cada equipamento crítico são analisados utilizando a AEMF. A análise é levada a cabo utilizando os conhecimentos dos especialistas dos equipamentos, experiência do pessoal de campo, históricos de manutenção, documentação, desenhos e qualquer outra informação sobre os equipamentos. Paralelamente, é efetuada uma série de reuniões com todas as pessoas envolvidas com os equipamentos.

Para cada avaria funcional plausível são determinados os possíveis modos de falha, causas subjacentes e as consequências para o equipamento e os sistemas. Isso permite que se identifiquem as tarefas de manutenção adequadas e que sejam reavaliadas as tarefas existentes.

Nível III – Criação de Tarefas de Defesa

O IPM é utilizado para definir as prioridades da análise subsequente das tarefas de manutenção adequadas e os resultados da AEMF são utilizados para selecionar o conjunto mais eficiente e económico de ferramentas e métodos de manutenção.

O objetivo da análise de defesa de avarias é atribuir tarefas que mitiguem, avisem ou defendam a avaria dos equipamentos de um modo adequado. Para os equipamentos críticos é sempre dada preferência à inspe-

ção não interferente (controle de condição e inspeção em funcionamento), em vez de inspeções com a máquina parada. É bastante possível que se revelem adequadas mais de uma tarefa de manutenção, talvez de mais de um tipo, para um determinado modo de falha, tendo mesmo assim primeira prioridade de uma ou mais tarefas preditivas. Existe também a questão da extensão da avaria a ter em causa. Nas fases iniciais de desenvolvimento, a anomalia pode não ser óbvia ou pode apenas prejudicar o desempenho, sem afetar seriamente a função. É assim possível ter uma tarefa de detecção de anomalias intermediária entre tarefas preditivas ou preventivas que possam defender contra uma avaria mais grave.

Estabelecer a técnica ou grupo de técnicas corretas requererá, freqüentemente, em separado, uma revisão de técnicas de manutenção preditiva. É importante considerar todas as possibilidades para controle de condição, incluindo a utilização de tecnologias estabelecidas, técnicas inovadoras e outros métodos, como por exemplo análise de tendência de parâmetros processuais.

As tarefas de manutenção preventiva serão consideradas quando não existirem técnicas de controle de condição confiáveis ou praticáveis. As tarefas preventivas deverão ser sujeitas à revisão regular para afinação baseada na experiência e informação do controle de condição. Por fim, e normalmente fora do PDA, a tarefa poderá requerer procedimentos claramente definidos e detalhados, incluindo montagem e desmontagem, especificações, ferramentais e sobresselentes requeridos etc.

Se não estiver disponível uma tarefa preventiva, pode-se então considerar uma modificação do equipamento ou do projeto. Se isso não for possível ou praticável, considerar-se-á uma tarefa de manutenção reativa ou corretiva, incluindo a utilização de sistemas de paragem e ações de detecção

de avarias para detecção precoce e mitigação das conseqüências da avaria. Finalmente, se não existirem alternativas viáveis na prática ou economicamente, ter-se-á de aceitar o risco de funcionamento até a avaria, sem nenhuma ação prévia.

Equipamento que não seja crítico

Quando a análise das tarefas da manutenção para os equipamentos críticos estiver concluída, o processo continuará com os restantes equipamentos na lista. Pode ser conveniente partir a lista em partes menores, por exemplo, em partes de 20%, para tornar cada estágio mais fácil de gerir, mas por fim todos os equipamentos devem ser deste modo analisados.

A prioridade de manutenção deve ser estabelecida, por sua vez, para cada parte da lista em causa. A aproximação preferencial é seguir o mesmo processo utilizado para as máquinas críticas, mas de um ponto de vista prático. Tendo em consideração o grande volume de trabalho em causa, a primeira ação deverá consistir na revisão das tarefas preventivas e preditivas. Cada tarefa deverá defender contra uma falha funcional importante do equipamento. Se este não for o caso, a tarefa deverá ser eliminada, ou substituída por uma tarefa reativa adequada. Se a tarefa for adequada, deve-se assegurar que seja efetuada com a periodicidade adequada, com revisão contínua.

