

SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA SUPORTE A PROJETO, IMPLANTAÇÃO E GERENCIAMENTO DE CADEIAS LOGÍSTICAS DE MANUTENÇÃO DE SISTEMAS TÉCNICOS MILITARES

André Luís de Almeida Côrtes
Universidade Federal Fluminense (UFF)
Rua Passo da Pátria 156 sala 306, bloco D, Niterói, RJ.
decortes@globocom.com

Eduardo Siqueira Brick
Núcleo de Logística Integrada e Sistemas da UFF (LOGIS/UFF)
Rua Passo da Pátria 156 sala 440, bloco E, Niterói, RJ.
brick@producao.uff.br

Resumo

Podem-se identificar na literatura duas abordagens distintas para a logística: uma voltada para o setor comercial e outra para o setor de defesa. No setor comercial a logística está orientada para as atividades de compra, fluxo de material, estocagem, distribuição de produtos e serviços ao cliente. A logística, no setor de defesa, é orientada segundo uma abordagem de custo total do ciclo de vida dos sistemas técnicos, que constituem os principais ativos das Forças Armadas. Essa perspectiva da logística considera a infra-estrutura de apoio logístico e de manutenção como sendo parte do sistema e que deve ser projetada juntamente com este para que o mesmo apresente uma boa relação custo-eficácia. O projeto e o gerenciamento de estruturas logísticas, em ambas as perspectivas, dependem do acesso a uma grande quantidade de informações sobre as características dos sistemas técnicos, seus componentes e, também, das estruturas de apoio que podem ser montadas para garantir a sua disponibilidade. A obtenção e a disseminação dessas informações dependem da coleta e processamento de uma grande quantidade de dados, retratando o histórico de funcionamento de sistemas técnicos e suas estruturas de apoio em condições reais. O objetivo deste artigo é descrever algumas experiências já realizadas para coleta, análise e disseminação desses dados e propor uma abordagem para a modelagem de um sistema de informações para coleta de dados básicos relativos aos sistemas técnicos em operação nas Forças Armadas brasileiras e o seu tratamento e análise, visando a gerar informações logísticas. Essas informações logísticas e correlatas, armazenadas em um banco de dados integrado, servirão como fonte de informação para a aplicação de ferramentas analíticas para projeto e gerenciamento de cadeias logísticas de manutenção.

Palavras-Chaves: logística, sistemas de informação, manutenção.

Abstract

One can find two distinct approaches for logistics: one dedicated to the commercial sector and the other to the defense sector. In the first one, logistics is oriented to activities related to acquisition, transportation and storing of goods, and products and services distribution to clients. Defense logistics is oriented towards technical systems life cycle costs. This perspective considers that the maintenance and support infrastructure is part of the system and should be designed simultaneously with it in order to achieve better cost-effectiveness trade offs. The design and management of logistic structures, under both perspectives, depend on the availability of a great quantity of data related to technical systems

characteristics and, also, to the support structures that can be deployed to guarantee their availability. The acquisition and dissemination of this kind of information depend on the gathering and processing of a great quantity of raw data, representing technical systems and their support structures operation history in real life conditions. The goal of this paper is to describe some experiences made in the collection, analysis and dissemination of this kind of data and, also, to suggest an approach to develop a model that can be used for the development of an information system for the collection and analysis of raw data related to the operation of military technical systems and the production of logistic data. This logistic information, stored in an integrated data bank, may be used as data source for the use of analytic tools used in the design and management of maintenance logistic chains.

Keywords: logistics, information systems, maintenance

1. INTRODUÇÃO

Podem-se identificar na literatura duas abordagens distintas para a logística, uma voltada para o setor comercial e outra para o setor de defesa. No setor comercial, a logística está orientada para as atividades de compra, fluxo de material, estocagem, distribuição de produtos e serviço ao cliente. Mais recentemente, foram incorporados os conceitos e princípios de gerenciamento da cadeia de suprimento, o que adicionou ênfase em tecnologia da informação e gerenciamento financeiro. A logística no setor de defesa é orientada segundo uma abordagem de custo total de ciclo de vida dos sistemas técnicos, que constituem os principais ativos das Forças Armadas. Nessa abordagem, além das atividades geralmente associadas à logística comercial, adicionam-se as atividades de projeto do produto ou sistema, e as de abastecimento, manutenção, modernização e desativação, ao longo do ciclo de vida do sistema. Essa perspectiva da logística considera a infra-estrutura de apoio logístico e de manutenção como sendo parte do sistema e que deve ser projetada juntamente com este, para que o mesmo apresente uma boa relação custo-eficácia. Embora originada no setor de defesa, essa abordagem é de emprego geral e já vem sendo adotada no ambiente civil.

Paradoxalmente, embora a logística de defesa tenha uma abrangência maior, o uso que ela faz da tecnologia da informação ainda não é tão disseminado como na logística comercial.

Quando uma necessidade operacional desencadeia um processo de projeto e desenvolvimento, ou de aquisição de um novo sistema técnico, surgem as seguintes questões:

- Qual a melhor alternativa, sob o ponto de vista da apoiabilidade?
- Como projetar, estabelecer e gerenciar a cadeia logística de manutenção que dará suporte à operação do novo sistema?
- Quais as características do próprio sistema técnico, mais favoráveis às soluções de apoiabilidade sendo consideradas?

Existem diversas ferramentas analíticas que podem auxiliar a responder as questões acima mencionadas. Entretanto, estas ferramentas necessitam de uma grande quantidade de informações logísticas para que possam ser utilizadas. Entre as fontes de informações possíveis, destacam-se o histórico de funcionamento de outros sistemas técnicos semelhantes e suas estruturas de apoio, existentes no inventário da Organização e acumulado ao longo do período de operação desses sistemas. Para tanto, é necessária a existência de sistemas de informação apropriados que permitam o registro, o processamento e a troca de informações.

Segundo Blanchard (2004, p. 280) “no projeto e desenvolvimento de novos sistemas (ou a reengenharia de sistemas existentes), o projetista é altamente dependente do acesso a dados de campo e um entendimento do que aconteceu no passado”.

