

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CMG (IM) FÁBIO BRASIL CARVALHO DA FONSECA

A IMPORTÂNCIA DO CUSTO DO CICLO DE VIDA PARA A EFETIVIDADE DO  
APOIO LOGÍSTICO INTEGRADO A SER PRESTADO AO SUBMARINO DE  
PROPULSÃO NUCLEAR BRASILEIRO.

Rio de Janeiro

2013

CMG (IM) FÁBIO BRASIL CARVALHO DA FONSECA

A IMPORTÂNCIA DO CUSTO DO CICLO DE VIDA PARA A EFETIVIDADE DO  
APOIO LOGÍSTICO INTEGRADO A SER PRESTADO AO SUBMARINO DE  
PROPULSÃO NUCLEAR BRASILEIRO.

Monografia apresentada à Escola de Guerra  
Naval, como requisito parcial para conclusão  
do Curso de Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: CMG (RM1) WILLIAM DE SOUSA  
MOREIRA

Rio de Janeiro  
Escola de Guerra Naval

2013

## AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte eterna de toda a sabedoria, que é meu sustento e minha força diante de todos os desafios da vida.

À minha esposa Andreza e ao meu filho Matheus, pelo sempre presente amor, apoio e paciência.

Aos meus pais Herdeval e Zaine pelo amor, exemplo e cuidado que moldaram minha vida desde o seu primeiro dia.

Ao Capitão-de-Mar-e-Guerra William de Sousa Moreira, meu orientador, pelo interesse, atenção, disponibilidade e profissionalismo, fundamentais ao processo de elaboração deste trabalho.

Aos Capitães-de-Corveta André Luís de Almeida Côrtes e Luiz Fernando Silveira Candeias Segundo e ao Capitão-Tenente Thiago Fernandes Lima, pela ajuda e pelos esclarecimentos que muito contribuíram para o enriquecimento dessa pesquisa.

Às oficiais, praças e funcionários civis da biblioteca da EGN, pela sempre presente atenção e boa vontade.

E à Escola de Guerra Naval, pela oportunidade de construir novas amizades, adquirir novos conhecimentos e contribuir para que temas de interesse da Alta Administração Naval sejam pensados e discutidos.

## RESUMO

Esta pesquisa identifica como está sendo tratada a determinação do custo do ciclo de vida do primeiro submarino nuclear brasileiro, projetado e construído pelo Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) da Marinha do Brasil. A percepção de um descompasso entre o estabelecimento de patamares de desempenho operacional para esse novo submarino e a determinação dos custos associados a esses patamares, motivou a elaboração do presente trabalho. No desenvolvimento desta pesquisa foram apresentados conceitos referentes a diversas áreas de conhecimento como: Logística, Contabilidade, Engenharia de Sistemas, Engenharia de Manutenção e Apoio Logístico Integrado, os quais vêm servindo de base, desde meados da década de 1960, para a elaboração de um arcabouço conceitual referente à determinação do custo do ciclo de vida de sistemas complexos. Foram ainda discutidos os motivos que ensejaram a criação desse modelo de determinação de custos pelo governo norte-americano e analisados os principais aspectos teóricos dos elementos de custo que fazem parte de sua estrutura. No que se refere especificamente à Marinha do Brasil, foi identificado como tem sido o tratamento dado às informações de custos, especialmente aquelas relacionadas ao ciclo de vida do projeto do submarino nuclear. Com base no referencial teórico estudado e nas análises realizadas, foram sugeridas providências para aprimorar a estimação e o acompanhamento das informações de custos no âmbito da Marinha, dentre as quais se destaca a necessidade urgente de que seja estabelecida a equipe responsável pela determinação do custo do ciclo de vida do primeiro submarino nuclear brasileiro. Por fim, a conclusão do presente trabalho ressalta que o PROSUB concede à Marinha, por meio de uma aprendizagem tanto teórica quanto prática, a oportunidade de ser pioneira, no Brasil, no desenvolvimento do custo do ciclo de vida, conhecimento esse que, sem dúvida, será de grande valia por ocasião das futuras aquisições de sistemas militares complexos do Ministério da Defesa.

Palavras-chave: Marinha do Brasil. Custo do Ciclo de Vida. Apoio Logístico Integrado.

PROSUB. Custos.

## ABSTRACT

This research aims to show how the determination of the life-cycle cost of the first Brazilian nuclear submarine -- designed and built by the Brazilian Navy Submarines Development Program (PROSUB) -- is being carried out. The perception of a mismatch between the established levels of performance of this new submarine and the real costs related to such levels triggered the elaboration of the present work. The research presents concepts regarding several areas of knowledge, such as Logistics, Accounting, Systems Engineering, Maintenance Engineering and Integrated Logistics Support, which, since the mid-1960s, have provided a basis for developing a conceptual framework related to the determination of the life-cycle costs of complex systems. Also included is a consideration of the reasons that gave rise to the creation of this cost model by the U.S. government, as well as an analysis of the main theoretical aspects of the cost factors which are a part of its structure. Specifically to the Brazilian Navy, it points out how this approach has been applied to cost information, especially that related to the life cycle of the nuclear submarine project. Based on this theoretical study and analytical data, steps were suggested to improve the estimation and monitoring of cost information within the Brazilian Navy, with special attention to the urgent need for the creation of a team responsible for determining the life-cycle cost of the first Brazilian nuclear submarine. In its conclusion, the research points out that PROSUB offers the Brazilian Navy -- through both theoretical and practical learning -- an opportunity to be a pioneer in Brazil in the area of life-cycle cost, which unquestionably will be of great value for future acquisitions of complex military systems by the Ministry of Defense.

Key-words: Brazilian Navy. Life-Cycle Cost. Integrated Logistics Support. PROSUB. Cost.

*“Descobertas tecnológicas (...) estão alterando a face da guerra e a maneira como nos preparamos para enfrentá-la.”*

William Perry

Secretário da Defesa dos EUA

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAL	Análise de Apoio Logístico
ABC	Custeio Baseado em Atividades
ACCV	Análise do Custo do Ciclo de Vida
ALI	Apoio Logístico Integrado
CCV	Custo do Ciclo de Vida
CAIG	<i>Cost Analysis Improvement Group</i>
CLM	Cadeia Logística de Manutenção
DCNS	<i>Direction des Constructions Navales et Services</i>
DGMM	Diretoria-Geral do Material da Marinha
DND	<i>Department of National Defence (Canadá)</i>
DOD	<i>U. S. Department of Defense (Estados Unidos)</i>
EMA	Estado-Maior da Armada
EUA	Estados Unidos da América
GAO	<i>United States Government Accountability Office</i>
INCOSE	<i>International Council on Systems Engineering</i>
LCC	<i>Life-Cycle Cost</i>
MB	Marinha do Brasil
MD	Ministério da Defesa
MD42-M-02	Doutrina de Logística Militar do Ministério da Defesa
MIL-HDBK-259	Manual de Custo do Ciclo de vida nas aquisições da Marinha (Departamento de Defesa dos EUA)
MIL-HDBK-502	Manual de Aquisições Logísticas (Departamento de Defesa dos EUA)
MIL-STD-1388-1	Manual de Análise de Apoio Logístico (Departamento de De-

	fesa dos EUA)
MOD	<i>Ministry of Defence</i> (Reino Unido)
NALIM	Núcleo de Apoio Logístico Integrado da Marinha
O&S	Operação e Suporte (Apoio Logístico)
OM	Organização Militar
OMPS	Organizações Militares Prestadoras de Serviços
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PAED	Plano de Articulação e Equipamentos de Defesa
PAEMB	Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
RTO-NATO	<i>NATO Research and Technology Organisation</i> (OTAN)
SIAFI	Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal
SN-BR	Submarino Nuclear Brasileiro
STN	Secretaria do Tesouro Nacional
USN	<i>United States Navy</i>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeia Logística de Manutenção.....	30
Figura 2 - Elementos Logísticos.....	37
Figura 3 - As fases do ciclo de vida de um sistema.....	40
Figura 4 - Planejamento de Apoio Logístico Integrado. ....	42
Figura 5 - Componentes básicos da relação custo-efetividade.....	47
Figura 6 - Visibilidade dos Custos Totais. ....	48
Figura 7 - Oportunidade para considerações de apoio logístico.....	50
Figura 8 - Importação de Tecnologia (1940 a 1994 = U\$ 100 bilhões). ....	57
Figura 9 - Estimação de Custos por Fase do Sistema.....	64
Figura 10 - Perfil de Custos de um Sistema Complexo.....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Elementos Logísticos .....	36
Quadro 2 - Fases do Ciclo de Vida de um Sistema .....	39
Quadro 3 - Parâmetros de entrada básicos para um modelo de CCV .....	67
Quadro 4 - Doze passos Básicos da ACCV .....	72

## **LISTA DE TABELAS**

1 - Gastos com Defesa EUA (1950 – 2008) .....	31
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>LOGÍSTICA E SISTEMAS COMPLEXOS</b> .....	16
2.1	LOGÍSTICA .....	17
<b>2.1.1</b>	<b>Logística Empresarial e Logística Militar</b> .....	18
<b>2.1.2</b>	<b>Fases e Funções da Logística Militar</b> .....	21
2.2	SISTEMAS COMPLEXOS.....	23
<b>2.2.1</b>	<b>Obtenção e Manutenção de Sistemas Complexos</b> .....	24
<b>2.2.2</b>	<b>Medidas de Desempenho de Sistemas Complexos</b> .....	27
<b>2.2.3</b>	<b>Cadeia Logística de Manutenção</b> .....	29
<b>3</b>	<b>APOIO LOGÍSTICO INTEGRADO (ALI)</b> .....	31
3.1	IMPLANTAÇÃO DO ALI NOS EUA.....	32
3.2	DEFINIÇÃO DE ALI.....	34
3.3	ELEMENTOS LOGÍSTICOS .....	36
3.4	CICLO DE VIDA DE UM SISTEMA .....	39
3.5	PROGRAMA DE ANÁLISE DO APOIO LOGÍSTICO (AAL) .....	43
3.6	EFETIVIDADE DE UM SISTEMA .....	46
<b>4</b>	<b>CUSTO DO CICLO DE VIDA (CCV)</b> .....	52
4.1	PRINCIPAIS CONCEITOS E EVOLUÇÃO DO CCV .....	54
4.2	CONCEITOS BÁSICOS PARA A DETERMINAÇÃO DO CCV .....	58
<b>4.2.1</b>	<b>Principais Elementos de Custo</b> .....	59
<b>4.2.2</b>	<b>Características gerais de um modelo de CCV</b> .....	61
4.3	MODELO BÁSICO PARA A DETERMINAÇÃO DO CCV .....	66
<b>4.3.1</b>	<b>Elementos de custo de um Modelo básico de CCV</b> .....	67
<b>4.3.2</b>	<b>Custeio ABC e Direcionadores de Custos</b> .....	69
4.4	ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV) .....	71
<b>5</b>	<b>CUSTOS E CUSTEIO DE CICLO DE VIDA NA MB</b> .....	75
5.1	CONTABILIDADE DE CUSTOS NA MB .....	75
5.2	CUSTO DO CICLO DE VIDA NA MB E NO PROJETO DO SN-BR .....	77
5.3	CUSTOS PARA A SUBSTITUIÇÃO DE AVIÕES DE CAÇA DO CANADÁ .....	81
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	83

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE A ELEMENTOS LOGÍSTICOS .....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE B ELEMENTOS BÁSICOS DE UM MODELO DE CCV .....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE C PASSOS BASICOS DA ACCV .....</b>	<b>106</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No final da década de 1970, após a denúncia do Brasil ao Acordo Militar Brasil-Estados Unidos de 1952, a Marinha do Brasil (MB) contratou a construção das seis Fragatas da classe “Niterói”, junto à empresa britânica *Vosper Thornycroft*, propulsadas por turbinas a gás, com sistemas de armas controlados por computadores, mísseis antissubmarino, antinavio e antiaéreos, além de contar com um helicóptero embarcado. Segundo especialistas da época, o emprego desses navios representou um salto tecnológico de aproximadamente 30 anos para a Marinha em relação aos navios que até então estavam em atividade.

A incorporação de meios tão sofisticados evidenciou a inadequação da estrutura de apoio logístico existente, voltada em sua maior parte para a manutenção de navios de procedência norte-americana, obtidos por ocasião da vigência do acordo militar supracitado. Como solução para a estruturação de um novo apoio logístico, que atendesse às demandas introduzidas pelos modernos meios navais que entravam em operação, foi adotado na MB o conceito de “apoio logístico integrado” (ALI). Este conceito foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (DOD), a partir de meados da década de 1960, tendo como principal objetivo viabilizar, durante todo ciclo de vida de um sistema (navio, helicóptero ou qualquer outro sistema de armas complexo), o adequado equilíbrio entre a disponibilidade operacional e os custos incorridos.

Com a construção do submarino nuclear brasileiro (SN-BR), um novo salto tecnológico está sendo dado pela MB e o ALI, a exemplo do que ocorreu na década de 1970, volta a ganhar especial relevância para a efetividade da operação e manutenção desse tipo de navio de elevada complexidade. Nesse sentido, os setores da Marinha, responsáveis pelas funções logísticas manutenção, suprimento e transporte, têm estudado de forma conjunta diversos aspectos relacionados ao ALI, elaborando diretrizes para aperfeiçoar processos, estruturar orga-

nizações militares e superar barreiras que inviabilizem a sua plena utilização. A leitura dos diversos documentos que estão sendo gerados na Marinha permite concluir que o foco principal das ações, até o presente momento empreendidas no que se refere a ALI, tem se voltado para aspectos relacionados à governança, ao planejamento e à execução propriamente dita dos processos de manutenção. Discussões específicas quanto ao levantamento e à minimização de custos não têm tido a necessária relevância nos fóruns de debate.

Contudo, cabe destacar que o ALI a ser prestado ao SN-BR, bem com a qualquer outro meio naval que se queira incorporar à Marinha, só será plenamente alcançado no momento em que a Força for capaz de prever, apurar e controlar os custos referentes às diversas fases do ciclo de vida da plataforma que se deseja apoiar.

Este trabalho de pesquisa tem como propósito identificar como está sendo tratado o “custo do ciclo de vida” (CCV), em inglês *life-cycle cost* (LCC), no processo de planejamento do Apoio Logístico Integrado a ser prestado ao SN-BR e, com base no observado, propor providências para o aprimoramento da estimativa e acompanhamento das informações de custos geradas no âmbito da MB. Para isso, dividir-se-á o estudo do assunto em seis capítulos, aí incluído esta introdução.

O capítulo dois buscará evidenciar o histórico e os principais conceitos relacionados à Logística e a Sistemas Complexos, necessários à formação de um arcabouço teórico que permitirá a compreensão dos motivos que ensejaram a criação do ALI e do CCV.

No capítulo três será apresentado o referencial teórico sobre o ALI propriamente dito, descrevendo as razões que levaram ao seu desenvolvimento, seus conceitos fundamentais, suas principais características e, por fim, sua organização por elementos logísticos principais.

Em virtude do CCV ser o tema central desta pesquisa, o capítulo quatro será totalmente dedicado ao seu estudo. Nele serão apresentados os quatro grandes elementos de

custos de um sistema, um modelo básico de CCV, os principais aspectos da “estrutura analítica de custos” (EAC) de um sistema complexo e os passos que compõem o processo de “análise do custo do ciclo de vida”, a fim de demonstrar a importância da estimação do CCV quando da obtenção de sistemas complexos que, no caso específico desta pesquisa, se refere à obtenção do SN-BR.

A identificação de como as informações de custos tem sido tratadas na MB, especialmente aquelas relacionadas ao apoio logístico prestado a navios e submarinos por meio das Organizações Militares Prestadoras de Serviços (OMPS) e de como se encontra atualmente o processo de CCV para o SN-BR, serão objeto de estudo no capítulo cinco. A título de exemplo prático de utilização do CCV, ao final do capítulo será apresentada, resumidamente, a recente experiência do governo canadense com a utilização dessa ferramenta gerencial, por ocasião do processo de tomada de decisão quanto à compra de aviões de combate para sua Força Aérea.

Com base no referencial teórico estudado e no atual estágio de desenvolvimento do CCV para o SN-BR, no capítulo seis serão apresentadas as conclusões, bem como propostas ações para o aprimoramento de procedimentos e normas para a utilização do CCV na MB.



## 2 LOGÍSTICA E SISTEMAS COMPLEXOS

Desde a pré-história até os dias de hoje a humanidade tem observado uma constante evolução em relação aos artefatos bélicos de que dispõe tanto para a sua defesa quanto para o ataque a predadores e inimigos. Partindo das primeiras pedras atiradas com as mãos, passando pelas lanças, machados, catapultas e chegando aos sofisticados sistemas de armas totalmente automatizados, com grande poder de destruição, alguns controlados à distância e outros situados no espaço sideral, a cada novo estágio tecnológico dos armamentos, as necessidades logísticas de produção, operação e manutenção das plataformas de combate tornam-se mais complexas (LOCKE<sup>1</sup> apud GENEST JR., 1969).