Nível IV – Implementação

O Plano de Defesa de Avarias deve ser tratado como um processo de melhoria contínuo e dinâmico. Os ativos e sistemas chaves foram classificados de acordo com a sua contribuição para a funcionalidade de sistemas e processos. Adicionalmente, os modos de falha existentes e potenciais fo-

ram definidos e associados com tarefas de defesa eficazes. Assim sendo, devem-se implementar mecanismos adequados para assegurar a focagem adequada. As atividades de planejamento devem ser baseadas no IPM. A prioridade da reparação dos equipamentos deve ser dependente da Classificação de Prioridade do Ativo. A equipe da manutenção deve estar adequadamente treinada e possuir as competências necessárias para responder aos modos de falha identificados.

Mais importante, toda a equipe deve ter a preocupação de responder em primeiro lugar aos itens prioritários.

As tarefas de defesa de avarias podem implicar a aquisição de equipamentos ou serviços especializados; e a engenharia pode ter de modificar ou projetar novamente alguns sistemas. A gestão deve ter a disposição para apoiar todos os esforços requeridos para assegurar a confiabilidade dos equipamentos. A regra básica no ambiente competitivo em que vivemos deve ser a eliminação de custos desnecessários e o foco nas atividades que podem trazer maior retorno. Ou seja, a aplicação de técnicas e tecnologias adequadas, numa aproximação estruturada, concentrando esforços para melhorar a qualidade, tornando o ambiente de trabalho mais seguro e sujeito a menos interrupções, resultará na redução de custos e obtenção de maiores lucros.

Caso do Sistema de Radar

O caso foi retirado da Dissertação de Mestrado pertencente a Vicente Luz, "Metodologia para completa utilização de dados de Confiabilidade e Manutenibilidade na avaliação de eficácia e custo no ciclo de vida de sistemas: uma aplicação a carro de combate". Para exemplificar a metodologia de AEMF, o autor lançou mão de um sistema de radar. Mostrou que em ambas

análises são processos "para frente" que se iniciam em níveis funcionais de menor hierarquia, mais detalhados e relacionados aos eventos primários da árvore de falha.

Parte do princípio que é necessário descrever e identificar cada modo de falha de um item, isto é, cada uma das possíveis maneiras como ele pode falhar ao desempenhar sua função. A análise consiste em identificar e tabelar os modos de falha de um item com os efeitos da falha em cada modo. Seguindo esta análise, podem ser procedidas ações corretivas para melhorar o projeto, determinando-se formas para eliminar ou reduzir a probabilidade de ocorrência de modos de falha críticos.

Com toda certeza, essa análise envolve um trabalho imenso; porém, quando concluso, teremos uma definição da criticabilidade (ACEMF) de cada item do equipamento, o que pode propiciar melhor resultado se realizada em conjunto com a análise da árvore de falha.

A realização da AEMF consiste em duas fases, que se iniciam após o estabelecimento da definição de falha do sistema, subsistema e, por vezes, de parte do sistema.

A Fase 1 é realizada em paralelo com início do projeto detalhado e atualizado periodicamente durante o desenvolvimento experimental. A Fase 2 é realizada antes, (ou durante), da conclusão dos desenhos detalhados.

Durante a Fase 2 os resultados da Fase 1 são revisados e atualizados em face das mudanças do projeto. Além disso, todos os itens do sistema são analisados para que se determinem suas criticabilidades com relação ao sistema.

Fase 1

Consiste nos seguintes passos:

1. Construção de diagrama de blocos lógico simbólico, que indique a dependên-

cia funcional entre os elementos do sistema e que defina e identifique as subdivisões do sistema, em todos os níveis funcionais.

2. Realização da análise do efeito da falha, para cada bloco no diagrama de blocos, indicando o efeito do modo de falha do item sobre o desempenho do próximo nível mais elevado do diagrama de blocos. As taxas de frequência dos modos de falha são estimadas, sendo revisadas com base na experiência. Existem tabelas que representam vários grupos de modos de falha para diversas partes eletrônicas e mecânicas, sendo úteis durante a estimação.