Dessa forma, fica clara a necessidade de sistema de informação para permitir a coleta, o registro, a análise e o armazenamento de informações logísticas durante a operação de sistemas técnicos, visando disponibilizar o seu uso no aprimoramento da infra-estrutura logística dos sistemas existentes, ou na aquisição de novos sistemas técnicos.

No âmbito do Ministério da Defesa do Brasil já se verificam iniciativas no sentido de se coletar e analisar dados dos sistemas técnicos em operação, podendo-se citar o Sistema de Apoio à Decisão Logística da Marinha do Brasil (Silva et al., 2004), cujo propósito é “gerar informações logísticas acerca do aprestamento dos meios, a fim de subsidiar o processo de identificação das ações corretivas e de prioridades necessárias ao sistema de apoio logístico”. No passado, também, houve iniciativas com objetivo semelhante como é o caso do sistema DISPON (Ministério da Marinha, 1984), desenvolvido para dar suporte à análise da estrutura de apoio para as fragatas classe Niterói.

Porém, apesar dessas iniciativas, pode-se afirmar que ainda não existe, no âmbito do Ministério da Defesa, um sistema de informação para coleta de dados básicos relativos aos sistemas técnicos já em operação e suas estruturas de apoio, capaz de gerar as informações logísticas necessárias ao emprego das ferramentas analíticas que auxiliam a:

- a) Determinar a melhor alternativa de projeto e desenvolvimento, ou aquisição de sistema técnico, sob o ponto de vista da apoiabilidade;
- b) Projetar e implantar a cadeia logística de manutenção para um novo sistema técnico que está sendo projetado e desenvolvido, ou adquirido por uma Força Armada brasileira;
- c) Avaliar a cadeia logística de manutenção quanto à eficiência e eficácia, ao longo do ciclo de vida deste novo sistema técnico;
- d) Gerenciar a cadeia logística de manutenção, orientando as ações corretivas visando maximizar a disponibilidade e minimizar o custo total do ciclo de vida do sistema técnico; e
- e) Avaliar e gerenciar as estruturas de apoio já estabelecidas para os sistemas técnicos existentes no acervo das Forças Armadas brasileiras.

O objetivo deste artigo é descrever algumas experiências internacionais de sistemas de informação para informações logísticas e propor uma abordagem para a modelagem de um sistema de informação para coleta de dados básicos relativos ao funcionamento dos sistemas técnicos em operação nas Forças Armadas brasileiras e de suas estruturas de apoio e, também, o seu tratamento e análise visando a gerar informações logísticas. Essas informações logísticas e correlatas, armazenadas em um banco de dados integrado, servirão como fonte de informação para a aplicação das ferramentas analíticas supramencionadas.

2. CONCEITOS BÁSICOS

Alguns conceitos são fundamentais para o desenvolvimento do tema abordado neste artigo. O encadeamento lógico desses conceitos permitirá o entendimento do resultado que se deseja alcançar com este trabalho.

2.1. SISTEMAS TÉCNICOS

“O termo sistema técnico pode ser usado para representar todos os tipos de artefatos feitos pelo homem, incluindo produtos e processos. Para ser completa, essa definição deve reconhecer a natureza hierárquica dos sistemas e interações que ocorrem entre níveis da hierarquia. Por exemplo, o “sistema” de interesse pode ser um sistema de transporte, um sistema de linha aérea dentro do sistema de transporte, ou um sistema de aeronave contido dentro do sistema de linha aérea” (Blanchard, 1998, p. 13).

Para os fins deste artigo, um sistema técnico será considerado como um ativo físico bem definido, de grande complexidade e custo, utilizado em grande escala na realização de operações militares. Como exemplos de sistemas técnicos podem-se citar aeronaves, navios, carros de combate, sensores, sistemas de comunicações, etc.

Um sistema técnico pode ser desmembrado em muitos componentes, segundo uma estrutura em árvore, baseada em uma relação contém-contido. Estes componentes podem ser materiais (subsistemas, equipamentos, módulos, partes) ou imateriais (*software*).

Do ponto de vista de projeto da infra-estrutura de apoio logístico, a classificação dos componentes de um sistema técnico nos moldes acima não é muito relevante. O importante é definir se o componente é reparável e onde este reparo tem condições práticas de ser realizado.

Podem-se identificar, na literatura (Sherbrooke, 2004), duas denominações para os itens reparáveis, que são mais úteis para analisar os processos que ocorrem na Cadeia Logística de Manutenção. As denominações são: LRU (*line replaceable unit*) e SRU (*shop replaceable unit*).

Os LRU são aqueles itens que podem ser substituídos no sítio operacional do sistema técnico, que corresponde ao nível de manutenção organizacional como será visto mais adiante na descrição da Cadeia Logística de Manutenção.

Os SRU são aqueles itens que só podem ser substituídos em instalações de manutenção com maior capacidade, tanto em termos de equipamentos e pessoal, ou seja, nos demais níveis da Cadeia Logística de Manutenção, que não o organizacional.

Existem, ainda, reparos que devem ser realizados nos próprios locais onde os sistemas estão instalados, devido a dificuldades práticas para remoção de equipamentos de grande porte que compõem o sistema.

Torna-se necessário também definir o que vem a ser Engenharia de Sistemas, que começou a se desenvolver como um ramo da Engenharia durante o final dos anos 50. “Engenharia de Sistemas é uma abordagem interdisciplinar e significa tornar possível a realização de sistemas bem-sucedidos.” (International Council on Systems Engineering - INCOSE, 2004, p. 12).

2.2. FALHAS

Os sistemas técnicos são projetados para cumprirem determinada missão/função, atendendo a determinados requisitos operacionais. Seria ideal que o sistema permanecesse operacional durante toda a sua vida projetada, porém, isso não se verifica, pois o mesmo é “submetido a processos de corrosão, abrasão, acúmulo de deformações, distorções, superaquecimento, fadiga, difusão de um material no outro, etc. Frequentemente ocorre uma sobreposição destes processos causando mudanças na condição do produto com conseqüente mudança em suas características básicas ou de desempenho. O desvio das características de um produto de seu valor nominal aceitável é considerado uma falha.” (Bondarczuck, 2005, p. 36).