Tal fato ganha especial relevância quando se observa o quanto a Logística Militar precisou evoluir nos últimos séculos em relação ao apoio aos sistemas de armas. Para exemplificar, nas Guerras Napoleônicas (século XIX) o maior poder de fogo das tropas era representado pela artilharia de alma lisa, desprovida de precisão e com alcance que não ultrapassava um quilômetro (AMARANTE; CUNHA, 2011, p. 221). O grande salto tecnológico dado pela humanidade em matéria de sistemas de armas ocorreu no século XX, especialmente após a Segunda Guerra Mundial, quando os problemas para apoiar logisticamente os novos meios navais, aéreos e terrestres, bem como seus respectivos armamentos, se multiplicaram de maneira exponencial (LOCKE<sup>2</sup> apud GENEST JR., 1969).

Neste capítulo buscar-se-á evidenciar o histórico e os principais conceitos relacionados à Logística no âmbito militar e a sistemas complexos, embasamento teórico necessário à compreensão de como o CCV surgiu e evoluiu, assumindo importância fundamental para a

---

<sup>1</sup> Citação de Ralph F. Locke in Prefácio da obra de: GENEST JR., Elmon A. **Integrated Logistic Support: from concept to reality.** Washington, D.C.: Industrial College Of The Armed Forces, 1969. 39 p. (prefácio).

<sup>2</sup> Citação de Ralph F. Locke in Prefácio da obra de: GENEST JR., Elmon A. **Integrated Logistic Support: from concept to reality.** Washington, D.C.: Industrial College Of The Armed Forces, 1969. 39 p. (prefácio).

efetividade da prestação do ALI aos novos e complexos sistemas de armas ao longo do seu ciclo de vida.

## 2.1 LOGÍSTICA

Fleury, Wanke e Figueiredo (2000, p. 27) afirmam que “A Logística é um verdadeiro paradoxo. É, ao mesmo tempo, uma das atividades econômicas mais antigas e um dos conceitos gerenciais mais modernos”. Ensinam os autores que a transição do extrativismo para a produção organizada e troca dos excedentes, fez surgir importantes funções logísticas como estoques e transporte, o que demonstra o quão antiga são as atividades logísticas. Por outro lado, as mudanças de ordem econômica e tecnológica decorrentes dos mais variados fatores, como, por exemplo: a globalização, a redução dos ciclos de vida e o aumento da complexidade dos produtos, fazem da logística um dos conceitos gerenciais mais modernos.

A literatura apresenta diferentes explicações quanto à origem da palavra logística. Segundo Russel (2000, p. 14), acredita-se que ela seja derivada tanto da palavra grega *logistikos* quanto da palavra francesa *logistique*. *Logistikos* tem sua raiz relacionada à lógica e as habilidades para cálculos. Já a palavra *logistique* é provavelmente relacionada à palavra francesa *loger*, no sentido de aquartelamento de soldados. Assim, a combinação de lógica, cálculo e aquartelamento de soldados seria uma das possíveis explicações para o surgimento do termo “logística”.

Ainda segundo o citado autor, foi na Europa, no século XVIII, que a palavra logística entrou na terminologia militar. O *maréchal des Logis* era o oficial administrativo responsável pelo aquartelamento das tropas. Com os avanços tecnológicos da guerra, como, por exemplo, o aumento da variedade de armas e de munições, os deveres do *maréchal des logís* foram ampliados, passando a incluir o controle dos estoques e depósitos de suprimentos. Con-

tudo, foi com a Segunda Guerra Mundial que o termo “logística” começou ser utilizado no sentido atualmente aplicado, relacionado à prestação de apoio as forças militares e seus equipamentos. (RUSSEL, 2000, p.14)

### **2.1.1 Logística Empresarial e Logística Militar**

Com o passar do tempo o conceito de logística foi evoluindo e deixando de ser exclusivamente militar para ser também incorporado à iniciativa privada. Assim, estabelecer uma definição hoje para a palavra logística se transformou em uma tarefa complexa, devido principalmente à amplitude que o termo acabou por assumir. Para exemplificar tal complexidade, Jones (2006, p. 1.1) afirma que caso cem pessoas fossem questionadas sobre qual seria a definição de logística, certamente seriam recebidas cem respostas diferentes. O citado autor explica que tal fato é consequência de que cada definição se basearia no contexto em que cada definidor se encontra inserido.

O Conselho de Administração Logística (*Council of Logistics Management*), organização de gestores logísticos, professores e profissionais da área, formada em 1962 com a finalidade de oferecer educação continuada e fomentar o intercâmbio de ideias, definiu logística da seguinte maneira:

Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes. (BALLOU, 2006, p. 27)

A definição acima deixa evidente o viés empresarial assumido pela logística com o passar do tempo. É relevante aqui mencionar que, no Brasil, a quase totalidade de material bibliográfico existente sobre logística trata basicamente de Logística Empresarial.

Contudo, o próprio Ballou, autor da citação acima, afirma que tal fato não reduziu a importância da logística para as atividades militares:

Muito antes de os negócios começarem a demonstrar grande interesse na coordenação dos processos das cadeias de suprimentos, os militares já estavam suficientemente organizados para desempenhar atividades logísticas. Mais de uma década antes do período de desenvolvimento da logística empresarial, os militares realizaram a mais complexa e mais bem planejada operação logística daquela época - a invasão da Europa continental no auge da segunda Guerra Mundial (...). Além da experiência proporcionada por operações de larga escala como essas, os militares patrocinaram, e continuam a patrocinar, pesquisas na área de logística por intermédio de organizações como a *RAND Corporation* e o *Office of Naval Research* (Departamento de Pesquisas Navais). (2006, p.40)

A Doutrina de Logística Militar do Ministério da Defesa (MD42-M-02) define que Logística Militar: “é o conjunto de atividades relativas à previsão e à provisão dos recursos e dos serviços necessários à execução das missões das Forças Armadas.” (BRASIL.MD, 2002, p. 15).

O já citado professor Stephen Hays Russel, doutor em Administração e Tenente-Coronel da reserva da Força Aérea dos Estados Unidos da América (EUA), define Logística Militar (ou de Engenharia) como o ramo da Logística voltado para o suporte dos sistemas de armas e outros bens de capital, avaliação de requisitos técnicos para treinamento e manutenção, avaliação dos requisitos de apoio pós-venda (comissionamento) e integração de todos os aspectos de apoio para a capacidade operacional de forças militares e seus equipamentos. (RUSSEL, 2000, p. 14).

Pelas definições apresentadas, observa-se uma diferença de escopo entre o que a Doutrina Logística Militar brasileira define como Logística Militar e o que o citado autor apresenta. Isso se deve ao fato de que nos países tecnologicamente mais avançados no que se refere ao emprego de sistemas de armas complexos, a experiência na execução da Logística Militar já deixou claro que não basta somente se preocupar em prever e prover os recursos e serviços necessários à execução das missões pelas Forças. O esforço logístico deve se iniciar

muito antes da efetiva utilização de um novo sistema armas, ele deve começar quando da concepção do projeto da plataforma que se pretende fabricar, se estendendo até a sua retirada de serviço, ou seja, durante todo o seu ciclo de vida.

Outro aspecto que também fica evidenciado pelas definições de logística apresentadas neste capítulo, se refere à diferença de enfoques da Logística Militar e da Logística Comercial ou Empresarial. A primeira encontra-se voltada para a confiabilidade, manutenibilidade<sup>3</sup> e disponibilidade dos sistemas de armas e seus equipamentos correlatos, enquanto a segunda está mais orientada para o gerenciamento dos fluxos físicos de materiais e produtos entre organizações, com especial atenção às atividades de transporte e armazenagem, executadas buscando sempre se assegurar que o fluxo dos produtos seja contínuo e confiável. (BLANCHARD, 2004, p. 5).

Em relação a esse fato, Côrtes (2006, p. 31) explica que:

(...) a logística no setor de defesa é orientada segundo uma abordagem de custo total de ciclo de vida de sistemas. Nessa abordagem, além das atividades normalmente associadas à logística comercial, adicionam-se as atividades de projeto do produto ou sistema e as de apoio e manutenção, ao longo do ciclo de vida do sistema. Essa perspectiva da logística considera a infraestrutura de apoio logístico e de manutenção como sendo parte do sistema e, como tal, deve ser projetada juntamente com este para que o mesmo apresente uma boa relação custo-eficácia.

Blanchard (2004, p. 7) ratifica o entendimento acima enunciado, destacando que no setor da defesa a logística tem se voltado para aspectos que vão além daqueles já tradicionalmente tratados pela Logística Comercial. Pode-se citar como exemplo, a participação do setor responsável pela logística em atividades relacionadas ao projeto do produto, à manutenção dos sistemas e à reciclagem/eliminação por ocasião da retirada de serviço. Assim, na visão desse consagrado autor, a Logística Militar deve ser classificada como uma “logística orientada para o ciclo de vida”. Por esse enfoque, todo sistema tem que ser concebido de maneira que seja de fácil obtenção, transporte e distribuição ao consumidor final, bem como pos-

---

<sup>3</sup> As definições de confiabilidade e manutenibilidade encontram-se apresentadas na seção 2.2.2 deste trabalho.

sível de ser operado pelo usuário a que se destina, devendo ser configurado de modo a permitir uma manutenção eficaz e eficientemente e um apoio logístico adequado durante todo o seu ciclo de vida. Deve também estar previsto, por ocasião de sua retirada de serviço, a reciclagem ou eliminação de seus componentes, sem que causem qualquer tipo de degradação ao meio ambiente. Este tipo de orientação logística (para o ciclo de vida) é aplicável principalmente a sistemas de defesa complexos e altamente sofisticados.

### **2.1.2 Fases e Funções da Logística Militar**

A Logística Militar é executada basicamente por meio de três fases e sete funções, que serão a seguir apresentadas e discutidas em relação aos aspectos necessários ao desenvolvimento desta pesquisa.

De acordo com o preconizado na publicação MD42-M-02, destacam-se na Logística Militar, por sua relevância, três fases, que visam atender necessidades específicas previamente estabelecidas: determinação das necessidades; obtenção; e distribuição. Acrescenta a citada publicação que “Essas fases estão relacionadas entre si e devem ser sempre consideradas, quanto à sua aplicabilidade, nas funções, atividades e tarefas da logística militar.” (BRASIL.MD, 2002, p. 17).

Ainda segundo Doutrina de Logística Militar, a fase “determinação das necessidades” é a base para a execução das demais fases. Nela, a partir dos planejamentos realizados, são estabelecidas as necessidades em termos de quantidade, qualidade, local e tempo, a fim de que no momento certo, na quantidade correta, com a qualidade desejada e no local adequado, os materiais e serviços desejados estejam disponíveis. (BRASIL.MD. 2002, p. 17).

Outro aspecto importante para o entendimento de como a Logística Militar é executada é o conceito de “função logística”. Para que efetivamente sejam providos os recursos e

serviços necessários à execução das missões das Forças Armadas, diversas atividades logísticas precisam ser realizadas. Com a evolução do estudo da Logística Militar, tais atividades foram sendo organizadas em conjuntos de atividades afins, tendo esse conjunto de atividades recebido a denominação de “função logística”. De acordo com a publicação MD42-M-02, existem sete funções logísticas: Recursos Humanos; Saúde; Suprimento; Manutenção; Engenharia; Transporte; e Salvamento.

Destaca-se que dentre as sete funções supracitadas, a função logística “manutenção” é a que se encontra mais diretamente relacionada ao ALI e possui maior influência no CCV, sendo assim a de maior interesse para este trabalho, devendo “(...) ser tratada como uma função logística estratégica, pois, o seu desempenho afetará diretamente o desempenho das Forças” (BRASIL.MD, 2002, p. 28). Suas atividades logísticas são executadas com o objetivo de manter o material na melhor condição possível de uso e, no caso de avaria, providenciar o pronto reestabelecimento de sua condição de emprego. (BRASIL.MD, 2002, p. 27).

Um último aspecto relevante a ser tratado sobre Logística Militar se refere ao significado do termo “disponibilidade”. A maioria das pessoas, ao estudar logística, entende a “disponibilidade” sob a ótica da função logística “suprimento”, ou seja, entregar determinado item ou serviço ao usuário final para suprir uma necessidade previamente identificada. Contudo, esse termo possui um segundo significado quando analisado sob a ótica da função logística “manutenção”. Nesse caso, a disponibilidade se refere à condição de uso dos equipamentos necessários ao cumprimento da missão da organização. O processo necessário à obtenção da disponibilidade nem sempre é fácil de ser executado. Analisando-se os possíveis óbices à provisão de determinada necessidade logística, de imediato vem à mente dificuldades mais intimamente relacionadas à Logística Empresarial, como: insuficiência de recursos financeiros, falta fontes de obtenção ou estrutura de distribuição inadequada. Contudo, sob a ótica da Logística Militar, além dos óbices acima mencionados, existem dificuldades no âmbito da fun-

ção logística “manutenção”, como falta de pessoal qualificado para executar um reparo ou dificuldade de acesso a um item avariado para efetuar rapidamente sua substituição, que podem representar problemas logísticos muito mais complexos de serem resolvidos, principalmente quando dizem respeito à disponibilidade (prontidão para emprego) de sistemas armas, classificados como sistemas complexos, objeto de estudos da próxima seção deste trabalho.

## 2.2 SISTEMAS COMPLEXOS

O Conselho Internacional de Engenharia de Sistemas (INCOSE)<sup>4</sup> define sistema como:

(...) um conjunto de elementos que produzem resultados os quais não poderiam ser obtidos pelas partes separadamente. Os elementos, ou partes do sistema, incluem pessoas, *hardware*, *software*, instalações, políticas, processos e documentos, ou seja, tudo aquilo que for necessário para produzir resultados dele esperados (DUBEY, 2006, p. 8, tradução nossa).

Alguns sistemas, devido a uma série de características específicas que possuem, acabam sendo classificados como sistemas complexos. Guerra e Teixeira (2002, p. 94) definem como sistemas complexos de produção aqueles que são “(...) intensivos em engenharia, de alto custo e feitos por encomenda, como é o caso de simuladores de voo, helicópteros, plantas nucleares, submarinos, plataformas de petróleo etc.” Segundo os autores, não há a intenção de se igualar a complexidade dos exemplos por eles apresentados, mas tão somente de se destacar que todos esses sistemas são formados por “um grande número de componentes customizados e requererem um elevado nível de abrangência de conhecimentos e de capacidades”. (GUERRA; TEIXEIRA, 2002, p. 94).

---

<sup>4</sup> *International Council on Systems Engineering*



Cunha, Martins e Szajnbok por sua vez, definem sistemas complexos como: “uma organização técnico-social caracterizada pela sua arquitetura complexa e sofisticação tecnológica.” Apresentam como exemplo de sistemas complexos: “sistemas militares, plataformas de petróleo off-shore, plantas química, usinas nucleares, sistema de controle de tráfego aéreo, redes de distribuição de energia, etc.” (CUNHA; MARTINS; SZAJNBOK, 2011, p. 6).

Construídos normalmente de maneira unitária, por encomenda de um único comprador, sistemas complexos, quando de sua produção, envolvem: relacionamentos entre diversos componentes, custos significativamente elevados, lotes pequenos, pessoal altamente capacitado e especificações bem detalhadas apresentadas pelo comprador, resultando, normalmente, em um produto único. No seu desenvolvimento observa-se um alto grau de interação entre fabricante e comprador, sendo este último responsável por uma série de avanços incrementais a partir do projeto inicial. (GUERRA; TEIXEIRA, 2002, p. 94).

Enquanto projetos de grande envergadura, sistemas complexos apresentam três características importantes: elevados riscos, altos custos e inúmeras incertezas quanto ao desempenho futuro. Especificamente em relação aos elevados custos envolvidos, cabe ressaltar que a maioria dos compradores de sistemas complexos costuma demonstrar uma grande preocupação com os custos de aquisição do sistema e certo descaso com os custos relacionados à sua operação, manutenção e descarte, os quais, sob a ótica do ciclo de vida de sistemas complexos, costumam ultrapassar em muito os custos de aquisição. (CUNHA; MARTINS; SZAJNBOK, 2011, p. 1).

### **2.2.1 Obtenção e Manutenção de Sistemas Complexos**

A análise para a decisão quanto à obtenção de um sistema complexo envolve uma solução de compromisso entre desempenho, disponibilidade no tempo e custos. Dentre essas

três variáveis, considera-se a “disponibilidade no tempo” como fator crítico para a decisão de se obter ou não determinado sistema, uma vez que ela representa, em última análise, a efetividade que terá o sistema em cumprir a missão a que se destina.

Disponibilidade está intimamente relacionada à capacidade do apoio logístico em prover sobressalentes, instalações e serviços necessários a manter ou recuperar a capacidade operacional de um sistema quando assim for necessário. (CUNHA; MARTINS; SZAJNBOK, 2011, p. 2-3). Reforçando a ideia de que a efetividade do sistema está intimamente relacionada à sua disponibilidade, Guimarães (1999, p. 14) afirma que “(...) as bases normativas para projeto e operação de sistemas militares navais privilegiam a disponibilidade como atributo fundamental para assegurar o sucesso de sua missão (...)”.

Com base no apresentado começa a se tornar evidente a importância, para o alcance da efetividade de qualquer sistema complexo, das questões relacionadas à sua manutenção. É fundamental que se garanta a um novo sistema a ser desenvolvido uma manutenção adequada.