3. Preparação de uma lista de itens críticos, com base na análise do efeito do modo de falhas, contendo aqueles itens cuja falha resulte em perda possível, perda provável ou perda certa do próximo nível mais elevado no diagrama de blocos simbólico lógico.

Fase II

Consiste nos seguintes passos:

1. Revisão e atualização do trabalho feito na Fase I.

2. Atribuição da criticabilidade, em função da probabilidade de perda do sistema, (β_j) , da taxa de frequência do modo de falha (α_j) , e da taxa de falha do item (λ_i) .

A criticabilidade é definida por

$$C_{ij} = (\beta_j)X(\alpha_j)X(\lambda_i),$$

onde β_j = probabilidade de perda do sistema pela falha do item "i" no modo "j".

Uma escala sugerida seria:

1,0 para perda certa;

0,5 para perda provável;

0,1 para perda possível; e

0,0 para nenhum efeito.

α_j = taxa de frequência do modo de falha do item "i" no modo "j".

λ_i = taxa de falha do item "i".

C_{ij} = taxa de falha do sistema devido ao item "i" falhando no modo "j".

A criticabilidade do sistema (C_s) seria

$$C_s = \sum_i \sum_j C_{ij}$$

O valor da criticabilidade da unidade pré-amplificadora é $4,6 \times 10^6$ falhas/hora, aproximadamente. Este número pode ser interpretado como número total previsto de falhas/hora do sistema devido às falhas do pré-amplificador. Se este número é ou não excessivo, exige ação corretiva, depende dos requisitos operacionais do sistema e das criticabilidades das demais unidades do sistema. As ações corretivas restringem-se às alterações de (β_j) , (α_j) , (λ_i) e à utilização de várias técnicas de reprojetoamento (redundância, resfriamento adicional etc.).

CRITICIDADE NO SPADA

As soluções anteriormente lançadas não querem afirmar que há algo de errado na implantação da criticidade no Sistema de Previsão e Acompanhamento da Demanda (SPADA), mas dar uma nova fotografia para talvez tentar contornar o problema da sua implementação, tendo em vista o parâmetro permanecer em 9 (máximo) para a totalidade dos itens.

Consta da Comunicação Interna nº 59, de 27 de junho de 2002 da DAbM, que:

Criticidade de Item (CI)

A criticidade é um parâmetro eminentemente técnico, cuja responsabilidade de definição compete às Diretorias Especializadas (DE). Todavia, tendo em vista as limitações das DE para estabelecimento de tal parâmetro, a criticidade dos itens cadastrados no banco de dados do SINGRA foi coletada junto ao Setor Operativo, cuja experiência com a operação e a manutenção dos equipamentos de bordo representa aceitável fonte de consulta.

As notas atribuídas ao parâmetro criticidade variam de 1 a 9 e o anexo A apresenta os procedimentos que foram adotados para a coleta de tal informação.

Onde podemos verificar que houve uma tentativa de estabelecer uma gradação entre os itens, mas que a resposta recebida não conseguiu fazer uma distinção considerável, e, por isso, o parâmetro foi mantido no seu valor máximo para todos os itens. Isso quer dizer que, por exemplo, o rolamento do turco do bote inflável está com o mesmo nível de criticidade que o mancal do eixo principal do navio, o que seria inaceitável, caso tivéssemos informações confiáveis para poder estabelecer uma gradação diferente entre os itens.

O peso do parâmetro Criticidade do Item (CI) no SPADA é de 3/15 no cálculo do Grau de Essencialidade do Material (GEM); em termos grosseiros seria 20% do valor atribuído a esse parâmetro, o que demonstra a sua importância e a necessidade de tê-lo muito bem calculado e atualizado.