Pode-se, então, definir falha como “o evento, ou estado inoperante, no qual qualquer item ou parte de um item não desempenha, ou não desempenharia como especificado previamente” (Department of Defense, 1981, p. 3).

As falhas podem restringir a capacidade de operação do sistema ou mesmo impedi-la, conforme o tipo e gravidade da mesma.

Assim, para que um sistema técnico permaneça operacional durante a maior parte do tempo de sua vida útil, é necessário impedir, ou minimizar, a ocorrência de falhas. Para atingir esse objetivo é que se estrutura uma cadeia logística de manutenção.

Então, a tarefa de se estabelecer uma Cadeia Logística de Manutenção se inicia com estudo das características de desempenho do sistema relacionadas às falhas, pois são essas características que vão orientar o seu projeto. As medidas destas características serão descritas mais adiante.

2.3. LOGÍSTICA

O conceito de logística não existia até o século XIX, sendo enunciado pela primeira vez pelo Barão de Jomini, que a definiu “como a ação que conduz à preparação e sustentação das campanhas”. (Marinha do Brasil, 2003, p. 1-2).

Até então, as atividades relacionadas ao planejamento, previsão, preparação e provisão dos recursos necessários ao apoio às operações militares não eram estruturadas sob uma disciplina única, o que muitas vezes acarretou muitas perdas de pessoal e material em conflitos.

Porém, o aumento da complexidade dos equipamentos utilizados durante a 1ª Guerra e, posteriormente, na 2ª Guerra Mundial implicou na necessidade de maior atenção à logística, na medida em que ela proporciona os meios para que as Forças cumpram as missões a elas atribuídas.

Segundo Silva (2004, p.25) “concomitantemente a esses acontecimentos, em que a atividade logística foi validada nas ações militares, também ocorreram intensas pesquisas na área acadêmica, mas foi no setor empresarial que, valendo-se dessas experiências e pesquisas, configurou-se uma evolução significativa da logística, particularmente na segunda metade do século XX”.

Dessa forma, pode-se distinguir claramente logística no setor de defesa ou militar e logística comercial ou empresarial e conceituá-las.

Segundo a Doutrina de Logística Militar, “Logística Militar é o conjunto de atividades relativas à previsão e à provisão de recursos humanos, materiais e animais, quando aplicável, e dos serviços necessários à execução das missões das Forças Armadas” (Ministério da Defesa, 2002, p. 10).

Já no setor comercial pode-se definir logística como “a parte do processo da cadeia de suprimento que planeja, estabelece e controla o fluxo para frente e reverso e a armazenagem eficiente e eficaz de bens, serviços e informações co-relatas entre o ponto de origem e o ponto de consumo com o objetivo de atender os requisitos dos clientes.” (CLM¹ apud Blanchard, 2004, p. 4).

Comparando-se as duas definições, constata-se que o espectro da logística militar é muito mais amplo. Além disso, adiciona-se ao conceito enunciado a orientação na duração da abordagem de ciclo de vida para sistemas, conforme mencionado na introdução do trabalho.

Porém, para se atingir o objetivo da logística “é necessário considerar todo o espectro de atividade nessa área, incluindo ambas as abordagens do setor comercial e de defesa”. (Blanchard, 2004, p. 10)

As atividades que se processam para apoiar a operação de um sistema podem ser medidas. O objetivo de medi-las é permitir avaliar o desempenho do sistema de apoio logístico. É, então, que surge o conceito de logística baseada em desempenho.

2.4. MANUTENÇÃO

Como foi descrito anteriormente, quando ocorre uma falha no sistema técnico, o mesmo fica inoperante, ou com restrições para cumprir sua missão. Assim, para restaurar sua condição operacional são realizadas atividades de manutenção.

O *Department of Defense* (1981, p. 6) define manutenção como “todas as ações necessárias para conservar um item em uma condição especificada ou restaurá-lo a esta”.

“O conjunto das atividades desempenhadas para um produto ser restaurado ao estado de funcionamento ou para promover sua permanência no estado de funcionamento, é chamado de manutenção. As atividades de manutenção não podem ser realizadas sem os recursos apropriados tais como peças sobressalentes, pessoal qualificado, ferramentas, manuais, instalações adequadas, softwares, etc. Estes são os Recursos de Suporte à Manutenção.” (Bondarczuk, 2005, p. 37).

¹ Definição do Council of Logistics Management

Segundo Ebeling (2005, p. 189), “pode-se distinguir dois tipos gerais de manutenção: manutenção pro ativa e reativa”.

Manutenção reativa é executada em resposta ao tempo inoperante não-planejado do sistema, geralmente como resultado de uma falha, seja ela inerente ou externa, por exemplo, induzida pelo operador.

A manutenção pro ativa pode ser preventiva ou preditiva.

Manutenção preventiva é o tempo inoperante planejado, geralmente periódico, no qual um conjunto bem definido de tarefas, tais como inspeção, reparo, substituição, limpeza, lubrificação, ajuste, ou alinhamento, é realizado.

Manutenção preditiva estima, através de ferramentas de diagnóstico ou medidas, quando uma parte está próxima de uma falha, ou deve ser reparada ou trocada, eliminando, assim, uma presumível ação de manutenção não programada e mais custosa. Esta deve ser realizada somente quando, e até o momento em que, a relação custo-benefício seja favorável.

Para que possam ser executadas as atividades de manutenção, é necessária a existência de uma infra-estrutura de apoio logístico e manutenção que contenha os elementos de suporte acima mencionados, chamada neste trabalho de Cadeia Logística de Manutenção, que será descrita adiante.

2.5. MÉTRICAS DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA TÉCNICO E SUA ESTRUTURA DE APOIO

Nesta seção serão descritos alguns conceitos que exprimem as características dos sistemas técnicos, relacionadas à sua habilidade para se manter operacional, incluindo-se os aspectos intrínsecos de projeto, bem como os fatores externos, relacionados ao sistema de apoio logístico e manutenção. Essas medidas são: confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e apoiabilidade.