Mirshawka & Olmedo<sup>5</sup> (1993, p. 14 apud BOLGENHAGEN et al., 2011, p. 32), definem manutenção como um “conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas ou equipamentos, visando garantir a consecução de sua função dentro de parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e vida útil adequados”.

Bondarczuk (2005, p. 37 apud CÔRTES, 2006, p. 32) complementa a definição acima explicando que:

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.

---

<sup>5</sup> MIRSHAWKA, Victor; OLMEDO, Napoleão Lupes. **Manutenção – Combate aos custos da não eficácia – A vez do Brasil**. São Paulo: Editora Makron Books do Brasil Ltda., 1993.

A exemplo do que foi observado com a Logística, o estudo da Engenharia de Manutenção só começa a ganhar os contornos que atualmente possui no século XX, mas especificamente após as duas Guerras Mundiais.

Tavares (1999, p. 10) comenta que:

Até 1914, a manutenção tinha importância secundária e era executada pelo mesmo efetivo de operação. Com o advento da Primeira Guerra Mundial e a implantação da produção em série, instituída por Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência, sentiram necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível.

Dhillon (1999, p. 1) acrescenta que o estudo da manutenção, enquanto uma disciplina organizada, se inicia efetivamente no período entre o término da II Guerra Mundial e o início da década de 1950, quando várias pesquisas foram conduzidas no âmbito do DOD dos EUA produzindo resultados surpreendentes, das quais se destacam:

a) um estudo realizado pela Marinha dos EUA que constatou que os equipamentos eletrônicos somente se encontravam em estado operativo 30% do tempo das manobras dos meios navais;

b) um relatório da Oitava Força Aérea do Exército dos EUA, sediada na Grã-Bretanha durante a II Guerra Mundial, informando que apenas 30% de seus bombardeiros pesados conseguiam ser mantidos em estado de prontidão operacional e que a situação em outros campos de aviação era bastante similar; e

c) um estudo realizado pelo Exército dos EUA no qual foi constatado que entre 60% a 75% de seus equipamentos encontravam-se, na maior parte do tempo, quebrados ou em manutenção.

Ao longo do tempo, pesquisadores têm estabelecido diversos tipos de critérios para classificar a manutenção. Pode-se uma maneira mais ampla dividir sua execução em dois grandes tipos: manutenções planejadas e manutenções não planejadas. As manutenções planejadas ou ativas se dividem em preventiva e preditiva, nelas o tempo de inoperância do sistema

é planejado e visam minimizar a possibilidade de ocorrência de uma falha e os custos de manutenção do sistema. Já as manutenções não planejadas ou reativas são normalmente mais onerosas e executadas visando sanar uma falha que deixa o equipamento inoperante. (EBELING, 2005, p. 189, apud CORTÊS, 2006, p. 32).

### **2.2.2 Medidas de Desempenho de Sistemas Complexos**

A fim de justificar os elevados custos incorridos para a sua obtenção, sistemas complexos precisam se manter, na maior parte do tempo, operacionais, ou seja, precisam buscar a efetividade no cumprimento de sua missão. Infelizmente isso nem sempre se verifica, em virtude da ocorrência de uma série de processos como, por exemplo, fadiga do material e corrosão, os quais acabam por levar a uma alteração de desempenho do sistema.

Assim, para se garantir a efetividade de um sistema se faz necessário, permanentemente, trabalhar para a minimização da ocorrência de falhas (CÔRTEZ, 2006, p. 29). Falha, segundo Bondarczuck, pode ser definida como: “O desvio das características de um produto de seu valor nominal aceitável (...).” (2005, p. 36 apud CÔRTEZ, 2006, p. 28).

Côrtes (2006, p.32) apresenta quatro medidas de desempenho utilizadas para se verificar a capacidade dos sistemas complexos de se manterem operacionais: confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e apoiabilidade.

Confiabilidade é “a probabilidade que um componente ou sistema desempenhará uma função requerida por um dado período de tempo, quando usado sob as condições operacionais estabelecidas” (EBELING, 2005, p. 5, apud CORTÊS, 2006, p. 33). A confiabilidade está associada a variável “tempo de operação do sistema até a primeira falha”. (CÔRTEZ, 2006, p. 33).

Manutenibilidade, por sua vez, se refere à capacidade de um sistema de ser reparado quando apresentar uma falha. Conforme ensina Ebeling (2005, p. 6 apud CÔRTEZ, 2006, p. 36), manutenibilidade 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”. A manutenibilidade é medida quantitativamente pelo tempo necessário para recuperar a condição operacional de um sistema que apresente uma falha. Cabe destacar a importância das decisões tomadas na fase de projeto e dos recursos materiais e humanos disponíveis, para a manutenibilidade de um sistema. (CÔRTEZ, 2006, p. 36).

Disponibilidade, segundo Ebeling (2005, p.254 apud CÔRTEZ, 2006, p.36), é a probabilidade de um sistema desempenhar a função dele requerida em um determinado momento, ou ao longo de um período de tempo estabelecido, quando operado e mantido da maneira prescrita. O cálculo da disponibilidade de um sistema é feito por meio da divisão do tempo operacional do sistema pela soma desse tempo operacional com o tempo de inoperância do sistema.

A quarta medida de desempenho a ser estudada neste trabalho se refere ao conceito de apoiabilidade, que diz respeito aos tempos de atraso de manutenção e suprimento. De acordo com o DOD dos EUA (ESTADOS UNIDOS, 1997, p. 4-14), apoiabilidade representa o grau com que as características de projeto e o planejamento de recursos logísticos de um sistema atendem os requisitos de funcionamento desse sistema tanto em tempo de paz quanto em tempo de guerra. Segundo Bondarczuk (2005, p. 63 apud CÔRTEZ, 2006, p. 41), “a apoiabilidade depende principalmente das decisões tomadas na fase de projeto, estando relacionada à complexidade, tamanho, quantidade e padronização dos recursos de suporte”. A apoiabilidade é medida quantitativamente pelo tempo que um sistema fica inoperante em decorrência

da inexistência de recursos materiais e humanos para a sua manutenção. (CÔRTEZ, 2006, p.41).

### 2.2.3 Cadeia Logística de Manutenção

Um último aspecto precisa ser tratado neste capítulo se refere ao conceito de Cadeia Logística de Manutenção (CLM). Côrtes e Brick (2007, p. 1191) explicam que a CLM é considerada parte integrante do sistema ao qual fornece apoio logístico, sendo normalmente estruturada de forma hierárquica, em níveis de manutenção. Segundo os autores citados, a divisão desses níveis é definida de acordo com a capacidade de manutenção e reparo das instalações que os integram e usualmente são divididas em:

a) Organizacional: limitado a verificações periódicas de desempenho por meio da realização de pequenos ajustes no próprio local de funcionamento do equipamento;

b) Intermediário: reparo de itens por remoção e substituição, realizado em instalações especializadas, por pessoal qualificado e bem equipado, se referindo a manutenções mais detalhadas que as do nível organizacional;

c) Industrial ou *Depot*: realizada em instalações especializadas, com equipamentos complexos e grande disponibilidade de sobressalentes; e

d) Fabricante ou Fornecedor: fornece itens novos e reparos não viáveis de execução nos demais níveis, em virtude da necessidade de maquinário caro, bem como de equipamentos específicos para teste e apoio. (CÔRTEZ; BRICK, 2007, p. 1191).

O nível “Fabricante ou Fornecedor” nem sempre é encontrado na literatura. Contudo, é fato que certos reparos, em função de sua especificidade, complexidade e exigência de equipamentos especiais, necessitam ser realizados pelo próprio fabricante do equipamento.

Acrescentam os autores que uma CLM apresenta dois fluxos bem definidos: um para a manutenção e outro para a distribuição. O primeiro ocorre quando há uma falha e os itens avariados retornam do local onde são utilizados para os níveis de manutenção intermediário e industrial. Já o fluxo de distribuição se refere ao trânsito de sobressalentes, pessoal, equipamento de teste e dados, dos diversos fornecedores para os locais de operação dos equipamentos/sistemas e, quando necessário, para os níveis de manutenção intermediário e industrial. É a interação de diversos elementos logísticos como, por exemplo: pessoal de apoio, treinamento de pessoal, suprimentos, recursos de computação, dados técnicos e equipamento de apoio, que viabiliza a ocorrência dos dois fluxos supracitados na prestação do apoio logístico. (CÔRTEZ; BRICK, 2007, p. 1191). A FIG. 1 ilustra os diversos fluxos de uma CLM.



Figura 1- Cadeia Logística de Manutenção.

Fonte: Adaptado de BLANCHARD, 2004, p. 9.

### 3 APOIO LOGÍSTICO INTEGRADO (ALI)

Foi em meados da década de 1960 que o DOD dos EUA criou o conceito de Apoio Logístico Integrado (ALI), tendo como principal objetivo promover a necessária coordenação e integração entre as atividades de projeto e as atividades de desenvolvimento do apoio logístico. Como explicam Cunha, Martins e Szajnbok, a adoção da sistemática do ALI buscou viabilizar a obtenção de “sistemas perfeitamente suportáveis, que apresentem desempenho técnico superior, com altas taxas de disponibilidade operacional ao menor custo do ciclo de vida.” (CUNHA; MARTINS; SZAJNBOK, 2011, p. 1). Ressalta-se da explicação apresentada, que dentro do arcabouço conceitual do ALI, desde sua concepção, a busca pela minimização dos custos de operação e manutenção sempre possuiu um papel central. Um dos principais motivos que explica tal preocupação com custos foi a necessidade de se adequar as demandas logísticas das Forças Armadas às crescentes reduções orçamentárias observadas pelo DOD dos EUA, principalmente a partir da década de 1960, conforme pode ser constatado na Tabela 1 a seguir apresentada.

TABELA 1  
Evolução dos Gastos com Defesa nos EUA (1950 - 2008).

(Continua)

Ano fiscal	Percentual do PIB	Percentual dos gastos totais do Governo Federal
1950	4.9	27.4
1955	9.1	51.3
1960	8.2	45.0
1965	7.4	38.7
1970	8.1	39.4
1975	5.6	25.5
1980	5.0	22.5
1985	6.2	25.9
1990	5.2	23.8
1995	3.7	18.2
2000	3.0	16.5
2001	3.0	16.4
2002	3.4	17.3



TABELA 1  
Evolução dos Gastos com Defesa nos EUA (1950 - 2008).

Ano fiscal	Percentual do PIB	(Conclusão)
		Percentual dos gastos totais do Governo Federal
2003	3.7	18.7
2004	4.0	19.9
2005	4.0	20.0
2006	4.0	19.7
2007	4.0	20.2
2008	4.1	19.3

Fonte: FOX et al., 2011, p. 2.

### 3.1 IMPLANTAÇÃO DO ALI NOS EUA

No início da utilização do ALI nos EUA, foram observadas diversas críticas à nova metodologia de apoio logístico e constatadas resistências diversas à sua adoção, principalmente sob a alegação de que tal metodologia era muito complexa e de que grande parte das informações que eram por ela demandadas não estavam disponíveis. Além disso, havia uma percepção de que os novos sistemas de armas, agora mais sofisticados, não eram tão confiáveis quanto os antigos, levando muitos comandantes de navios de guerra a declarar que trocariam parte do novo patamar de desempenho dos sofisticados sistemas em implantação, por um pouco mais da confiabilidade e facilidade de manutenção que os sistemas antigos possuíam (LATIF, 1987, p.12).

Para exemplificar, o Almirante H. P. Smith, da Marinha dos Estados Unidos (USN)<sup>6</sup>, Comandante-em-Chefe da Frota do Atlântico em meados da década de 1960, resumiu o desafio que o DOD precisaria enfrentar para implantar o ALI, quando prestou a seguinte declaração:

<sup>6</sup> *United States Navy* (USN)

Meus navios estão sobrecarregados com os chamados equipamentos sofisticados que têm maravilhosos artigos na imprensa sobre o seu desempenho. Infelizmente, eles não funcionam quando mais precisamos deles. Esses sistemas complexos são geralmente pouco confiáveis e muito difíceis de manter. Quando eles funcionam, seu desempenho é geralmente excelente. No entanto, eu ficaria feliz em sacrificar um pouco desse desempenho por mais confiabilidade e facilidade de manutenção. Meus navios precisam de sistemas que funcionem quando são necessários. Eles não precisam mais “lixo” instalado neles. (SMITH<sup>7</sup> apud LATIF, 1987, p.12, tradução nossa).

Em face do acima exposto, em agosto de 1964 foi estabelecido pelo “Conselho de Manutenção e Prontidão de Equipamentos”<sup>8</sup>, do DOD dos EUA, um comitê para estudar a Diretiva DOD 4100.35, que era o documento que definia os conceitos e objetivos do ALI. Esse comitê recebeu nove tarefas para estudo, entre as quais coube à USN o desenvolvimento de um método para se estabelecer uma estimativa dos custos anuais de manutenção dos meios durante a sua fase operativa, devendo esse custo ser calculado em termos de necessidades de materiais, serviços e recursos financeiros. (GENEST JR., 1969, p. 12)

Genest Jr. acrescenta que após um ano de trabalho, em agosto de 1965, o Comitê elaborou um relatório, no qual era destacado que os resultados dos estudos realizados permitiriam ao DOD e à indústria de defesa, um entendimento mútuo mais abrangente das necessidades e pontos de vista uns dos outros, em relação ao desenvolvimento de apoio logístico integrado. Ainda em relação ao relatório final, o Comitê destacou que os nove relatórios parciais, um para cada tarefa distribuída, revelavam a necessidade de se examinar mais minuciosamente os elementos de apoio logístico constantes da Diretiva DOD 41.000.35, no sentido de se mitigar: (1) a falta de definição exata de quais seriam os elementos que constituem o pacote ALI; (2) a falta de uniformidade quanto à definição e a nomenclatura dos elementos logísticos; e (3) a falta de uniformidade quanto ao agrupamento dos elementos logísticos para efeitos de custos. Foi destacado ainda, que a utilização de engenheiros logísticos treinados e motivados seria a chave para a implantação eficiente e eficaz da Diretiva DOD 41.000.35. Por fim, o

---

<sup>7</sup> SMITH, H. P., **Integrated Logistic Support**. Bailey's Crossroads: Logistic Systems Management, Inc., 1967. (paper presented at the Naval Material Command ILS Trainer Course).

<sup>8</sup> *Equipment Maintenance and Readiness Council*

relatório reconheceu que muito trabalho ainda restava a ser feito e sugeriu que fosse criada uma comissão permanente, composta por especialistas totalmente dedicados, a fim de que ações de acompanhamento fossem definidas, para assegurar que o ALI se transformasse de mito em realidade. (GENEST JR.,1969, p. 14).

### 3.2 DEFINIÇÃO DE ALI

Por ocasião de sua criação, o ALI foi definido pelo DOD dos EUA como:

Uma síntese de todas as considerações de apoio logístico necessárias para garantir a eficácia e o suporte econômico a um sistema ou equipamento, em todos os níveis de manutenção de seu ciclo de vida. O ALI é parte integrante dos processos de aquisição e operação de um sistema. (ESTADOS UNIDOS<sup>9</sup>, 1967 apud BLANCHARD, 2004, p. 7, tradução nossa)<sup>10</sup>.

Blanchard (2004, p. 7) explica que o ALI, desde o seu início, possui uma abordagem voltada para o ciclo de vida em relação aos processos de: planejamento e desenvolvimento do projeto, obtenção e operação do sistema/equipamento, tendo como objetivo final maximizar a disponibilidade e otimizar os custos. Afirmação essa que está em consonância com o que foi comentado no capítulo dois sobre a Logística Militar. Especificamente em relação aos custos, ressalta o autor que os recursos necessários para se prestar apoio logístico representam a maior despesa associada a um sistema militar durante a sua vida útil. Por isso, é imperativo que o ALI defina, da maneira a mais econômica possível, a utilização desses recursos. (BLANCHARD, 2004, p. 8).

---

<sup>9</sup> Estados Unidos. U. S. Department of Defense. **4100.35G**: integrated logistics support planning guide for DOD systems and equipment, Washington, DC, 1967.

<sup>10</sup> “a composite of all support considerations necessary to assure the effectiveness and economical support of a system or equipment at all levels of maintenance for its programmed life cycle. It is an integral part of all other aspects of system acquisition and operation.”

Entre os motivos que ensejaram a criação do ALI, cabe também destacar a intenção de se alcançar uma melhor coordenação entre o trabalho dos engenheiros especializados em logística com as atividades desempenhadas pelos engenheiros de projeto. O alcance de tal coordenação visa garantir que o apoio logístico necessário ao sistema em desenvolvimento seja devidamente considerado quando da elaboração de seu projeto conceitual. (JONES, 1989, p. 1-2).

Fruto de sua aplicação no decorrer das décadas de 1960,1970 e 1980, a concepção do ALI se desenvolveu, tendo sido ampliada para:

Uma abordagem disciplinada, unificada e interativa das atividades técnicas e gerenciais necessárias à:

- (1) integrar as necessidades de apoio logístico ao projeto do sistema\equipamento;
- (2) desenvolver requisitos de apoio logístico de forma coerente com os objetivos do projeto;
- (3) adquirir o apoio logístico necessário; e
- (4) proporcionar apoio logístico durante toda a fase operacional do sistema ao menor custo possível. (DSMC<sup>11</sup>, 1994 apud BLANCHARD, 2004, p. 8, tradução nossa).