A importância do cálculo preciso da Criticidade do Item pudemos ver nos exemplos anteriores e, mais ainda, no peso que ele representa no cálculo do Grau de Essencialidade do Material. A importância de sua atualização também já foi citada nos exemplos anteriores e se reveste de grande importância na medida em que verificamos a disparidade entre a quantidade de sobressalentes existente no Depósito de Sobressalentes da Marinha no Rio de Janeiro e o quantitativo que realmente é movimentado.

Essa imobilização de estoques se repete também nos meios. Por exemplo, em 1997 a Fragata *Constituição* estava se preparando para o Período de Manutenção Geral (PMG), e para isso o navio encontrava-se na Fase I do Programa de Sobressalentes (POSE), em que verificamos que cerca de 80% dos itens a bordo não haviam sido movimentados nenhuma vez desde o POSE anterior, pois todos estavam com a embalagem lacrada e característica desse programa e não apresentavam

movimento nem nas fichas, nem no sistema recém-implantado.

Do modo como foi definido no parâmetro CI, o critério de Criticidade do Equipamento (CE) não leva em consideração o efeito da variação da probabilidade entre sistemas em paralelo e sistemas em série. Assim, a interdependência entre os equipamentos deixou de ser enfatizada, mas sabemos que esse primeiro parâmetro foi para se obter uma informação representativa e acreditamos que num próximo passo essa interdependência entrará no cálculo da CE.

Como consequência, podemos conseguir reparar todos os equipamentos de uma série e termos apenas um que não tenha como ser reparado, o que inutilizaria todos os outros equipamentos. Como também, caso os equipamentos sejam iguais e em paralelo, poderiam ser contemplados com o dobro dos sobressalentes, pois seriam contabilizados duas vezes.

Algo que talvez devêssemos levar em conta na hora de atribuir os dados para cálculo da CE é se o equipamento é reparável e qual a condição presumida deste após o reparo. Existem duas suposições tratáveis convencionais:

⇒ um item reparado é "bom como novo", o que significa que, estatisticamente, o item reparado é exatamente como se fosse novo;

⇒ um item reparado é "mau como velho", significando que, estatisticamente, o item reparado está exatamente tão mau como estava antes da falha.

Se a taxa de falha for constante, ambas as suposições são equivalentes, pois a idade é irrelevante na predição da vida futura (propriedade sem memória da distribuição exponencial). (Luz, 1986, p. 66)

Se aplicarmos também essas suposições, teremos um CE mais realístico.

CONCLUSÃO

Acompanhamos alguns exemplos da utilização da criticidade que nos permitiram verificar a importância do bom dimensionamento da criticidade, desde a solução do problema de controle de estoque para a Divisão de Orientação Alimentar até o caso da Companhia ABC, tratada por Blanchard em seu livro.

A parametrização desse fator no SPADA ainda é pouco abrangente, como relatamos na metodologia de cálculo atual, não se verificando a disposição dos equipamentos e suas interdependências. Essa condição, por sua vez, poderia causar uma falha devido à existência de equipamentos em série dentre

os quais algum não seja considerado tão crítico quanto outro do conjunto. Em contrapartida, poderíamos ter equipamentos em paralelo que consumiriam mais recursos, recebendo itens para cada uma das suas ramificações, contrariando a expectativa do período de sua construção, quando previa-se a economia desses recursos.

Contar com o Setor Operativo e participar da confecção desse parâmetro, além de ser a única saída hoje viável, é também importante para tentar disseminar que o excesso de sobressalentes a bordo só prejudica a coletividade de meios similares que dependem dos sobressalentes e dos pequenos recursos destinados para sua aquisição nos últimos anos.

CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<ARTES MILITARES> / Abastecimento /; Criticidade; CIAW; CapA:

BIBLIOGRAFIA

- Araújo, Igor Mateus de, Santos, Crisluci Karina Souza. "Capítulo 11 - noções sobre confiabilidade - manutenção elétrica industrial". Disponível em <www.cae.ufrn.br/manut/cap11.htm>. Acesso em: 12 out. 2003.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Centro de Instrução Almirante Wandenkolk – Manual para elaboração de monografias e dissertações (CIAW-403). Rio de Janeiro: 1997.
- _____. Marinha do Brasil. Escola de Guerra Naval – Guia para elaboração de ensaios e monografias (EGN-215). Rio de Janeiro: 1998.
- _____. Marinha do Brasil. Estado Maior da Armada. Manual de Logística da Marinha (EMA-400). 2. rev. Brasília: 1998.
- _____. Marinha do Brasil. Secretaria-Geral da Marinha. Normas gerais sobre abastecimento (SGM-201). Brasília: 2001a, vol. I.
- _____. Marinha do Brasil. Secretaria-Geral da Marinha. Normas sobre gestão do material (SGM-303). Brasília: 2001b, vol. I.
- _____. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada – Normas para logística de material (EMA-420). Brasília: 2002.
- _____. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada – Diretrizes básicas da marinha (EMA-304). Brasília: 2003.
- Brasilião, Antonio Celso Ribeiro. "CRO – Chief Risk Officer – nova função da segurança empresarial?" Rio de Janeiro. RJ. Disponível em <<http://www.latinevent.com.br/segnordeste/arquivo/palestra17.doc>>. Acesso em: 1º out. 2003.

- BRESSAN, Graça. "Modelagem e simulação de sistemas computacionais." São Paulo, SP. Disponível em <www.larc.usp.br/conteudo/universo/pcs012/modsim03.pdf>. Acesso em 12 nov. 2003.
- CAMARGO, João B. Júnior, MELNIKOF, Selma S. S., ALMEIDA, Jorge R. de Junior. "O uso de fatores de qualidade na avaliação da segurança de software em sistemas críticos." São Paulo, SP. 2002. Disponível em <http://www.psphome.hpg.ig.com.br/downloads/Modelo_McCALL.pdf>. Acesso em 1º out. 2003.
- CUQUEL, G. Diretoria de Abastecimento da Marinha - MB. Comunicação interna. Rio de Janeiro, RJ, 2002.
- FERNANDES, F., LUFT, C. P., GUIMARÃES, F.M. *Dicionário brasileiro Globo*, 30ª ed., São Paulo: Globo, 1993.
- FRANÇA, A. C. C. "Como elaborar relatórios científicos - ABNT 2002." Disponível em <<http://mx.geocities.com/profrito/comoelaborar.html>>. Acesso em: 02 mai. 2003.
- GIL, A. C. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 3ª ed., São Paulo: Atlas, 1991.
- LUZ, V. "Metodologia para completa utilização de dados de Confiabilidade e Manutenibilidade na avaliação de eficácia e custo no ciclo de vida de sistemas: uma aplicação a Carro de combate." Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 1986.
- MARTINS, Petrônio Garcia. *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. São Paulo: Saraiva, 2002.
- MIIT - Manutenção Industrial Informatizada e Tecnologia, Lda - "Planeamento de defesa de avarias." Cidade do Porto. Portugal. Disponível em: <<http://www.miiit.pt/ArtigosIC/Planeamento%20de%20Defesa%20de%20Avarias.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2003.
- PEDRO, Adriana S. Guimarães. "Defeitos de fabricação evoluem? Um caso prático". São Paulo, SP. Disponível em: <<http://www.german-engenharia.com.br/Trabalhos/Adriana.htm>>. Acesso em: 1º out. 2003.
- SILVA, M. G. de A. e. "O emprego de sistemas de suporte à decisão no setor de abastecimento da Marinha do Brasil". 1999. 35p. Monografia (Curso de Administração e Logística de Material). Centro de Ensino Avançado, Centro de Instrução Almirante Wandenkolk, Marinha do Brasil. Rio de Janeiro.
- STOLFI, G. "Confiabilidade", Disponível em <www.lcs.poli.usp.br/~gstolfi/PPT/confiab.ppt> Acesso em: 12 out. 2003.
- TEIXEIRA, E. "As três preocupações com os trabalhos acadêmicos". Disponível em: <<http://www.astresmetodologias.com.br>>. Acesso em: 09 abr. 2003.