2.5.1. Confiabilidade

Uma das maneiras de se medir o desempenho de um sistema é através do estudo de sua confiabilidade. Pode-se defini-la como “a probabilidade que um componente ou sistema desempenhará uma função requerida por um dado período de tempo, quando usado sob condições operacionais estabelecidas”. (Ebeling, 2005, p. 5)

A confiabilidade não deve ser confundida com a qualidade do sistema. A qualidade é um conceito qualitativo amplo que mede a capacidade de um sistema ou produto em atender os requisitos de seus usuários. A confiabilidade pode ser considerada como um atributo de qualidade do sistema ou produto no que se refere ao tempo de operação do mesmo sem apresentar falhas.

Para que possa ser tratada/analisaada quantitativamente é necessário utilizar uma medida. A medida comumente utilizada é o tempo de operação do sistema sem apresentar falha, representado pela variável T.

É impossível estabelecer, deterministicamente, o tempo T que levará até um dado sistema apresentar uma falha, pois o comportamento no tempo, de suas cópias individuais, é diferente. Esta variabilidade deve-se a diversos fatores que podem ser inerentes, ambientais e operacionais. Dessa forma, é necessário utilizar-se uma abordagem probabilística quando se estuda a confiabilidade de sistemas.

2.5.2. Manutenibilidade

Outra medida de desempenho de um sistema é a capacidade de ser reparado quando apresentar uma falha. Essa capacidade recebe o nome de manutenibilidade, que pode ser definida como “a probabilidade de que um componente, ou sistema, que falhou será restaurado ou reparado a uma condição especificada, num período de tempo, quando é

realizada manutenção de acordo com procedimentos prescritos. É a probabilidade de reparo num dado tempo.” (Ebeling, 2005, p. 6).

Semelhante ao que ocorre com a confiabilidade, a manutenibilidade necessita de uma medida numérica para ser tratada quantitativamente. Essa medida é o tempo T necessário para recuperar a condição operacional de um sistema que apresente uma falha.

O tempo T é variável para as ações de manutenção em um mesmo sistema. Essa variabilidade é consequência de diversos fatores. A variabilidade do tempo T para as ações de manutenção acarreta a necessidade de o mesmo ser tratado utilizando-se a teoria das probabilidades.

2.5.3. Disponibilidade

Outra medida de desempenho de sistemas, resultante de sua confiabilidade e manutenibilidade, é a disponibilidade.

Segundo Ebeling (2005, p. 254), “disponibilidade é a probabilidade que um sistema está desempenhando sua função requerida em um determinado ponto no tempo, ou ao longo de um período de tempo estabelecido, quando operado e mantido de maneira prescrita”.

Genericamente, a disponibilidade pode ser expressa da seguinte maneira:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{tempooperacional}}{\text{tempooperacional} + \text{tempoinoperante}}$$

Para que possa ser quantificada, a disponibilidade deve ser analisada à luz de teoria das probabilidades, assim como a confiabilidade e manutenibilidade. Então, os parâmetros utilizados para medir essas características servirão para calcular a disponibilidade.

Dependendo do que se considera como tempo operacional e inoperante, existem diferentes formas de analisar a disponibilidade, quais sejam:

- Disponibilidade inerente
- Disponibilidade alcançada
- Disponibilidade operacional

2.5.4. Apoiabilidade

Conforme mencionado na seção anterior, quando ocorre uma falha no sistema, se inicia a contagem do tempo inoperante do mesmo. O conceito de apoiabilidade está relacionado aos tempos de atraso de manutenção e de suprimento.

As métricas mais adequadas para apoiabilidade são, portanto, os tempos para obtenção de sobressalentes e de recursos de apoio.

“Apoiabilidade é o grau com que as características de projeto do sistema e os recursos logísticos planejados satisfazem os requisitos de tempo de paz e de guerra de um sistema. Apoiabilidade é a capacidade de um projeto total de sistema em apoiar as necessidades de prontidão e operações ao longo da vida útil do sistema, a um custo aceitável”. (Department of Defense, 1997, p. 4-14)

Segundo Bondarczuk (2005, p. 63) “a apoiabilidade depende principalmente das decisões tomadas na fase de projeto, sendo relacionada com a complexidade, tamanho, quantidade e padronização dos recursos de suporte.”.

2.6. CADEIAS LOGÍSTICAS DE MANUTENÇÃO

A cadeia logística de manutenção deve ser caracterizada sob a perspectiva de sistema total e de ciclo de vida e, como tal, é considerada parte integrante do sistema ao qual fornece apoio logístico. Sob essa perspectiva devem ser considerados os conceitos de cadeia de

suprimento e de gerenciamento da cadeia de suprimento do setor comercial e os conceitos de engenharia de sistemas, de apoio logístico e de manutenção ao longo do ciclo de vida do sistema do setor de defesa.

A cadeia logística de manutenção é estruturada, geralmente, de uma forma hierárquica, em níveis de manutenção, segundo a capacidade de manutenção e reparo da instalação que integra aquele nível. Os níveis de manutenção mais usuais são: organizacional, intermediário, industrial ou *depot* e Fabricante ou Fornecedor.

Uma cadeia logística de manutenção apresenta dois fluxos bem definidos: um de manutenção e outro de distribuição. O de manutenção existe quando itens retornam do sítio operacional para os níveis de manutenção intermediário e industrial ou *depot*. O de distribuição existe quando sobressalentes, pessoal, equipamento de teste, e dados dos diversos fornecedores para os níveis de manutenção intermediário e industrial ou *depot*, e para os sítios operacionais quando requeridos.

Para melhor compreensão dos fluxos anteriormente mencionados, descrevem-se abaixo como os mesmos se processam, no caso de ocorrer uma falha em LRU de um sistema técnico.