Complementarmente às definições enunciadas, Jones (1989, p. 1) conceitua o ALI como uma estrutura de gestão que planeja, coordena e dirige atividades multidisciplinares relacionadas com a identificação e desenvolvimento de requisitos de apoio logístico para sistemas militares. Acrescenta o autor que cada uma das disciplinas que compõe o ALI, também conhecidas como Elementos Logísticos (EL), se dedica a aspectos específicos do programa de apoio logístico. A seguir serão apresentados os EL que compõem uma estrutura básica de um ALI.

---

<sup>11</sup> DSMC (Defense Systems Management College), **Integrated Support Guide**. Defense Systems Management College, Fort Belvoir, VA, 1994.

### 3.3 ELEMENTOS LOGÍSTICOS

De acordo com a conceituação acima apresentada, o papel do ALI é coordenar os diversos EL responsáveis por identificar e providenciar os recursos necessários para apoiar logisticamente sistemas complexos. Como explica Jones (1989, p. 4), cada um desses EL direciona seus esforços para tratar de um aspecto específico do processo de apoio logístico e são denominados como indicado no Quadro 1 a seguir apresentado:

**QUADRO 1**  
Elementos Logísticos

1. Planejamento da Manutenção;	6. Documentação técnica;
2. Planejamento do Pessoal para operar e manter os equipamentos;	7. Recursos Computacionais;
3. Apoio de suprimentos;	8. Embalagens, Manuseio, Armazenamento e Transporte;
4. Equipamentos de teste e de apoio;	9. Instalações;
5. Treinamentos e equipamentos para formação de pessoal;	10. Confiabilidade e manutenibilidade; e
	11. Informações Logísticas.

Fonte: Adaptado de JONES, 1989, p. 4.

Para atingir seus objetivos, cada um dos EL acima deve possuir uma equipe própria, composta por engenheiros logísticos devidamente capacitados no seu respectivo ramo de conhecimento. (JONES, 1989, p. 4). Blanchard (2004, p. 11) acrescenta que existem muitas interações entre cada um dos EL, sendo fundamental se garantir que a elaboração dos planejamentos das diversas disciplinas que compõe o ALI seja totalmente integrada. Para isso, é primordial a existência de um fluxo de informações que passe por todas as equipes que desenvolvem o ALI nos diversos EL. Além do pessoal de ALI, também devem participar desse fluxo de informações todas as demais partes interessadas, como: o contratante do sistema, as organizações eventualmente subcontratadas para desenvolver partes do projeto, os fornecedores de suprimentos em geral e as organizações que participarão da futura manutenção do sis-

tema. A FIG. 2 ilustra a interação entre os diversos Elementos Logísticos que atuam no desenvolvimento do ALI.

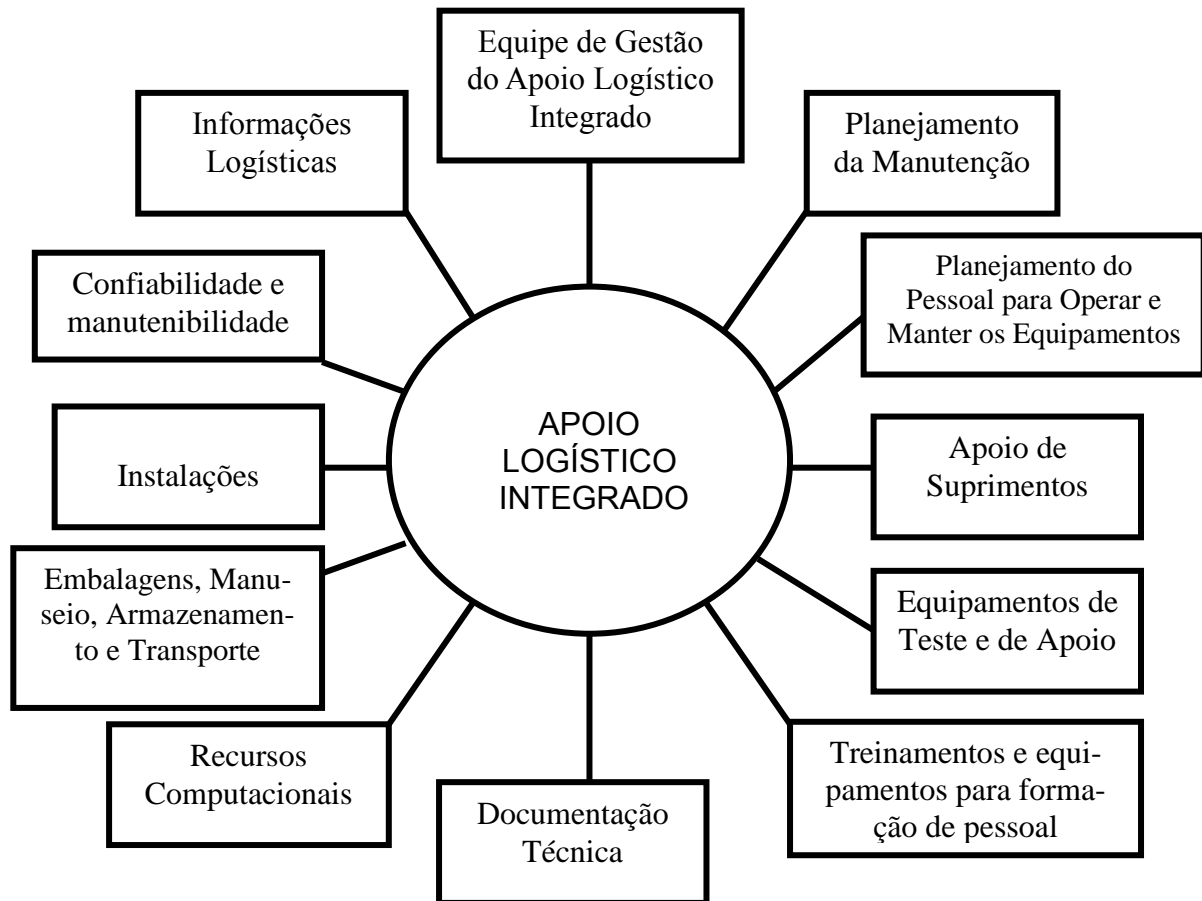


Figura 2 - Elementos Logísticos.

Fonte: Adaptado de BLANCHARD, 2006, p. 12.

O Apêndice A deste trabalho apresenta o detalhamento das características de cada um dos EL acima citados. Serão tratadas a seguir, de forma consolidada e com base no discutido por Jones (1989, p. 4-10), algumas características dos EL acima enumerados, para que se possa ter uma ideia da amplitude e profundidade dos assuntos que eles englobam.

Inicialmente, ressalta-se que o ALI de um sistema complexo é, em sua maior parte, centrado em torno da manutenção, sendo responsável por identificar quantitativa e qualitativamente o material e o pessoal necessário ao apoio logístico do futuro sistema.

Em relação especificamente aos sobressalentes e materiais de reparo, necessários para apoiar logisticamente tanto manutenções planejadas quanto não planejadas, é fundamen-

tal destacar que eles devem estar disponíveis quando necessários, sob pena, caso assim não ocorra, de que o sistema fique inoperante.

No que se refere a pessoal, chama-se a atenção para a elaboração do planejamento do treinamento e para a identificação dos equipamentos necessários à capacitação, que deverão ter por objetivo final garantir que a formação e a atualização dos operadores dos sistemas e dos executores do apoio logístico, sejam realizadas de forma coordenada com demais Elementos Logísticos.

Quanto à documentação do novo sistema, manuais técnicos deverão ser elaborados de modo a fornecer aos operadores e ao pessoal de manutenção, uma única referência que contenha todas as informações e instruções necessárias para o uso e manutenção do sistema de forma eficiente. A adoção de requisitos e equipamentos especiais para a execução das atividades de apoio logístico, sempre que possível, deve ser evitada, uma vez que tais requisitos e equipamentos elevam o custo do ciclo de vida do sistema. A existência de instalações adequadas para a manutenção dos sistemas deve ser tratada como uma parte importante do ALI.

Por último, deve-se sempre ter em mente que a confiabilidade e a manutenibilidade de um sistema sempre desempenharão papéis fundamentais na determinação do apoio logístico que se pretende prestar a um novo sistema que se pretende colocar em atividade.

Destaca Blanchard (2006, p. 14) que o objetivo dos EL é proporcionar os recursos necessários à prestação do apoio logístico ao novo sistema de forma equilibrada. Para isso, uma abordagem de custo-efetividade deve ser aplicada, buscando-se sempre obter uma combinação ótima entre técnicas e equipamentos, uma vez que a introdução de novas tecnologias e equipamentos que aprimoram o processo de ALI, normalmente aumentam os gastos com apoio logístico.

### 3.4 CICLO DE VIDA DE UM SISTEMA

Por simplicidade e para evitar confusões, a exemplo do adotado por Jones em um de seus trabalhos (1998, p. 1.12), nas seções subsequentes desta pesquisa serão feitas referências a sistemas, produtos e itens de equipamentos com o nome genérico de “sistemas”, “produtos”, “equipamentos” ou “itens”. Contudo, é importante reconhecer que existem diferentes níveis de sistemas, produtos, equipamentos e itens, e que esses diferentes níveis são utilizados pelas disciplinas do ALI em análises e para se determinar os requisitos de apoio logístico.

Cunha, Martins e Szajnbok (2011, p.11) definem o “ciclo de vida” de um sistema como “(...) a representação no tempo de todas as fases de um sistema desde a sua concepção e introdução no meio ambiente até a sua desativação”. As atividades de ALI começam com a elaboração conceitual do projeto de um item, equipamento ou sistema e continuam ao longo de toda sua vida útil. Este processo é o mesmo, tanto para o desenvolvimento de uma pequena peça quanto de um grande sistema de armas. Jones (1989, p. 11) divide o ciclo de vida de um sistema em sete fases distintas, conforme o indicado no Quadro 2 a seguir apresentado:

#### QUADRO 2

##### Fases do Ciclo de Vida de um Sistema.

- 
- 
1. Preconcepção do Projeto;
  2. Concepção do Projeto;
  3. Demonstração\Validação;
  4. Desenvolvimento detalhado do projeto;
  5. Produção e/ou Construção;
  6. Operação e Apoio; e
  7. Alienação.
- 
- 

Fonte: Elaborado pelo autor.



Destaca o autor que cada uma dessas fases, representadas graficamente na FIG. 3, tem um começo e um fim bem definidos, embora possam vir a se sobrepor em algumas situações.



Figura 3 - As fases do ciclo de vida de um sistema.

Fonte: Adaptado de BLANCHARD, 2004, p.15.

A seguir serão resumidos, com base no apresentado por Jones (1989, p. 11-13) os principais aspectos de cada uma das sete fases supramencionadas, a fim de proporcionar uma melhor compreensão do assunto:

a) Preconcepção do Projeto - o ciclo de vida de um sistema começa nessa fase, que trata da identificação da necessidade de um novo sistema. Tal necessidade pode se basear na avaliação de um equipamento existente que deixou de cumprir a sua missão de maneira satisfatória, ou em um novo tipo de missão para a qual não existe um equipamento adequado. Esta fase pode durar de alguns meses a vários anos, em função da urgência em se obter o novo sistema e da viabilidade da concepção do projeto em questão. (JONES, 1989, p. 11).

b) Concepção do Projeto - definida a necessidade do novo sistema, identificados os recursos necessários e estabelecidas as prioridades, inicia-se a fase de Concepção do Projeto, que tem por objetivo desenvolver propostas alternativas para o projeto final do novo sistema. A duração desta fase é ditada por muitas variáveis como: necessidade do novo sistema, viabilidade técnica para produzi-lo e disponibilidade de recursos. (JONES, 1989, p. 12).

c) Demonstração\Validação - as alternativas desenvolvidas e selecionadas durante a fase de Concepção do Projeto precisam agora ser completamente exploradas, para que se

determine qual a alternativa que melhor satisfaz a necessidade inicial identificada. O principal objetivo desta fase é validar alternativas que realmente atenderão as necessidades identificadas durante a fase de Preconcepção do Projeto, sendo sua duração limitada ao tempo suficiente para se realizar a validação acima referenciada, levando, normalmente, entre doze e dezoito meses. (JONES, 1989, p. 12).

d) Desenvolvimento Detalhado do Projeto - a alternativa selecionada na fase de Demonstração e Validação prossegue para a fase de “Desenvolvimento Detalhado do Projeto”. Durante essa fase, a proposta do novo sistema passa por um processo completo de engenharia, a fim de que seja desenvolvido um projeto de sistema que atenda a todos os requisitos identificados na fase de Preconcepção do Projeto. Destaca-se que uma significativa parcela das atividades de planejamento do ALI deve ser desenvolvida nesta fase do ciclo de vida de um sistema. Na FIG. 4 apresenta-se uma representação gráfica do ciclo de vida de um sistema, na qual se observa, pelo tamanho das setas verticais inseridas na figura, as diferentes intensidades de esforço do ALI nas diferentes fases do ciclo de vida. A duração dessa fase será baseada no tempo necessário para se desenvolver o projeto do novo sistema a partir da validação obtida na fase de “Demonstração e Validação”, terminando quando de sua prontificação para produção. (JONES, 1989, p. 12).

e) Produção e\ou Construção - a efetiva fabricação do novo sistema acontece durante a fase de Produção. No início desta fase o projeto do sistema é “congelado” e não pode ser alterado sem que haja uma aprovação formal do contratante. A duração dessa fase é determinada pelo tempo necessário para: se obter ou fabricar os componentes; montar e testar o sistema; e, quando necessário, proceder à instalação de equipamentos. (JONES, 1989, p. 13).

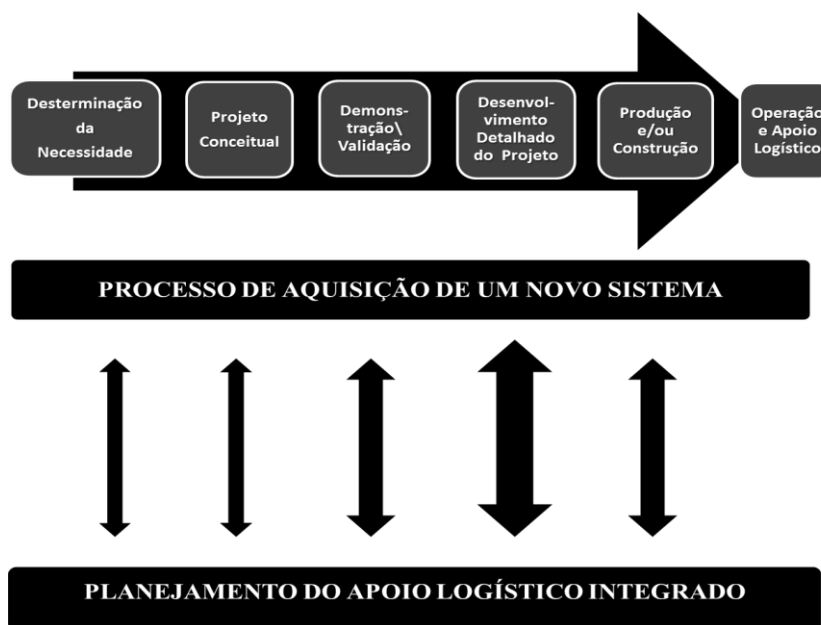


Figura 4 - Planejamento de Apoio Logístico Integrado.

Fonte: Adaptado de GENEST JR., 1969, P. 9.

f) Operação e Apoio - depois que a fabricação do sistema é finalizada, o contratante assume a sua propriedade e começa a fase de Operação e Apoio (logístico), também conhecida como fase de Operação e Suporte (O&S). Nesta fase o equipamento é colocado em operação e começa a suprir a necessidade identificada durante a fase de Preconcepção do Projeto. A duração desta fase é definida pelo tempo no qual o sistema irá satisfazer os objetivos para o qual foi desenvolvido. Alguns sistemas têm uma vida útil relativamente curta, enquanto outros podem permanecer em serviço por mais de vinte anos. A constatação de que o sistema não mais atende plenamente as necessidades do seu contratante pode representar o início do ciclo de vida para novo sistema ou da implementação de melhorias e modificações no sistema atual. (JONES, 1989, p. 13).

g) Alienação - quando um novo sistema entra efetivamente em operação, o sistema antigo, que não atendia mais a necessidade identificada na fase de Preconcepção de Projeto que o gerou, deve ser retirado de serviço, começando então a última fase do ciclo de vida de um sistema, a fase de "Alienação" ou "Desativação". Essa fase se estende até que todo o

sistema antigo seja extraído do inventário do contratante ou seja por ele redistribuído para atender outra necessidade. A Alienação de um sistema pode ser feita em um tempo relativamente curto ou pode exigir um significativo esforço para ser concluída. Alguns itens que contém componentes de risco ou perigosos podem exigir um longo período de tempo e recursos significativos para a sua desativação. (JONES, 1989, p. 13).