Ao ser constatada uma falha no sistema, a mesma é investigada para verificar qual LRU é causadora da indisponibilidade. Depois de descoberta, a LRU defeituosa é substituída por outra existente em estoque no sítio operacional, caso exista. Se não existir um sobressalente em estoque, o sistema ficará indisponível. A unidade defeituosa será reparada ali, se estiver ao alcance da qualificação do pessoal e dos recursos de manutenção disponíveis no nível organizacional, caso contrário, será enviada para o nível intermediário de manutenção e, ao mesmo tempo, será feito um pedido para restabelecer o estoque do sítio operacional.

Essa LRU, ao chegar à instalação de nível de manutenção intermediário, é inspecionada para se verificar em qual de suas SRU a falha ocorreu. Uma possibilidade é ser constatada que nenhuma falha existe (*No Fault Found –NFF*) e, neste caso, nenhuma ação de reparo é necessária. Caso o problema tenha sido localizado em uma SRU, esta é substituída por outra existente no estoque da instalação. A unidade reparada vai para o estoque e uma SRU é solicitada à instalação de nível de manutenção industrial ou *depot*. Tenta-se então reparar a SRU ali mesmo. Se for obtido sucesso a SRU vai para o estoque, caso contrário, esta é enviada para a instalação de nível de manutenção industrial ou *depot*.

Ao chegar à instalação de nível de manutenção industrial ou *depot*, a SRU defeituosa é inspecionada, buscando-se verificar qual de suas SRU provocou a falha. Tendo sido identificada, esta é substituída por uma que se encontra no estoque e a SRU vai para o estoque. Tenta-se, então, reparar a SRU, obtendo-se sucesso, a mesma é enviada para o estoque, caso contrário, a mesma é enviada para o fabricante ou descartada, dependendo do conceito de projeto dos itens ou do conceito de manutenção adotado.

Para que esses fluxos ocorram ao longo da cadeia é necessária a interação de diversos elementos de logística. Estão relacionados abaixo estes elementos:

- a) Pessoal de apoio, manutenção e logística;
- b) Treinamento e apoio de treinamento;
- c) Apoio de suprimento – sobressalentes (LRU/SRU), consumíveis, partes de reparo, suprimentos especiais e o gerenciamento de seus inventários;
- d) Recursos de computação (*Hardware e Software*);
- e) Dados técnicos, relatórios e documentação;
- f) Instalações de apoio e manutenção;
- g) Acondicionamento, manuseio, armazenagem e transporte (distribuição);
- h) Equipamento de apoio, de manuseio, de medida e de teste;
- i) Informações logísticas.

2.7. APOIO LOGÍSTICO INTEGRADO (ALI) E ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO (AAL)

Historicamente, tem se verificado que o custo para operar e manter um sistema é geralmente muito maior do que o custo para o seu desenvolvimento e produção, ou aquisição, no caso de um sistema já existente. É, então, que surge, em meados dos anos 60, o conceito de Apoio Logístico Integrado (ALI), desenvolvido para auxiliar na gerência do ciclo de vida de sistemas. O ALI preconiza que se deve considerar o sistema de apoio logístico como parte integrante do sistema, desde a sua fase conceitual e ao longo das demais fases que integram a engenharia de sistemas.

O seu objetivo é influenciar o projeto do sistema para aqueles que são projetados e desenvolvidos, ou de avaliar as possíveis alternativas, no caso de aquisição de sistemas já em fase de produção, de modo a reduzir o seu custo de ciclo de vida e aumentar a sua disponibilidade operacional durante a sua vida útil. O conceito evoluiu ao longo das décadas de 70, 80 e 90 e se expandiu para, segundo o DSMC (DSMC2 apud Blanchard, 2004, p. 8) constituir:

“Uma abordagem iterativa unificada e disciplinada para as atividades técnicas e gerenciais necessárias para:

Integrar as considerações de apoio ao projeto de sistemas e equipamentos;

Desenvolver requisitos de apoio que são relacionados consistentemente aos objetivos de prontidão, ao projeto, e a ambos;

Adquirir o apoio requerido; e

Prover apoio requerido durante a fase operacional a um custo mínimo.”

O processo de Análise de Apoio Logístico (AAL) foi desenvolvido para coordenar as disciplinas de apoio logístico integrado de uma maneira organizada e iterativa desde a identificação da necessidade de um novo sistema.

“Assim, a AAL provê um método de inserir preocupações de apoio logístico no processo de projeto de modo que o projeto final do sistema seja fácil e com uma boa relação custo-eficácia de apoiar quanto possível.” (Jones, 1989, p.14).

Isto porque, anteriormente, o apoio logístico integrado tinha enfrentado diversos problemas em executar essa coordenação para alcançar o melhor apoio logístico possível. Outro aspecto do apoio logístico integrado que não era atingido satisfatoriamente era a capacidade de influenciar o projeto do sistema nos aspectos de apoiabilidade, custo e desempenho.

O documento governamental, que primeiro estabeleceu como se deve executar um programa formal de Análise de Apoio Logístico, foi o padrão militar (*Military Standard*) MIL-STD-1388-1 – *Logistic Support Analysis* (AAL - Análise de Apoio Logístico) do Departamento de Defesa dos EUA (*Department of Defense*), criado em 1973. Esse padrão teve uma revisão, em 1983, sendo alterado para MIL-STD-1388-1A.

Porém, o padrão militar foi substituído por um *Military Handbook* (MIL-HDBK-502), em 1997, que introduziu o conceito de Análises de Apoiabilidade, não mais estabelecendo e descrevendo, formal e detalhadamente, as tarefas que compõe um programa formal de análise de apoio logístico.

“Análises de apoiabilidade são uma série vasta de análises relacionadas que devem ser conduzidas juntamente com o processo de engenharia de sistemas. Os objetivos das análises de apoiabilidade são garantir que a apoiabilidade seja incluída como um requisito de desempenho do sistema e que o sistema é simultaneamente desenvolvido, ou adquirido, com a sua infra-estrutura e sistema de apoio. As análises integradas podem incluir qualquer número de ferramentas, práticas ou técnicas para atingir os objetivos. Por exemplo, análise de nível de reparo, previsões de confiabilidade, análise de manutenção centrada

² DSMC, Integrated Logistics Support Guide, Defense Systems Management College, Fort Belvoir, VA, 1994.

em confiabilidade, análise de modos de falha, efeitos e criticalidade, análise de custo de ciclo de vida, etc., podem todas ser categorizadas como análises de apoiabilidade.” (Department of Defense, 1997, p. 5-1).

Como se pode verificar no trecho acima, várias das análises mencionadas fazem parte do processo formal de análise de apoio logístico. Além disso, o resultado a ser alcançado ao final do processo de análise é, na prática, o mesmo, sendo necessárias as mesmas informações logísticas para sua execução.

Devido ao cancelamento do padrão MIL-STD-1388-1A pelos EUA, outros países que também o utilizavam para desenvolver seus programas, como é o caso do Reino Unido e da Austrália, criaram o seu próprio padrão para substituí-lo, aperfeiçoando-o e adequando-o às suas necessidades. Este é o caso dos padrões *Defence Standard* 00-60, editado pelo Ministério da Defesa (*Ministry of Defence*) do Reino Unido, e *Defence Standard* (AUST) 5691 do Departamento de Defesa (*Department of Defence*) da Austrália.

O processo formal de Análise de Apoio Logístico é uma das mais importantes fontes de demanda de informações logísticas e, como tal, deve ser levado em consideração na modelagem de um sistema de informações logísticas sobre sistemas técnicos e suas estruturas de apoio.

Segundo Jones (1989, p. 20), “o programa de análise de apoio logístico consiste de 15 tarefas inter-relacionadas que são divididas em cinco seções. Cada seção do programa tem um propósito e contribuição definidos para alcançar todas as metas do programa de Análise de Apoio Logístico. Adicionalmente, as tarefas são divididas em sub-tarefas, em virtude dos diversos aspectos do ALI que o programa de Análise de Apoio Logístico enfoca.”.

Os padrões mencionados descrevem como cada tarefa e sub-tarefa devem ser executadas, bem como seus respectivos dados de entrada e saída.

As análises mais conhecidas e de uso consagrado no ambiente militar são, por exemplo: análise de apoio logístico, análise de modos de falha, efeitos e criticalidade (FMECA), análise de manutenção centrada em confiabilidade (RCM - *Reliability-Centered Maintenance Analysis*), análise de tarefas de manutenção (MTA - *Maintenance Task Analysis*), análise de nível de reparo (LORA - *Level-of-Repair Analysis*), análise de custo de ciclo de vida (LCC - *Life Cycle Cost Analysis*).

3. PADRÕES PARA REGISTRO, COLETA E TROCA DE INFORMAÇÕES LOGÍSTICAS

Existem algumas experiências internacionais que podem ser analisadas para obtenção de ensinamentos úteis para o desenvolvimento de um sistema de informações logísticas. Entre estes, pode-se citar os seguintes:

- SPEC2000
- LSAR (Logistic Support Analysis Record)
- OREDA

3.1. SPEC2000

SPEC2000 é um conjunto de especificações *e-business*, produtos e serviços, projetados para superar os desafios de gerenciamento da cadeia de suprimento na indústria aeronáutica. Largamente utilizado por companhias aéreas e fornecedores, reduzindo custos administrativos e processos de negócios, a SPEC2000 se transformou na espinha dorsal dos processos de *e-business* da indústria da aviação. Administrada pela *Air Transport Association* (Associação de Transporte Aéreo), a SPEC2000 é o produto de 12 associações industriais internacionais, representando linhas aéreas, fabricantes, fornecedores e agências de reparo.

O propósito primário é prover padrões, técnicas e métodos para troca de informações, no estado da arte e com boa relação custo-benefício, que sejam úteis para o maior número possível de companhias. A SPEC2000 é organizada em capítulos que abordam assuntos diferentes, relacionados ao gerenciamento de material de aviação.

Para ilustrar a SPEC2000, descreve-se abaixo, mais detalhadamente, partes do capítulo 11, cujo título é “Coleta e intercâmbio de dados de confiabilidade”, tendo o propósito de prover um conjunto de formatos de registro padronizados (*Standardized Record Format – SRF*) para coleta e intercâmbio de dados de confiabilidade de aeronaves. O formato de registro padrão é independente da mídia utilizada.

Esses registros de dados são utilizados para coleta de dados e são organizados em um arquivo de dados legíveis por computador, para facilitar a transferência de dados de um computador para o outro. A intenção é que se estabeleça o seguinte método de fluxo de dados de confiabilidade.

Para coletar e trocar dados de confiabilidade de componentes, são utilizados os seguintes SRF:

SRF	DADOS COLETADOS	OBJETIVO	RESPONSÁVEL
Registro de remoção de LRU (<i>LRU Removal Record</i>)	(a) Número de Parte (<i>Part Number</i>) (b) Número de Série (<i>Part Serial Number</i>) Código de Fabricante (<i>Manufacturer Code</i>) Aeronave de onde foi retirada Detalhes do porquê da remoção	-	Quem remove o componente
Registro de Achado em “Oficina” (<i>Shop finding Record</i>)	Achados de reparo/descarte “oficina” na	Detalhar os achados associados ao LRU	“Oficina” de reparo do operador da aeronave/ Instalação de Reparo de Terceiros/ Fabricante Original do Equipamento
Registro de Partes de Peça (<i>Piece Part Record</i>)	SRU suspeitos ou defeituosos ou outras partes de peças associadas à LRU recebida	Detalhar os achados associados ao LRU	“Oficina” de reparo do operador da aeronave/ Instalação de Reparo de Terceiros/ Fabricante Original do Equipamento
Registro de horas e pousos de aeronaves	Horas de vôo totais da frota e ciclos totais de uma frota de um operador	Calcular medidas de confiabilidade como MTBF (<i>Mean Time Between Failure</i>) MTBUR (<i>Mean Time</i>	Operador da aeronave, utilizando um registro para cada aeronave.