### 3.5 PROGRAMA DE ANÁLISE DO APOIO LOGÍSTICO (AAL)

Ao longo de décadas de utilização do ALI, um crescente aperfeiçoamento das atividades que compõem os Elementos Logísticos foi sendo observado. Contudo, Jones (1989, p.14) chama a atenção para uma importante constatação efetuada em relação ao momento em que efetivamente as atividades relacionadas ao ALI estavam sendo desenvolvidas no ciclo de vida de um novo sistema. Destaca o autor que na maioria dos projetos de desenvolvimento de sistemas de armas, as iniciativas referentes ao ALI só estavam efetivamente ocorrendo após o desenvolvimento detalhado do projeto conceitual do sistema se encontrar finalizado e aprovado. Tal fato contrariava o modelo idealizado para o ALI, no qual suas atividades deveriam se concentrar justamente na citada fase, conforme já apresentado neste trabalho por meio da FIG. 4. Tal situação se explica pelo fato de que os engenheiros de projeto têm como principal preocupação, no desenvolvimento do novo sistema, atender aos requisitos de desempenho estabelecidos, não considerando, em suas decisões, requisitos de apoio logístico. Esse tipo de processo onde primeiro se desenvolve o projeto do sistema e depois o seu apoio logístico é denominado “processo sequencial de desenvolvimento de apoio logístico”. Nesse modelo pode-se afirmar que o sistema final a ser entregue ao contratante é, na verdade, uma combinação de um Projeto Conceitual com um pacote de apoio logístico. A utilização do processo sequencial não possibilita aos engenheiros logísticos opinar na elaboração do projeto do sistema, identifi-

cando modos de torná-lo mais simples de se operar e de se apoiar logisticamente. (JONES, 1989, p.14).

Destaca Côrtes (2006, p.61) que, na prática, a utilização do ALI, além de não conseguir influenciar aspectos do projeto relacionados especificamente ao apoio logístico, também falhou em influenciá-lo nos aspectos que se referem à minimização de custos e a otimização do desempenho.

Outro importante fato destacado por Jones (1989, p. 2) se refere aos muitos relatos existentes quanto aos fracassos do ALI em coordenar os Elementos Logísticos durante a concepção de um novo sistema de armas, realçando, entre outros resultados observados:

- a) manuais técnicos incompatíveis com os equipamentos;
- b) peças de reposição classificadas como intercambiáveis, que não eram aplicáveis aos equipamentos;
- c) cursos de qualificação não compatíveis com as rotinas de manutenção dos equipamentos; e
- d) equipamentos de apoio inúteis ou desnecessários.

A análise da situação acima descrita levou os pesquisadores de ALI a conclusão de que não havia nenhum método estabelecido para que os Elementos Logísticos formalmente trocassem informações entre si. A desarticulação dos métodos de coleta e análise das informações de apoio logístico em muito prejudicava o levantamento de informações para o processo de ALI de um novo sistema. (JONES, 1989, p. 2).

As constatações acima levaram ao desenvolvimento de um novo processo denominado: Análise de Apoio Logístico (AAL), cujo principal objetivo era inserir preocupações de apoio logístico no processo de desenvolvimento do projeto conceitual do sistema. Desta forma, a adoção da AAL permitiu que se passasse a produzir projetos de sistemas mais simples de se apoiar e com uma melhor relação de custo-efetividade. (JONES, 1989, p. 14).

Em termos gerais, qualquer método de análise ou técnica que direcione apoio logístico ou que seja usado para identificar recursos de apoio logístico pode ser classificado como uma análise de apoio logístico. Todavia, o termo AAL tem um significado mais específico, tendo sido idealizado com quatro prioridades bem definidas, conforme pode ser observado na definição de AAL constante da norma *Defence Standard 00-60* do Ministério da Defesa do Reino Unido<sup>12</sup> (MOD):

A análise de apoio logístico é uma das principais ferramentas do apoio logístico integrado. Ela é o meio primário pelo qual os objetivos do apoio logístico integrado são atingidos e suas atividades consistem de uma série de tarefas analíticas que:

- a. fazem com que considerações de apoio logístico influenciem o projeto do equipamento.
- b. identificam questões de apoio, requisitos de prontidão e os contribuintes relevantes para custos o mais cedo possível no ciclo de vida do equipamento.
- c. definem requisitos de recursos de apoio logístico para a vida do equipamento.
- d. desenvolvem uma base de dados de apoio logístico chamada LSAR a ser utilizada para a gestão do apoio logístico ao longo de todo ciclo de vida do equipamento. (MINISTRY OF DEFENCE<sup>13</sup>, 2004, p. 3, apud CÔRTEZ, 2006, p. 61).

Ressalta-se que o primeiro documento que definiu formalmente o processo de AAL foi o Manual de Análise de Apoio Logístico<sup>14</sup> (MIL-STD-1388-1) do DOD dos EUA, em 1973. Quase vinte cinco anos depois, em 1997, o MIL-STD-1388-1, que havia sido atualizado em 1983, foi substituído por um novo manual que tratava de aspectos logísticos por ocasião das aquisições do DOD, o Manual de Aquisições Logísticas<sup>15</sup> (MIL-HDBK-502). Este manual “introduziu o conceito de Análise de Apoiabilidade, não mais estabelecendo e descrevendo, formal e detalhadamente, as tarefas que compõe um programa de análise de apoio logístico.” (CÔRTEZ, 2006, p. 61-62).

O trecho do MIL-HDBK-502, abaixo reproduzido, define o que seriam as análises de apoiabilidade:

<sup>12</sup> *Ministry of Defence* (MOD)

<sup>13</sup> REINO UNIDO. Ministry of Defence. **Defence Standard 00-60**, Part 1, Issue 3, 2004.

<sup>14</sup> *Military Standard – Logistic Support Analysis*

<sup>15</sup> *Military Handbook - Acquisition Logistics*

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 seja simultaneamente desenvolvido, ou adquirido, com a infraestrutura e sistema de apoio ótimos. 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 em confiabilidade, análise de modos de falha, efeitos e criticalidade, análise de custo do ciclo de vida etc., podendo todas serem categorizadas como análises de apoiabilidade (DEPARTMENT OF DEFENSE, 1997, p. 5-1 apud CÔRTEZ, 2006, p. 61).

Destaca-se do texto acima a importância dada à apoiabilidade como um requisito de desempenho do sistema e a necessidade de que toda infraestrutura de apoio logístico do sistema seja com ele simultaneamente desenvolvida.

Por fim, cabe ressaltar tanto na definição de AAL do MOD quanto na definição de Análise de Apoiabilidade do DOD dos EUA a relevância dada ao custo do ciclo de vida na estruturação do ALI de um novo sistema.

### 3.6 EFETIVIDADE DE UM SISTEMA

Balnchard (2004, p. 40) explica que o termo “efetividade do sistema” genericamente se refere à capacidade de um sistema desempenhar as funções para o qual foi produzido. A medição dessa efetividade é baseada nos requisitos operacionais estabelecidos para o sistema e nas funções que devem ser realizadas. Para a análise da efetividade de um sistema é necessário que aspectos técnicos e econômicos sejam abordados, estabelecendo-se o adequado equilíbrio entre os dois, equilíbrio esse medido pela relação custo-efetividade, conforme o ilustrado na FIG. 5.

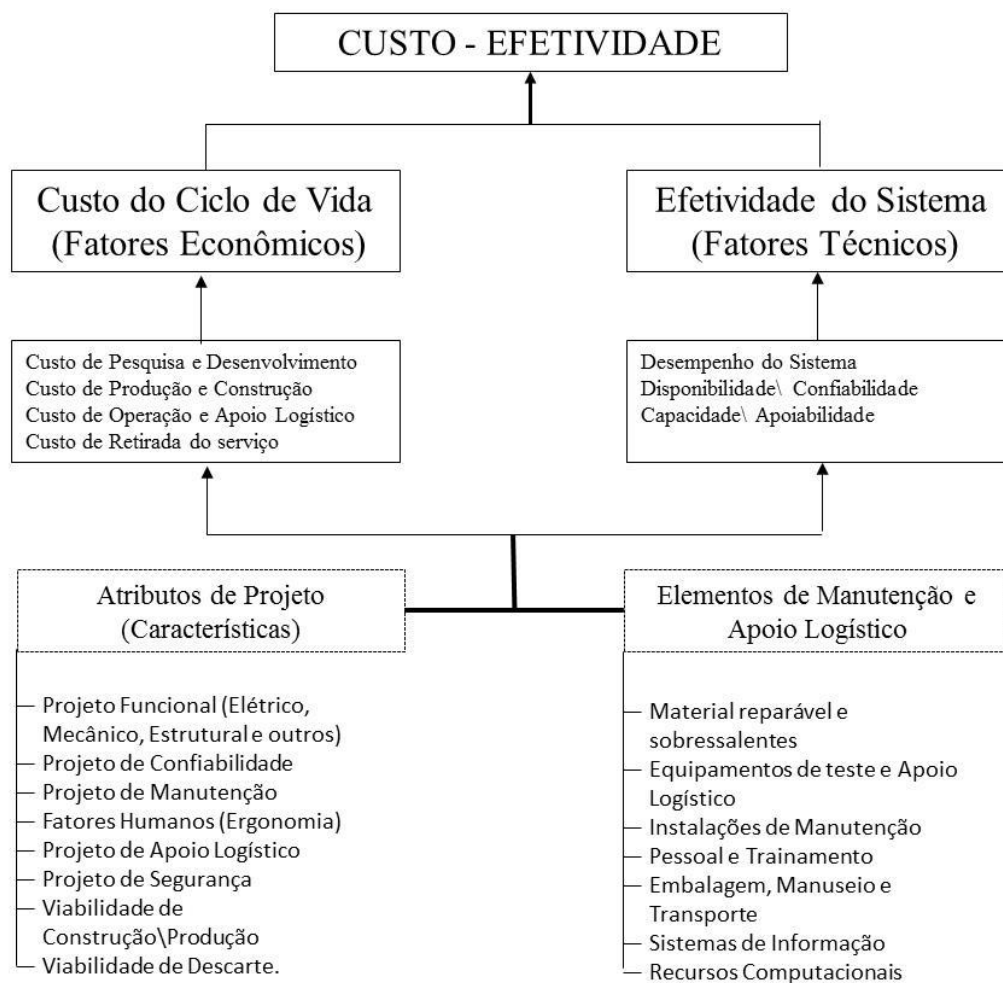


Figura 5 - Componentes básicos da relação custo-efetividade.

Fonte: Adaptado de BLANCHARD, 2004, p. 41.

Os principais parâmetros utilizados para se medir a efetividade (desempenho) de um sistema são: confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e apoiabilidade, já apresentados no capítulo dois deste trabalho. A combinação das medições desses parâmetros indicam as características técnicas de um sistema que devem ser balanceadas com os aspectos econômicos.

Blanchard (2004, p. 24) chama a atenção para o fato de que muitos dos sistemas atualmente em uso não respondem de maneira adequada às necessidades dos usuários, nem apresentam uma boa relação custo-efetividade em termos de operação e de apoio logístico.



Em relação especificamente a questão econômica da relação custo-efetividade, destaca o autor o problema da falta de visibilidade que usualmente acontece em relação ao custo total de um sistema. Assim, custos associados à concepção e desenvolvimento de projeto, construção, aquisição de instalações e de bens de capital e assim por diante, são relativamente bem conhecidos. Por outro lado, custos associados à operação e manutenção do sistema ao longo do seu ciclo de vida planejado, normalmente, não se encontram disponíveis como parâmetros a serem utilizados para a tomada de decisão.

É o exemplo do efeito *iceberg* já consagrado em diversos trabalhos sobre o assunto, apresentado na FIG. 6. Analisando-se a figura, observa-se um navio (o “pobre” tomador de decisão) que vai ao encontro de um, aparentemente, pequeno *iceberg*. Contudo, a parte visível *iceberg* (os custos de aquisição de um novo sistema) é bem menor que a sua parte submersa (os custos de operação, manutenção e desativação), o que pode induzir o comandante do navio (tomador de decisão) a escolher um “rumo” bastante perigoso.

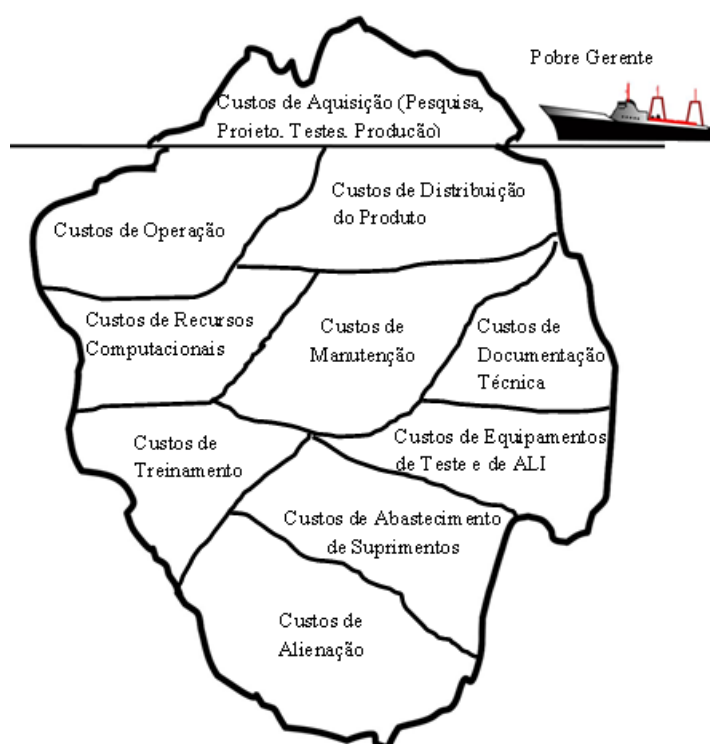


Figura 6 - Visibilidade dos Custos Totais.

Fonte: Adaptado de Blanchard, 2004, p. 25.

Corroborando a existência do problema de percepção acima representado, o *United States Government Accountability Office (GAO)*, agência independente a serviço do Congresso dos EUA, responsável por investigar como o Governo Federal norte-americano gasta o dinheiro do contribuinte, elaborou no ano de 2000 um relatório denominado “Aquisições de Defesa: a redução dos custos de operação e manutenção da Força Aérea precisa de maior prioridade”<sup>16</sup>. No citado relatório, o GAO confirmou, com base nos estudos por ele realizados, que os custos de operação e manutenção dos grandes sistemas de armas representam cerca de setenta por cento ou mais dos seus custos do ciclo de vida (2000, p. 5).

Blanchard explica que ao se analisar a relação de custo-efetividade, usualmente se constata que uma parcela significativa dos custos do novo sistema decorre de decisões tomadas durante as fases de desenvolvimento detalhado do projeto conceitual. Podem-se citar como exemplos dessas decisões as definições quanto: tecnologias, materiais, esquemas de fabricação, processos de manuseio e características das instalações. Assim, a inclusão de considerações sobre o custo do ciclo de vida de um novo sistema a partir do início da concepção de seu projeto é crítica. Pode-se confirmar essa afirmação observando-se a FIG. 7, na qual fica evidente que embora melhorias para reduzir custos possam ser introduzidas a qualquer momento do ciclo de vida, para se obter um maior impacto sobre os custos, elas devem ser realizadas durante as fases iniciais de desenvolvimento do projeto de sistema. Em outras palavras, considerações sobre o apoio logístico devem fazer parte do projeto de um novo sistema o mais cedo possível, para se alcançar a melhor relação custo-efetividade. (BLANCHARD, 2004, p. 24-26).

---

<sup>16</sup> *Defense Acquisitions: Air Force Operating and Support Cost Reductions Need Higher Priority.*

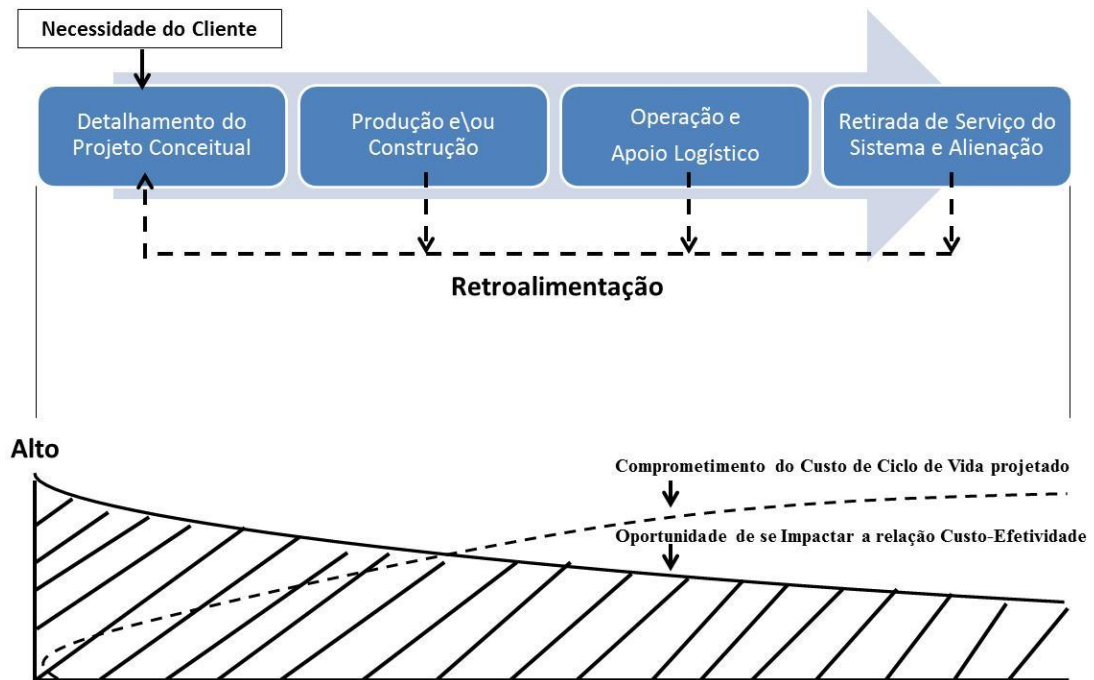


Figura 7 - Oportunidade para considerações de apoio logístico.