		<i>Between Unscheduled Removals), etc.</i>	
--	--	--	--

O registro das informações se processa da seguinte maneira:

Ocorre um evento com a aeronave e este é relatado. Uma LRU associada ao evento é, então, retirada, sendo gerado um registro de remoção de LRU. Essa LRU é enviada para reparo, nesse momento, será gerado um registro de achado em “oficina” para esta LRU. Poderão ser gerados um ou mais Registro de Partes de Peça, para quantas SRU ou outras partes de peça forem necessárias.

3.2. LOGISTIC SUPPORT ANALYSIS RECORD (LSAR)

O LSAR fornece uma base de dados técnica uniforme e flexível, que consolida dados logísticos e de engenharia necessários para identificar os requisitos de apoio logístico detalhados de um sistema ou equipamento.

A função primária do LSAR é a de garantir que todas as áreas, com responsabilidades pelos aspectos apoio e projeto de um sistema, tenham acesso às mesmas informações atualizadas. Isso reduz a duplicação, elimina discrepâncias e segue o princípio CALS (*Continuous Acquisition and Life-cycle Support*) de gerar dados uma vez e usar várias vezes.

O LSAR é o conjunto de dados que apóia a documentação dos requisitos detalhados de apoio logístico e de engenharia, gerados pelo processo de análise de apoio logístico.

O padrão militar MIL-STD 1388-2B define um banco de dados relacional, consistindo de 104. As tabelas relacionais são agrupadas em 10 áreas funcionais, sendo atribuído a cada uma um identificador de caractere alfabético. A cada tabela individual é atribuído um nome com dois caracteres alfabéticos. (Jones, 1995, p. 20.5)

“A alimentação de dados no LSAR começa na fase de demonstração, dependendo do tipo de aquisição, ou antes, se um sistema comparativo de referência é utilizado para registrar os resultados da condução da análise de apoio logístico.” (Ministry of Defence, 2000, p. 17).

A sua alimentação e refinamento pode continuar ao longo do ciclo de vida do sistema/equipamento.

3.3. OFFSHORE RELIABILITY DATA (“OREDA,” 2005)

OREDA é uma organização-piloto, patrocinada por nove companhias de petróleo com operações mundiais. O propósito principal do OREDA é coletar e trocar dados de confiabilidade entre companhias participantes e agir como fórum para coordenação e gerenciamento de coleção de dados de confiabilidade das indústrias de gás e de petróleo. A OREDA estabeleceu um banco de dados abrangente com dados de confiabilidade e de manutenção para equipamentos de exploração e produção, de uma grande variedade áreas geográficas, instalações, tipos de equipamentos e condições de operação. Equipamentos *Offshore* de superfície e submarinos são cobertos prioritariamente, mas equipamentos em terra também estão incluídos. Os dados são armazenados numa base de dados e um *software* especializado foi desenvolvido para coletar, recuperar e analisar as informações.

4. MODELAGEM DE DADOS PARA COLETA, REGISTRO E TROCA DE INFORMAÇÕES LOGÍSTICAS.

Tendo em vista que a maior demanda para dados logísticos sobre sistemas técnicos e suas estruturas de apoio tem origem nos processos de análise de apoio logístico, nada mais natural do que utilizar os métodos usados na AAL como principal referência para a

modelagem de um sistema de informações logísticas. Afinal, este sistema deverá prover os dados necessários à realização da AAL.

Para cada tipo de análise são necessários dados diferentes, porém, alguns podem ser usados para mais de um tipo de análise. Muitas vezes estes dados são complementares, ou seja, um dado de entrada de uma determinada análise é o dado de saída da outra. A tabela abaixo ilustra alguns destes dados e em que tipos de análises podem ser utilizados:

DADO	MÉTODO DA AAL
IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA/PARTE	FMECA
	RCM
	MTA
	LORA
NÚMEROS DE SISTEMA EM OPERAÇÃO	LORA
MODO DE FALHA DE UMA PARTE	FMECA
CAUSA DA FALHA DE UMA PARTE	FMECA
EFEITOS DA FALHA DE UMA PARTE	FMECA
	RCM
PROBABILIDADE DA FALHA	FMECA
TAXA DE FALHA DA PARTE (λ)	FMECA
AÇÃO DE MANUTENÇÃO A SER EXECUTADA	MTA
	RCM
	LORA
FREQUÊNCIA DA AÇÃO DE MANUTENÇÃO	MTA
NÍVEL DE MANUTENÇÃO ONDE É REALIZADA A AÇÃO DE MANUTENÇÃO	RCM
	MTA
	LORA
TEMPO DE DURAÇÃO DAS AÇÕES DE MANUTENÇÃO	MTA
	LORA
NECESSIDADE DE PESSOAL PARA AS AÇÕES DE MANUTENÇÃO	MTA
	LORA
RECURSOS DE MANUTENÇÃO NECESSÁRIOS P/ EXECUTAR UMA AÇÃO DE MANUTENÇÃO	MTA
	LORA

Tendo sido definidos quais dados são necessários, o passo seguinte é definir os dados brutos que podem gerá-los. Esses dados devem ser coletados por ocasião da realização das transações típicas que ocorrem na cadeia logística de manutenção (ações de manutenção, transporte, armazenagem, abastecimento, etc.). Torna-se necessário, então, modelar a cadeia logística de manutenção, de modo a definir o fluxo destes dados para permitir a sua coleta. Esta modelagem pode ser feita utilizando-se a *Unified Modeling Language* (UML).

A UML é uma linguagem que serve para especificar, construir, visualizar e documentar os artefatos de um sistema de software. A figura 1, a seguir, mostra, a título de ilustração, um diagrama de classes UML que modela os produtos envolvidos no problema aqui tratado (entre os quais o próprio sistema técnico).