Fonte: Adaptado de BLANCHARD, 2004, p. 25.

Pode-se dividir esta pesquisa em duas partes. A primeira parte, composta dos capítulos de um a três, teve por objetivo apresentar diversos conceitos direta ou indiretamente relacionados com o ALI, destacando-se dentre eles: a importância da função logística Manutenção na execução da Logística Militar, a importância da medição de desempenho e do conceito de disponibilidade, as fases que compõem o ciclo de vida de um sistema, uma breve descrição das disciplinas que o compõe o ALI, as dificuldades do ALI em cumprir as atribuições a ele inicialmente definidas, a evolução de aplicação do ALI até se chegar ao conceito de Análise de Apoiabilidade e, por fim, a necessidade de um bom ALI para o alcance da efetividade de um sistema. Destaca-se em relação a este último ponto, que só faz sentido se tratar de efetividade sob o foco da relação custo-efetividade. Assim, não basta, no que se refere ao ALI, ser efetivo, é preciso ser efetivo ao menor custo possível. Essa premissa deve servir como norte para o pessoal que trabalha com apoio logístico desde o início da concepção de um novo sistema.

A partir do próximo capítulo, passar-se-á à segunda parte desta pesquisa, na qual será estudado do arcabouço conceitual do custo do ciclo de vida (CCV), detalhando os principais conceitos a ele relacionados, na busca de possibilitar ao leitor a perfeita compreensão de como ele é estruturado, de como ele viabiliza a obtenção dos subsídios necessários para se tomar decisões em relação ao projeto de um novo sistema complexo que se pretenda adquirir, de forma a se obter a melhor relação custo-efetividade.

Uma vez estabelecida à base conceitual acima descrita, será possível discutir a importância do CCV para o ALI do SN-BR e, a partir das iniciativas já em andamento na MB, apresentar sugestões em relação ao processo de determinação do CCV, para que esse sistema complexo, ora em construção, venha a cumprir a missão a ele estabelecida, dentro de patamares ótimos de desempenho e custos.

#### 4 CUSTO DO CICLO DE VIDA (CCV)

Barringer (2003, p. 3) explica que, no início dos estudos do CCV, na década de 1960, houve um grande interesse e um número considerável de publicações sobre o assunto. Contudo, com o passar do tempo, a maioria das obras originais sobre o tema foram se esgotando e não sendo reeditadas. Complementa o autor que mais recentemente começaram a surgir novamente publicações sobre o CCV, sendo, no setor privado, elaboradas principalmente por empresas que atuam na área de engenharia e, no setor público, decorrentes dos esforços do governo dos EUA para minimizar os custos com energia.

Corroborando o acima apresentado, Dhillon (2009, p. 1) relata que atualmente o CCV começou a receber uma maior atenção por parte de vários setores da economia, incluindo a indústria e o setor de compras do governo dos EUA. Segundo o autor, ao longo das últimas duas décadas, uma significativa quantidade de artigos em publicações especializadas e congressos foram produzidos. Contudo, Dhillon destaca que nesse mesmo período, somente dois ou três livros sobre o CCV para aplicação específica na engenharia civil foram publicados e que nenhum livro tratando o CCV de uma maneira mais abrangente foi produzido.

Ressalta-se que o DOD dos EUA continua sendo uma das mais importantes referências em CCV de sistemas complexos no setor público (e de certa forma também no setor privado), tendo como um dos principais documentos sobre o assunto o MIL-HDBK-259 - Custo do Ciclo de Vida nas aquisições da Marinha<sup>17</sup>, manual que trata detalhadamente o CCV.

A situação acima apresentada explica a dificuldade observada nesta pesquisa para se obter uma maior diversidade de referências bibliográficas atuais sobre o CCV, especialmente no que se refere a definições de conceitos fundamentais e à concepção de um modelo

---

<sup>17</sup> *Life Cycle Cost in Navy Acquisitions*

básico. Outro fato que merece destaque se refere à inexistência de livros em português que tratem especificamente do CCV. Analisando-se os poucos títulos de Contabilidade Gerencial editados no Brasil que dedicam um capítulo ou parte de um capítulo ao tema, observou-se que o assunto é tratado de maneira elementar. Por fim, um terceiro motivo que contribui para a dificuldade de se obter referências bibliográficas sobre conceitos básicos de CCV, é a premissa assumida por muitos autores de que a maioria dos futuros usuários do CCV adotarão modelos informatizados comprados prontos, não entrando, assim, em maiores detalhes sobre o arcabouço conceitual do assunto.

Em face do acima exposto, nesta pesquisa optou-se por se trabalhar com três referências bibliográficas principais. Em primeiro lugar, como linha mestra, o MIL-HDBK-259, que é a grande base teórica para os principais autores que trabalham com CCV de sistemas militares complexos. Complementarmente, serão utilizados os trabalhos James V. Jones e Benjamim S. Blanchard, por constituírem duas grandes referências sobre ALI, tendo esses autores uma especial atenção, em seus trabalhos, em apresentar os principais conceitos relacionados ao CCV e sua inter-relação com o ALI.

Destaca-se ainda a experiência prática dos citados autores na aplicação do ALI e do CCV. A título de exemplo, o próprio Blanchard (2012, p. 1), em resposta ao artigo de Jones intitulado: “É o ALI um conjunto de habilidades a morrer?”<sup>18</sup>, apresenta sua trajetória na Engenharia de Manutenção, destacando sua participação no grupo de estudo, já citado neste trabalho, responsável pela primeira grande regulamentação do Apoio Logístico Integrado pelo DOD dos EUA em 1964.

---

<sup>18</sup> *Is ILS a Dying Skillset?*

#### 4.1 PRINCIPAIS CONCEITOS E EVOLUÇÃO DO CCV

Em 2001 Blanchard escreveu um artigo no qual inicia o texto formulando uma série de perguntas:

Você sabe qual é o real custo do seu sistema? Você pode identificar o custo de cada elemento ou atividade que o compõe? Você conhece os elementos que mais contribuem para aumentar os custos de seu sistema? Você é capaz de identificar as causas para as áreas de alto custo dele? Você pode realmente avaliar os riscos associados com as decisões tomadas ao longo das fases de pesquisa e desenvolvimento, produção, operação e desativação de seu sistema? (2001, p.1, tradução nossa).

O autor afirma que, de acordo com a sua experiência, “a resposta a estas e muitas questões de natureza semelhante é um definitivo NÃO!” (2001, p. 1, tradução nossa). É importante aqui destacar que a experiência de Blanchard no assunto vem pelo menos desde o tempo em que atuava como engenheiro de manutenção na *Boeing* em meados da década de 1950. (BLANCHARD, 2012, p. 1). Complementa o autor, que sistemas são constituídos por uma complexa combinação de recursos dos mais diversos tipos, que vão desde materiais, equipamentos, *softwares* e mão de obra até a sua infraestrutura de manutenção, sendo todos esses recursos integrados para atender a uma determinada necessidade. Por fim, Blanchard conclui que para se gerenciar todos esses recursos de uma maneira eficaz e eficiente, permitindo assim que se responda às perguntas inicialmente formuladas de forma afirmativa, se faz necessário visualizar tais recursos em termos do ciclo de vida do sistema (BLANCHARD, 2001, p. 1).

O MIL-HDBK-259 define custo do ciclo de vida como:

A soma total dos custos diretos, indiretos, recorrentes ou não e outros custos relacionados, incorridos ou estimados a incorrer com: pesquisa e desenvolvimento (P&D), investimentos, operação e suporte (O&S) e desativação (quando aplicável) de um sistema/produto durante seu ciclo de vida, ou seja, durante a sua expectativa de vida útil. (1983, p. 5, tradução nossa).

Blanchard (2001, p. 2) destaca que a despeito da importância do CCV, na maioria das vezes os engenheiros de projeto de sistemas complexos não costumam considerar tais custos nas decisões tomadas nas fases iniciais do ciclo de vida de um projeto, se valendo normalmente de um raciocínio de curto prazo, ou seja, considerando apenas os custos de aquisição. Em relação a este fato, Jones (1989, p. 168) chama a atenção para dois aspectos: primeiro, que o CCV é provavelmente o mais importante e mais incompreendido conceito no processo de pesquisa e desenvolvimento de um sistema; e segundo, que determinar os custos que um novo sistema irá incorrer desde a sua fase de concepção até a sua desativação, identificando como o projeto pode ser alterado para minimizar esses custos, é uma tarefa reconhecidamente difícil. Acrescenta o autor que tal dificuldade decorre, principalmente, da combinação de informações inadequadas, previsões imprecisas e eventos imprevistos durante a fase de concepção do sistema.

O DOD dos EUA, desde a década de 1960, tem sido um dos principais fomentadores dos estudos sobre CCV, muito contribuindo para a construção do arcabouço conceitual sobre esse assunto. Diversas organizações subordinadas a ele têm, ao longo dos anos, produzido publicações sobre o tema, como, por exemplo: o Manual para o Desenvolvimento de Apoio Logístico Integrado de Sistemas/Equipamentos<sup>19</sup> (DoD Directive 4100.35), de 1964, o Manual Militar de Custo do Ciclo de Vida nas Aquisições da Marinha<sup>20</sup> (MIL-HDBK-259), de 1983 e o Grupo de Melhoria para Análise de Custo (CAIG)<sup>21</sup> (DoD Directive 5000.04) de 2006.

A preocupação específica do DOD dos EUA com o estudo do CCV começou a ganhar força quando da identificação, por meio de diversos estudos realizados ainda na década de 1960, de problemas em relação às decisões de compras de novos e tecnologicamente

---

<sup>19</sup> *Development of Integrated Logistic Support for Systems/Equipments.*

<sup>20</sup> *Military Handbook Life Cycle Cost in Navy Acquisitions.*

<sup>21</sup> *Cost Analysis Improvement Group.*



complexos sistemas de armas militares baseadas unicamente nos custos de aquisição. Já naquela época ficou evidenciado que os custos com a aquisição eram invariavelmente menores do que os custos de posse, cuja maior parcela se referia justamente a gastos realizados com a operação e manutenção do sistema, também denominados custos de Operação e Suporte (O&S). (EISENBERGER; LORDEM, 1977, p. 102). Com a evolução dos estudos sobre o assunto, hoje é consenso entre os especialistas em apoio logístico, que nos sistemas complexos “uma parcela significativa dos elevados custos de O&S pode ser atribuída às decisões gerenciais e de engenharia tomadas nos primeiros estágios do projeto.” (CUNHA; MARTINS; SZAJNBOK, 2011, p. 2).

Em relação ao restante do mundo, destaca-se que em 2003 a Organização para Pesquisa e Tecnologia da Organização do Tratado do Atlântico Norte<sup>22</sup> (RTO-NATO) elaborou e publicou um estudo com o seguinte título: “Estrutura de Custos e Custo do Ciclo de Vida para Sistemas Militares”<sup>23</sup>. Esse trabalho teve como objetivo harmonizar, entre seus países membros, os aspectos mais importantes relacionados aos custos de ciclo de vida e foi motivado pela constatação, por parte da citada organização, de que esse tema tem recebido cada vez maior importância nas nações mais desenvolvidas. (COST..., 2003, p. iii)

No Brasil, como já comentado, observou-se a existência de pouca literatura que trate do assunto CCV, destacando-se que não foram encontrados textos específicos a respeito de experiências nacionais de utilização dessa ferramenta de gestão na obtenção de sistemas complexos tanto na área civil quanto na área militar. Esse fato talvez se explique pela recente industrialização do país, associada à importação da maciça ainda hoje observada, da maioria dos sistemas de maior complexidade tecnológicas aqui existentes. Em um contexto como esse, o CCV perde completamente a sua relevância.

---

<sup>22</sup> *NATO Research and Technology Organisation.*

<sup>23</sup> *Cost Structure and Life Cycle Cost (LCC) for Military Systems.*

Confirmando o acima enunciado em relação à industrialização do Brasil, Vargas explica que:

O nosso processo de desenvolvimento recente foi baseado, como é bem sabido, na importação de tecnologia. É verdade que os economistas preferem falar no modelo da substituição de importação, para designar o período que foi marcado por um explosivo processo de industrialização do País. Mas, de fato, a industrialização foi feita com base em tecnologia - e freqüentemente de capitais - importados. (VARGAS, 1997, p. 8).

Ilustrando o seu argumento, Vargas apresenta o gráfico reproduzido na FIG. 8, que demonstra o ingresso de capital externo no país com importação de tecnologia para a industrialização do Brasil ao longo do século XX, segundo dados levantados pelo Banco Central.

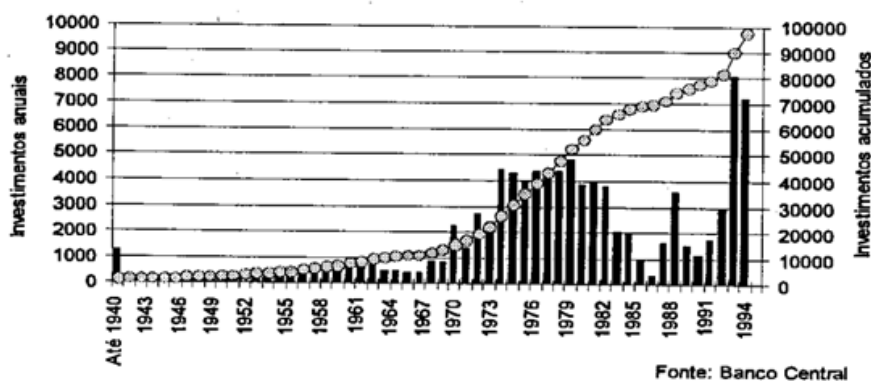


Figura 8 - Importação de Tecnologia (1940 a 1994 = U\$ 100 bilhões).

Fonte: VARGAS, 1997, p.8.

Os números acima apresentados evidenciam que a absoluta maioria dos sistemas complexos existentes no país desde a Segunda Guerra Mundial é composta por equipamentos importados, ou seja, desenvolvidos em outros países, o que explica o estágio incipiente, anteriormente comentado, de utilização do CCV no Brasil.

Contudo, a aprovação da Estratégia Nacional de Defesa (END), a elaboração do Plano de Articulação e Equipamento da Marinha do Brasil (PAEMB) e, principalmente, a construção já iniciada dos meios referentes ao Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), evidenciam a importância de a Marinha voltar sua atenção para o estabelecimento

de um processo de determinação do custo do ciclo de vida e de sua respectiva análise, a fim de contribuir para o aprimoramento da qualidade do Apoio Logístico Integrado a ser prestado aos novos meios que serão incorporados nas próximas décadas.

Em continuidade ao desenvolvimento desta pesquisa, passar-se-á ao estudo mais detalhado dos aspectos econômicos da relação de custo-efetividade de um sistema complexo, tratando-se especificamente do CCV, assunto central deste trabalho, que possui um relevante papel para o processo de tomada de decisão em relação a qualquer novo sistema complexo que se deseja adquirir.

#### 4.2 CONCEITOS BÁSICOS PARA A DETERMINAÇÃO DO CCV

Blanchard (2004, p. 42) ensina que a relação custo-efetividade se refere à avaliação de um sistema em termos de cumprimento da missão e custos totais incorridos. Em uma relação custo-efetividade, conforme já ilustrado na FIG. 5, tem-se de um lado aspectos técnicos (desempenho) e do outro lado aspectos econômicos (custos). Ressalta-se no que se refere à decisão quanto à concepção de um novo sistema complexo, que essas duas dimensões (técnica e econômica) precisam sempre ser balanceadas.

A efetividade de um sistema (fatores técnicos) pode ser definida como uma combinação de aspectos relacionados ao seu desempenho. A avaliação da efetividade varia de forma significativa, de acordo com os critérios selecionados para se realizar essa medição de desempenho. Assim, a partir da definição dos requisitos operacionais que serão medidos, é preciso se estabelecer parâmetros que permitam verificar se o sistema está cumprindo a missão para a qual foi desenvolvido. Para se determinar a efetividade de um sistema, pode ser necessário que sejam realizadas medições e combinações entre diversos indicadores de desempenho. (BLANCHARD, 2004, p. 79).

No que se refere aos fatores econômicos, os custos referentes ao ciclo de vida de um sistema podem ser classificados de muitas maneiras diferentes, dependendo do tipo de sistema e dos objetivos desejados na medição da relação custo-efetividade. Contudo, deve-se sempre ter em mente que os custos com operação e suporte (O&S), onde a palavra suporte pode ser entendida como sinônimo de apoio logístico, normalmente possuem grande impacto sobre o CCV, como o ilustrado pelo *iceberg* já apresentado na FIG. 6. Assim, os engenheiros responsáveis pela elaboração do projeto de um novo sistema complexo devem, por ocasião da sua concepção, priorizar a minimização do CCV como um todo e não apenas dos custos referentes à sua aquisição. (JONES, 1989, p. 169).

Jones (1989, p. 168) explica que a determinação do CCV é extremamente importante durante o processo de obtenção de um sistema, na busca por se identificar melhores alternativas para: configurações de projeto, conceitos de operação, conceitos de manutenção, planos de produção, políticas em geral e planos de apoio logístico.

#### **4.2.1 Principais Elementos de Custo**

O termo principais elementos de custo refere-se à agregação, em quatro grandes grupos, dos custos incorridos no ciclo de vida de um sistema. Esses quatro grupos acumulam custos relacionados, respectivamente a: pesquisa e desenvolvimento (P&D); investimentos; operação e suporte (O&S); e desativação. (ESTADOS UNIDOS, 1983, p. 6). Assim, a determinação do custo do ciclo de vida de um sistema complexo é realizada por meio da soma de todos os custos acumulados nos quatro grandes elementos de custos acima citados, somatório esse também conhecido como “custo de propriedade” ou “custo de posse” do sistema.

A seguir serão resumidos os principais aspectos referentes aos elementos de custo que compõem cada um dos quatro grandes elementos de custos supramencionados:

1. Custos de Aquisição – são todos os custos suportados pelo contratante, desde o início da fase de concepção do projeto do sistema até ao final de sua produção efetiva. Os custos de aquisição, de acordo com o MIL-HDBL-259 (1983, p. 5), são divididos em custos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e custos de investimento, a seguir detalhados:

a) Custos de P&D - os custos incorridos pelo contratante durante as fases de “Concepção”, “Demonstração e Validação” e “Desenvolvimento Detalhado do Projeto”, são classificados como custos de P&D. Custos associados à P&D são, normalmente, incorridos no início do processo de aquisição, sendo considerados “custos afundados”<sup>24</sup>, não sendo, assim, relevantes para a elaboração de um modelo de CCV. (ESTADOS UNIDOS, 1983, p. 5).

b) Custos de Investimento - os custos incorridos para efetivamente se produzir um novo sistema, adquirir e desenvolver o seu apoio logístico e estabelecer uma capacidade operacional inicial, são classificados como “Custos de Investimento”, ocorrendo, normalmente, na fase de “Produção e Construção”.

2. Custos de Operação e Suporte (O&S) - os custos de O&S se referem tanto aos custos diretos quanto aos custos indiretos necessários a se operar e apoiar logisticamente o sistema. São exemplos de custos diretos com O&S os gastos com: pessoal (operação, manutenção e supervisão); instalações (incluídos os gastos com manutenção e funcionamento); e modificações necessárias para melhorar a capacidade operacional e o apoio logístico do sistema. (JONES, 1989, p. 171). Custos indiretos de O&S, por sua vez, são aqueles incorridos em serviços, pessoal de apoio, e itens de material, necessários à operação ou manutenção de um sistema, que não podem ser diretamente a ele relacionados. Estes custos podem incluir uma ampla gama de elementos de custo, como, por exemplo, gastos com: pessoal de apoio de

---

<sup>24</sup> Denominam-se “custos afundados” ou “custos que não interessam”, “(...) os custos passados que são inevitáveis porque não podem ser alterados, não importa as ações que se empreendam (...)”. (Horngren, Foster e Datar, 2000, p. 282).

saúde, instalações para conforto dos funcionários e pessoal administrativo. (ESTADOS UNIDOS, 1983, p. 29).

3. Custos de Desativação (Alienação) - um elemento de custo importante e muitas vezes ignorado é o custo da desativação de um sistema, quando ele se torna obsoleto ou precisa ser substituído. Nos casos em que o sistema venha ser vendido, o valor dessa venda pode compensar, pelo menos parcialmente, os custos de desativação. Destaca-se que, conforme o caso, esses custos podem ter um impacto significativo sobre o CCV de um sistema. (JONES, 1989, p. 172-173).

Em relação aos principais elementos de custos acima apresentados, destaca-se que os “custos de investimento”, por representarem o preço pago pelo contratante ao contratado para a construção do sistema, muitas vezes ofuscam outros custos incorridos no ciclo de vida de um sistema e acabam por distorcer a perspectiva de se tentar reduzir os custos. Contratos de sistemas complexos podem ultrapassar cifras de bilhões de dólares, o que parece, à primeira vista, ser uma enorme quantidade de dinheiro. Contudo, tal valor costuma representar um pequeno percentual (em torno de 20%) do custo total que o contratante irá pagar pela propriedade do sistema ao longo de todo o seu ciclo de vida. (JONES, 1989, p. 170).

#### **4.2.2 Características gerais de um modelo de CCV**

Cada um dos principais elementos de custos de um sistema é dividido em diversos subelementos de custos, cuja quantidade pode ultrapassar a casa das centenas. Assim, para que sejam eficientes, modelos de CCV costumam apresentar um elevado grau de complexidade. Dessa forma, para se obter os resultados necessários, é fundamental que toda a modelagem do CCV seja realizada por meio de sistema informatizado, o que contribuirá também para a

execução posterior de um processo mais apurado de “análise do custo do ciclo de vida” (ACCV). (JONES, 1989, p. 173).

Apesar da existência de diversos modelos informatizados para se trabalhar com o CCV no mercado, ressalta-se que cada sistema tem suas peculiaridades. Assim, é recomendável que os responsáveis pela determinação do CCV tenham uma perfeita compreensão das interações existentes entre os diferentes elementos de custos que compõe o modelo informatizado a ser utilizado, bem como das regras de negócio que o regem. Procedendo-se dessa forma, é possível se obter a certeza de que o *software* em questão atende aos objetivos para os quais se está determinando o CCV de um sistema complexo. (JONES, 1989, p. 173). Um problema que pode ser observado, quando da utilização desses modelos “disponíveis em prateleira”, é a possível exigência de uma grande quantidade de dados pormenorizados para que sejam úteis, os quais nem sempre estarão disponíveis, comprometendo, assim, a aplicação do *software*. (JONES, 2006, p. 177). O Apêndice B sintetiza, a título de exemplo, um possível desdobramento dos principais elementos de custo de um sistema complexo.

A fim de auxiliar analistas no desenvolvimento e avaliação de modelos alternativos de CCV, o MIL-HDBK-259 (ESTADOS UNIDOS, 1983, p. 40) relaciona uma série de características que tais modelos devem possuir, das quais se destacam: ser útil tanto para a gestão da aquisição quanto para a revisão do projeto; ser sensível às mudanças no projeto e aos cenários de operação e manutenção; ter a ele incorporados todos os direcionadores de custos<sup>25</sup> relevantes; garantir que todas as modificações e atualizações realizadas sejam as mais econômicas possíveis; ser flexível e capaz de se adaptar ao crescimento de complexidade do

---

<sup>25</sup> Um direcionador de custos pode ser definido como “(...) qualquer fator que afeta os custos totais. Isto significa dizer que uma mudança no direcionador de custo implicará uma alteração dos custos totais de um objeto de custos” (Horngren, Foster e Datar, 2000, p. 20). Complementa Maher essa definição, explicando que “Um direcionador de custos causa, “direciona”, os custos de uma atividade. O direcionador de custos da compra de materiais, por exemplo, pode ser a quantidade de pedidos.” (Maher, 2001, p. 282).

processo de aquisição; ser estruturado em módulos independentes; e ser confiável, isto é, seus resultados deverão ser passíveis de repetição.

Independentemente do tipo de modelo escolhido, ele deve ser capaz de fornecer subsídios para análises de custo-benefício entre diferentes opções de projetos de sistemas, identificando riscos e estabelecendo um patamar de referência para a análise de sensibilidade ao longo do processo de obtenção. (JONES, 1989, p. 174).

Quando da utilização de modelos de CCV podem ocorrer problemas que acabam por distorcer a sua utilidade. Tal fato sempre deve ser considerado por ocasião da escolha de um modelo de CCV. Os problemas mais comuns observados incluem: o uso de premissas inválidas, insuficiência de dados; mudanças no cronograma de produção ou nas quantidades a serem produzidas; descrição inadequada do ciclo de vida e de sua duração; uso de dados obsoletos; estruturação de custos inadequada, utilização de taxas de inflação ou taxas de desconto incorretas. Qualquer combinação destes problemas pode invalidar os resultados do modelo CCV. Outro problema comum associado com o uso dos resultados dos modelos de CCV, é que os analistas muitas vezes acabam por concentrar sua atenção aos aspectos de custo, ignorando, por exemplo, uma limitação na disponibilidade de alguns recursos críticos. Às vezes, o custo pode não ser o fator determinante para a tomada de decisões de apoio logístico, que pode ser decorrente da utilização ótima de recursos críticos limitados. (JONES, 1989, p. 174).

Modelos de CCV para produzirem previsões consistentes do custo de posse de um sistema irão requerer uma grande quantidade de dados de entrada, que serão obtidos a partir de diversas fontes diferentes. No caso específico de sistemas militares, grande parte dos dados de entrada do sistema será gerada pelo governo. Nos casos em que não existam dados válidos previamente conhecidos, o contratante deve desenvolver regras para a definição dos dados de entrada a serem utilizados, até que os dados reais estejam disponíveis. Destaca-se que alguns dados de entrada não disponíveis podem ser estabelecidos com base em valores históricos de



sistemas anteriores semelhantes ou extraídos da base de dados da AAL, que, sendo bem estruturada, representa um valioso recurso para se obter e para se refinar dados de entrada de um modelo de CCV. (JONES, 1989, p. 175).

Durante a fase de concepção do projeto, a quantidade e a qualidade dos dados de entrada para a determinação do CCV é limitada, sendo a maior parte das informações utilizadas para a modelagem do CCV decorrente de suposições ou estimativas. À medida que o projeto amadurece e se aproxima de sua efetiva produção ou construção, os dados vão se tornando mais precisos, transformando os resultados do modelo CCV em projeções mais realistas. (JONES, 1989, p. 175-176). Existem três técnicas utilizadas para se estimar os custos do ciclo de vida, a saber: estimativa de custos paramétrica, estimativa de custos por analogia e estimativa de engenharia. Cada técnica tem diferentes graus de aplicação de acordo com a fase do ciclo de vida do sistema e podem ser utilizadas independentemente ou interativamente na produção de estimativas de custo de ciclos de vida, conforme o ilustrado na FIG. 9. (JONES, 1989, p. 177).

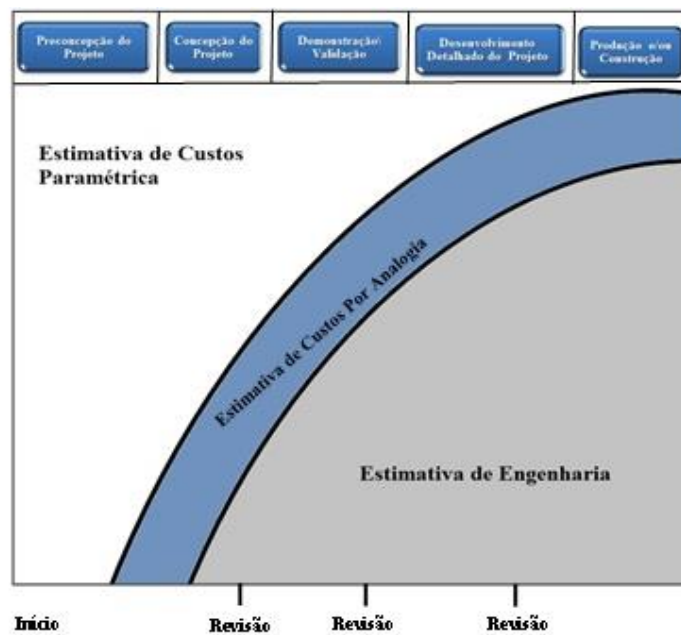


Figura 9 - Estimação de Custos por Fase do Sistema.

Fonte: Adaptado de BLANCHARD, 2004, p. 485.

Analisando-se a FIG. 9, pode-se concluir que nas fases iniciais do desenvolvimento de um novo sistema o analista deve contar com a utilização de uma combinação de métodos paramétricos e análogos, desenvolvidos a partir de experiências sobre sistemas anteriores similares. À medida que a configuração do sistema torna-se melhor definida, pelo avanço nas fases do ciclo de vida, o uso de estimativas baseadas em engenharia direta começa a gerar melhores resultados. (BLANCHARD, 2004, p. 484). Um maior detalhamento sobre cada uma dessas técnicas pode ser obtido no MIL-HDBK 259.

No que se refere ao papel dos custos indiretos, deve-se sempre ter em mente que, apesar da importância desses custos para a determinação do custo de posse de um sistema complexo, eles não se alteram de forma significativa em função de modificações realizadas em seu projeto. Assim, por uma questão de se manter o modelo o mais simples possível, estes custos devem ser desconsiderados quando da estruturação de um modelo de CCV. (JONES, 2006, p. 178).

A última característica a ser comentada no que se refere à construção de um modelo de CCV, diz respeito a direcionadores de custos. Uma especial atenção deverá ser dada, quando da estruturação de um modelo de CCV, à identificação de direcionadores de custo que impactem, de forma significativa, o custo total do sistema. Como os custos de O&S representam, normalmente, o maior percentual do CCV, os direcionadores dos custos referentes a essa fase devem ser minuciosamente identificados, uma vez que modificações nesses direcionadores terão um maior potencial para influenciar de forma significativa o custo total do sistema. Quanto mais cedo no processo de obtenção de um novo sistema for elaborada uma previsão detalhada do CCV, identificando os direcionadores de custo que afetam de maneira significativa o CCV, engenheiros de projeto passam a possuir as necessárias informações para enfrentar e eliminar, ou pelo menos minimizar, os impactos de aspectos de projeto que aumentam o custo total do sistema. (JONES, 1989, p. 177).

Na próxima seção serão discutidos os principais aspectos envolvidos no desenvolvimento de um modelo de CCV, identificado os elementos de custo básicos para se elaborar uma previsão do CCV para um novo sistema complexo a ser adquirido.

#### 4.3 MODELO BÁSICO PARA A DETERMINAÇÃO DO CCV

Para facilitar a compreensão do arcabouço teórico apresentado e permitir um melhor entendimento quanto à identificação de direcionadores de custos, serão apresentados nesta seção, de forma simplificada, os principais elementos que compõem um modelo básico de CCV e os aspectos mais relevantes para esta pesquisa referentes ao Custeio Baseado em Atividade, em inglês, *Activity Based Costing* (ABC).

Antes de se tratar do modelo de CCV propriamente dito, se faz necessário tecer mais duas considerações sobre dados de entrada. Em primeiro lugar, quando da estimação de parâmetros de entrada, a utilização de dados conhecidos ou de antecedentes relevantes obtidos de sistemas anteriores similares, aumenta a credibilidade do modelo de CCV em construção. Em segundo lugar, destaca-se que independentemente de como sejam escolhidos os parâmetros utilizados como dados de entrada de um modelo de CCV, eles devem ser completamente documentados, incluindo nessa documentação as justificativas para a sua escolha. Quando efetivamente não há dados de entrada disponíveis, a utilização de pressupostos devidamente documentados permite que o modelo seja estruturado e fornece um ponto de partida para seus futuros refinamentos. (JONES, 2006, p. 178).

### 4.3.1 Elementos de custo de um Modelo básico de CCV

Com base no proposto por Jones (1989, p. 177), o Quadro 3, a seguir apresentado, sintetiza os principais parâmetros de entrada para um modelo básico de CCV. Ressalta-se que uma seleção de parâmetros semelhante à abaixo indicada deverá sempre ser realizada, quando da necessidade de se elaborar um novo modelo de CCV.

#### QUADRO 3

##### Parâmetros de entrada básicos para um modelo de CCV

1. Custo de Produção de uma unidade do Sistema;	16. Número de operadores de sistemas e técnicos de manutenção;
2. Estimativa anual de horas de funcionamento do sistema;	17. Número de locais de manutenção;
3. Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) Previsto;	18. Mão-de-Obra;
4. Taxa de Operação em Serviço;	19. Programa de formação inicial;
5. Tempo Médio para Reparo Previsto;	20. Tempo de treinamento;
6. Percentual de falhas reparadas por nível de manutenção;	21. Formação de pessoal para o apoio logístico;
7. Custos não recorrentes de P&D de Engenharia;	22. Taxas de rotatividade de pessoal;
8. Testes da Primeira Unidade;	23. Equipamentos de apoio logístico;
9. Dados técnicos de P & D;	24. Manutenção de equipamentos de apoio logístico;
10. Dados técnicos de logística;	25. Transporte (custo inicial);
11. Dados técnicos de operação e suporte;	26. Embalagem e custos de manuseio e transporte;
12. Provisionamento inicial de sobressalentes;	27. Custos de instalações;
13. Investimento inicial de sobressalentes e peças reparos;	28. Percentual de alocação de operador e técnico de manutenção;
14. Peças de Reposição	29. Alocação de custos do sistema;
15. Gerenciamento de inventário;	30. Taxa de escalada (custo anual); e
	31. Programação de Entrega e Operação.