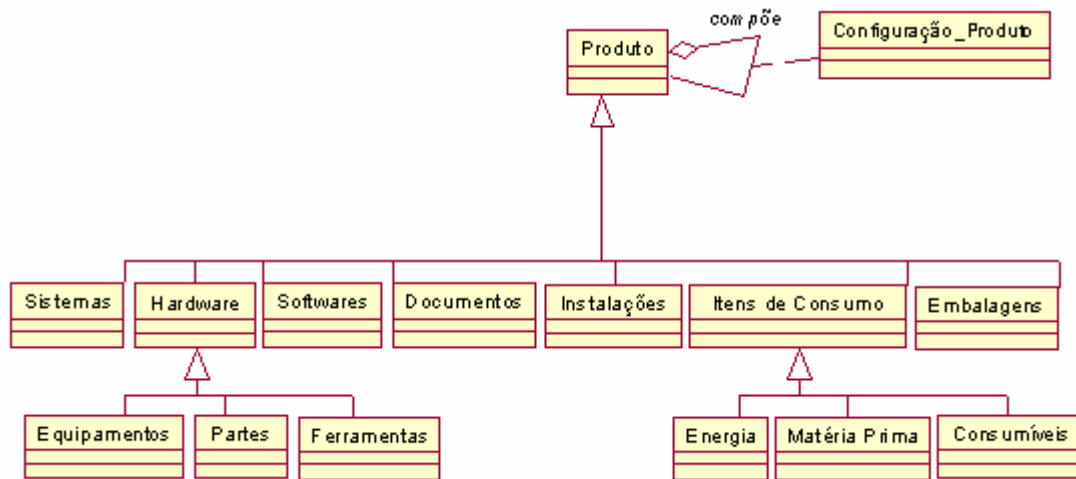


Figura 1: Diagrama de classes de produtos.

Outros diagramas semelhantes estão sendo desenvolvidos para completar a modelagem de todas as entidades envolvidas nas atividades desenvolvidas em cadeias logísticas de manutenção. Esta modelagem será a base para o desenvolvimento de um sistema de informações logísticas.

5. CONCLUSÃO

Sistemas de apoio logístico e cadeias logísticas de manutenção são sistemas complexos e as metodologias e ferramentas de análise usadas no seu projeto requerem uma grande quantidade de dados. Talvez o maior obstáculo para a utilização desses métodos seja exatamente a dificuldade para a obtenção dos dados necessários. Assim, justifica-se a necessidade de um sistema de informações para coletar dados sobre o funcionamento de sistemas técnicos e seus sistemas de apoio. Estes dados brutos podem ser analisados e utilizados para gerar os dados requeridos pelas ferramentas de análise de apoio logístico e, também, os dados que são essenciais para a gestão eficaz de sistemas de apoio.

Espera-se ter alcançado o objetivo do artigo de chamar a atenção para a importância de se utilizar ferramentas de análise adequadas para avaliar, quanto à apoiabilidade, as possíveis alternativas de sistemas técnicos a serem adquiridos pelas Forças Armadas brasileiras, bem como de se dispor de sistemas de informações que coletem dados brutos destes mesmos sistemas ao longo do período de sua utilização, com o propósito de gerar as informações logísticas requeridas por essas ferramentas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BLANCHARD, Benjamin S. *Logistics Engineering and Management*. 6. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004. 546 p.
- [2] BLANCHARD, Benjamin S. e Fabrycky, Walter J. *Systems Engineering and Analysis*. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall. 1998. 738 p.
- [3] BONDARCZUCK, A. B. Definição Operacional da Apoiabilidade de Sistemas de Materiais de Emprego Militar. 2005. 207 f. Tese (Doutor em Ciências em Engenharia de Produção) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2005.
- [4] DEPARTMENT OF DEFENCE. DEF (AUST) 5691 Issue 1 - *Logistic Support Analysis*. Australia, 2002.

- [5] DEPARTMENT OF DEFENSE. MIL-STD-721C - *Definitions of Terms for Reliability and Maintainability*. Washington, D. C., 1981.
- [6] _____. MIL-HDBK-502 - *Handbook Acquisition Logistics*. Washington, D. C., 1997.
- [7] _____. MIL-STD-1388-1 – *Logistic Support Analysis*. Washington, D. C., 1973.
- [8] _____. MIL-STD-1388-1A – *Logistic Support Analysis*. Washington, D. C., 1983.
- [9] _____. MIL-STD-1388-2B – *DOD Requirements for a Logistic Support Analysis Record*. Washington, D. C., 1991.
- [10] EBELING, Charles E. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. 2. ed. Illinois: Waveland Press, Inc, 2005. 486 p.
- [11] INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING (INCOSE). *Systems Engineering Handbook*. 2004.
- [12] JONES, James V. *Logistics support analysis handbook*. TAB BOOKS. 1989. 386 p.
- [13] MARINHA DO BRASIL. Centro de Análise de Sistemas Navais. Avaliação do Sistema DISPON. Rio de Janeiro, 1984.
- [14] _____. ESTADO-MAIOR DA ARMADA. MANUAL DE LOGÍSTICA DA MARINHA, 2ª REVISÃO, 2003.
- [15] MINISTÉRIO DA DEFESA. DOCTRINA DE LOGÍSTICA MILITAR, 2ª EDIÇÃO, 2002.
- [16] MINISTRY OF DEFENCE. *Defence Standard 00-60, Part 1, Issue 3*. United Kingdom, 2004.
- [17] _____. *Defence Standard 00-60, Part 2, Issue 4*. United Kingdom, 2000.
- [18] OFFSHORE RELIABILITY DATA (OREDA). Disponível em: < <http://www.sintef.no/static/tl/projects/oreda/>>. Acesso em: 28 nov. 2005.
- [19] SHERBROOKE, Craig C. *Optimal inventory modeling of systems: multi-echelon techniques*. John Wiley & Sons. 1992. 274 p.
- [20] SANTOS, Paulo Antônio Cheriff dos, BENEDITO, Marco Eugênio Madeira Di, SILVEIRA, Maurício Pires Malburg da. Sistema de Apoio à Decisão Logística. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 9. 2004, Rio de Janeiro.
- [21] SILVA, C. A. V. LOGÍSTICA MILITAR E EMPRESARIAL: UMA ABORDAGEM REFLEXIVA. *Military Review*, ano 2004, 1º Trim, 25-35.
- [22] SPEC2000. Disponível em: <<http://www.spec2000.com/index.html>>. Acesso em: 25 nov. 2005.