Fonte: Adaptado de JONES, 1989, p. 180.

O Apêndice B apresenta um maior detalhamento de cada um dos elementos básicos de um modelo de CCV acima enumerados, podendo ser consultado caso se deseje aprofundar sobre o assunto.

Especificamente em relação ao apresentado por Jones (1989, p. 179-186), sete aspectos merecem destaque, a fim de que se obtenha uma melhor compreensão de um modelo básico de CCV.

O primeiro aspecto se refere ao parâmetro de entrada “custo de produção de uma unidade do sistema”. Este parâmetro possui especial relevância para qualquer modelo de CCV que se venha a estruturar, uma vez que ele representa uma grande parcela do custo de aquisição do sistema e que seu valor serve de base para a definição de outros dados de entrada, calculados como seu percentual.

Um segundo aspecto a ser aqui tratado se refere à percepção de que, em muitos casos, o contrato de desenvolvimento do projeto de um novo sistema pode ser a única ou a mais importante fonte disponível para a obtenção de dados de entrada. Todo pessoal que trabalha na estruturação do modelo de CCV deve ter isso em mente por ocasião do desempenho de suas tarefas.

O terceiro aspecto diz respeito à importância do estabelecimento de elementos de custo no modelo de CCV, com o objetivo específico de se identificar as alterações ocorridas nos custos totais quando são realizadas reformulações no projeto do sistema.

O quarto aspecto a ser ressaltado diz respeito à importância do entendimento, por parte do pessoal que desenvolve e trabalha com o modelo de CCV, de que os custos referentes aos dados técnicos do sistema consolidam os custos da produção dos diversos manuais e documentos e os gastos com análises e estudos para a identificação dos direcionadores de custo.

O quinto aspecto a ser destacado em relação a um modelo de CCV, diz respeito à identificação dos recursos necessários para se operar e manter um sistema complexo, que não são exclusivamente dedicados a ele. Nesse caso, é necessário definir critérios que permitam se proceder à distribuição dos custos incorridos entre os diversos sistemas atendidos, se estabelecendo, no modelo de CCV, um elemento de custo específico para acumular esse tipo de gasto.

Em sexto lugar, por ocasião da estruturação de um modelo de CCV, é primordial que seja estabelecida uma taxa para anular o efeito do aumento nos custos de manutenção do sistema decorrentes do seu desgaste em função dos anos de sua utilização. Essa taxa viabiliza

que sejam feitas comparações entre perfis de custos alternativos, baseadas em relações de dinheiro/tempo, sem influência do desgaste natural do sistema.

Por fim, o sétimo aspecto a ser apresentado se refere à mão de obra utilizada na operação e manutenção de um sistema militar complexo. Pode haver quem argumente em relação à previsão do valor do homem-hora de trabalho para operação e manutenção de sistemas militares, que a mão de obra das Forças Armadas é paga por mês e não por hora e que essa mão de obra deve ser considerada como um recurso disponível. No entanto, se os gastos com o pessoal associado ao sistema forem tratados como um custo afundado, não compondo o modelo a ser estruturado, comete-se o erro de não se considerar, nas futuras análises a serem realizadas, um dos elementos de maior impacto no CCV de um sistema. Esse último aspecto se reveste de especial importância quando se estuda modelos de custo para o setor público, uma vez que existe uma tendência natural a se desconsiderar o valor da mão de obra nesses modelos, valor esse que invariavelmente representa o maior montante de custos incorridos.

#### **4.3.2 Custeio ABC e Direcionadores de Custos**

Blanchard (2004, p. 485) explica que a eficiência na gestão do CCV e na realização de análises de custo-efetividade exige uma visibilidade total dos custos e a rastreabilidade de todos os custos do sistema até às atividades, processos ou produtos, que os geram. Na contabilidade de custos tradicional, empregada na maioria das organizações, um grande percentual dos custos não pode ser alocado diretamente a um objeto de custo (o que se deseja custear). Tais custos são então, pelo modelo tradicional, classificados como custos indiretos, podendo representar um percentual superior a 50% do custo total.

Para se contornar tal situação, o Custeio Baseado em Atividades (ABC) estabelece a distribuição dos custos incorridos às atividades que fazem com que esses custos ocorram.

Assim, objetivo da utilização do custeio ABC é permitir a rastreabilidade de todos os custos às atividades, processo ou produto que os geram. Pode-se afirmar que a abordagem ABC foi desenvolvida para lidar com as deficiências da contabilidade gerencial tradicional no tratamento de elevados montantes de custos indiretos, que eram alocados sem que houvesse nenhuma preocupação em se estabelecer uma relação de causa e efeito entre custos e geradores de custos.

A seguir serão apresentadas algumas considerações quanto ao método ABC, importantes para o desenvolvimento de um modelo de CCV, elaboradas com base em alguns princípios apresentados por Blanchard (2004, p. 486-488).

Primeiramente, destaca-se que os teóricos do método ABC afirmam que a maioria dos custos incorridos por um sistema é diretamente rastreável a uma atividade (processo, produto ou um objeto), o que permite, com relativa facilidade, o estabelecimento de relações de causa e efeito (direcionadores de custos) entre cada elemento de custo e a respectiva atividade que o gerou. Em segundo lugar, é preciso sempre se ter em mente que o custeio ABC não faz distinção entre custos diretos e indiretos. Desta forma, custos que não possam ser diretamente rastreáveis a uma atividade<sup>26</sup>, devem ser alocados a uma das unidades organizacionais que estão envolvidas no projeto.

Como a abordagem ABC promove o estabelecimento de relações de causa e efeito, ela viabiliza, dentre outros resultados, a identificação dos chamados “contribuintes de alto custo do sistema”, que, em última análise, representam atividades responsáveis pelo consumo elevado de recursos. Assim, uma vez identificadas essas “áreas de risco” do sistema, é possível se identificar quais são as atividades que as impactam diretamente e quais as consequências para o CCV do sistema, das decisões tomadas nessas áreas.

---

<sup>26</sup> Segundo Blanchard (2004, p. 486), custos não rastreáveis representam cerca de 10% a 20% do custo total do sistema.

Com base no acima apresentado fica evidente a importância da utilização do custeio ABC para a efetividade de um modelo de CCV no cumprimento do papel para o qual foi criado. Assim, é fundamental o convencimento de todos os responsáveis pela execução da contabilidade de custos nas organizações públicas e privadas que trabalham com sistemas complexos, quanto à necessidade da utilização do custeio ABC, quando da estruturação de um Modelo de CCV. A aplicação do custeio ABC também simplifica a condução do processo de “análise do custo do ciclo de vida” (ACCV), que será objeto de estudo na próxima seção deste trabalho.

#### 4.4 ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV)

Blanchard (2004, p.81) explica que a “análise do custo do ciclo de vida” (ACCV) de um sistema tem por objetivo consolidar todos os custos do sistema para se obter a visibilidade desejada e eliminar o “efeito iceberg”, ilustrado na FIG. 6.

Estabelecidos os principais elementos de custos, é possível se partir para a definição de quais serão os demais elementos de custos que comporão Estrutura Analítica de Custos (EAC) para cada ano do ciclo de vida do sistema em análise. Os resultados obtidos podem ser utilizados para se determinar então um perfil de custo. Ressalta-se que o perfil de custo elaborado representa o CCV de um sistema como um todo. Esse perfil pode servir como uma boa base para fundamentar futuras previsões de custos de novos sistemas semelhantes, desde que sejam considerados os adequados fatores inflacionários anuais. (BLANCHARD, 2004, p, 81). A FIG. 10, a seguir apresentada, ilustra um perfil de custo para um sistema complexo.



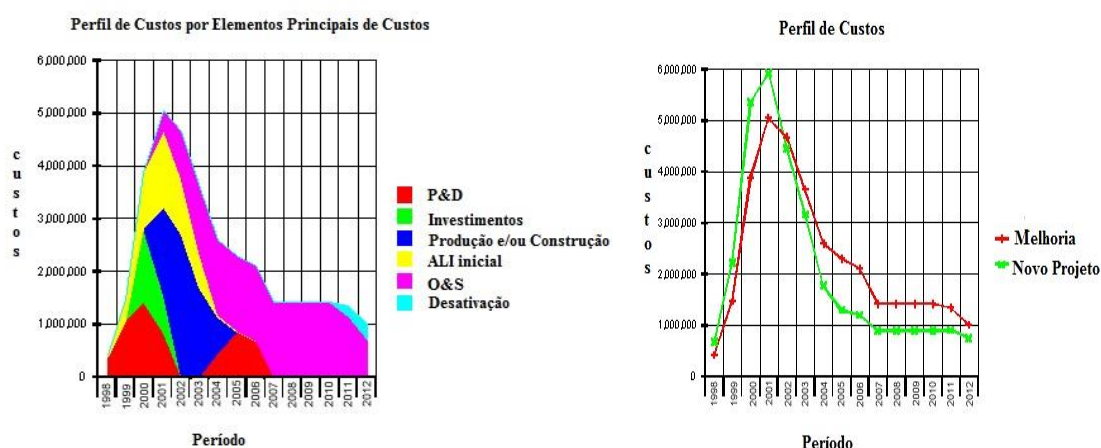


Figura 10 - Perfil de Custos de um Sistema Complexo.

Fonte: Adaptado de D-LCC, 2013.

O processo de ACCV inclui uma série de etapas, que podem ser realizadas de diferentes maneiras, dependendo do grau de profundidade da análise requerida. A exemplo do adotado quando da apresentação dos elementos de um modelo de CCV, um maior detalhamento sobre os passos básicos de uma ACCV encontra-se apresentado no Apêndice C.

O Quadro 4, apresentado a seguir, relaciona uma proposta de modelo de ACCV composto por os doze passos básicos.

#### QUADRO 4

##### Doze passos Básicos da ACCV

1. Definir os requisitos do sistema;	7. Desenvolver o perfil de custos do sistema;
2. Descrever o ciclo de vida do sistema identificando as atividades inerentes a cada uma de suas fases;	8. Identificar os principais contribuintes para a elevação dos custos e estabelecer relações de causa e efeito;
3. Desenvolver a Estrutura Analítica de Custos (EAC);	9. Conduzir uma análise de sensibilidade;
4. Identificar os requisitos dos dados entrada;	10. Construir um diagrama de Pareto e identificar prioridades para a resolução do problema;
5. Estabelecer o custo de cada elemento de custos da EAC;	11. Identificar alternativas viáveis para a avaliação do projeto; e
6. Selecionar um modelo informatizado de custo para fins de análise e avaliação;	12. Avaliar as alternativas viáveis e selecionar a abordagem preferida.

Fonte: Adaptado de Blanchard, 2004, p. 85.

A seguir serão tecidos alguns comentários em relação ao modelo de ACCV apresentado, tomando-se como base o apresentado por Blanchard (2004, p. 81, 83, 484-485, 488-489). Destaca-se no modelo acima, que os sete primeiros passos conduzem ao desenvolvimento do perfil de custos do sistema para o qual se está analisando o CCV.

Em relação ao passo um “definição de requisitos de sistema”, ressalta-se que tanto sistemas complexos de grandes dimensões quanto sistemas de menor porte demandam requisitos de amplitude bastante extensa e de significativo nível de detalhamento. Apesar de se observar uma série de alterações nos requisitos do sistema à medida que o seu projeto evolui, uma boa previsão para eles precisa ser estabelecida quando da concepção do projeto.

Uma vez estabelecida a EAC (passo três), se faz necessário estimar os custos para cada um dos elementos de custos que a compõe (passo quatro). Essas estimativas devem levar em consideração os efeitos da inflação e quaisquer outros fatores suscetíveis de provocar alterações nos custos. Como evidenciado na FIG. 7, o período mais oportuno para se iniciar a determinação do CCV é aquele que abrange as fases iniciais do ciclo de vida de um projeto, uma vez que decisões tomadas nessas fases geram impactos maiores no custo de posse.

O passo oito, “identificação dos contribuintes de alto custo”, tem como objetivo introduzir mudanças de projeto que reduzam o custo total do sistema, sendo necessário, por ocasião da condução desta etapa, se enunciar duas perguntas: 1) Quais são as causas que contribuem para que certos elementos de custos do sistema possuam um valor mais elevado? e 2) Pode a configuração de um sistema ser alterada de modo a que o valor de seus elementos de custos sejam reduzidos?

Em relação ao passo doze, “avaliação das alternativas de configurações do projeto”, se faz necessário identificar diferentes perfis de custo para cada opção de configuração de sistema a ser considerada. A comparação entre esses perfis deve ser realizada com base em

seus aspectos equivalentes, observando-se o valor do dinheiro no tempo, para então se proceder então seleção daquele perfil que melhor atenda aos objetivos estabelecidos.

Por último, chama-se a atenção para o fato de que após a identificação dos direcionadores de custos, pode ser necessário se reavaliar a EAC e simular novos dados para verificação das relações entre os perfis de custos das alternativas de configuração do sistema. Essa reavaliação tem como objetivo se obter uma melhor visibilidade para se fazer recomendações de melhorias em relação ao CCV do sistema.

Uma vez apresentado o arcabouço conceitual do CCV e da ACCV, será discutido, no próximo capítulo deste trabalho, como as informações de custos tem sido tratadas na MB, especialmente aquelas relacionadas ao apoio logístico prestado a navios e submarinos por meio das Organizações Militares Prestadoras de Serviços (OMPS) e de como se encontra atualmente o processo de CCV para o SN-BR.

## **5 CUSTOS E CUSTEIO DE CICLO DE VIDA NA MB**

De semelhante modo ao que se observou nos EUA em meados da década de 1960, quando ficou sob a responsabilidade da USN o estudo dos aspectos atinentes à Contabilidade de Custos no âmbito do ALI, no Brasil, na década de 1990, a MB também iniciou um trabalho de Contabilidade de Custos no setor público sem precedentes no país. Para isso, a Marinha muito se valeu da experiência adquirida com sua participação ativa em outra iniciativa pioneira de aprimoramento da gestão pública, a implantação do Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal (SIAFI), ocorrida na década de 1980.

No que se refere ao CCV, o PROSUB se mostra uma oportunidade única para o estudo e o desenvolvimento, pela MB, desse tema, estabelecendo-se um novo patamar de qualificação no país em relação à aquisição de sistemas complexos. Ressalta-se que o desenvolvimento do conhecimento em questão será de grande valia quando da aquisição, pelo Ministério da Defesa (MD), de novas plataformas militares tecnologicamente avançadas.

No presente capítulo será apresentada sinteticamente a experiência da MB com a contabilização de custos de suas OM produtivas, descrita a situação do CCV na Marinha e no projeto do SN-BR e elaborado um breve resumo sobre uma recente aplicação do CCV na tomada de decisão quanto à aquisição de novas aeronaves de combate pelo governo canadense.

### **5.1 CONTABILIDADE DE CUSTOS NA MB**

Especificamente em relação à Contabilidade de Custos, foi no ano de 1994 que Marinha decidiu mudar a forma de gestão das suas Organizações Militares (OM) produtivas e criou as Organizações Militares Prestadoras de Serviços (OMPS) e o Sistema OMPS. Sua

implantação objetivava, por meio dos sistemas financeiros e orçamentários adotados na MB e, principalmente, se utilizando da Contabilidade de Custos, operacionalizar uma “Contabilidade Gerencial Pública”, onde fosse possível a visualização dos reais custos e desempenhos das OMPS. Para alcançar esse objetivo, no decorrer desses quase vinte anos, a Marinha, entre outras providências, recrutou e qualificou pessoal para atuar na área de custos. A título de exemplo, no período acima mencionado, mais de trinta oficiais foram enviados a programas de mestrado em Ciências Contábeis no país.

#### Segundo Viveiros:

O maior obstáculo encontrado para implantação do Sistema OMPS foi a quebra de paradigmas, ou seja, a inserção e a consolidação de uma cultura de custos e de gestão. A solução encontrada para minimizar o impacto dessas mudanças foi a normatização de procedimentos, a sensibilização quanto à necessidade de mudança e a capacitação de pessoal para apuração dos custos e, posteriormente, para análise dos resultados obtidos. (2005, p. 14)

A experiência em Contabilidade de Custos acumulada pela Marinha ao longo das últimas duas décadas com o Sistema OMPS, somada ao desenvolvimento do CCV no projeto de construção do SN-BR, permitirá que a MB se torne a grande fomentadora do CCV no Brasil, preenchendo, pelo menos em parte, a lacuna observada em relação à produção e disseminação de conhecimento sobre o tema.

Contudo, para que a Marinha assumira o papel acima indicado, será primeiramente necessário que alguns pressupostos básicos adotados na contabilização de custos do Sistema OMPS sejam revistos. A maior mudança, sem dúvida, se dará em relação ao método de apuração de custos. Por ocasião do estabelecimento de regras para o Sistema OMPS, ficou definido que todos os sistemas de custos a serem desenvolvidos deveriam utilizar como método de apuração de custos o “Custeio por Absorção”. Em termos práticos isso significava dizer que os custos indiretos seriam alocados aos produtos e serviços com base em alguma medida de volume de produção, como, por exemplo, horas de mão de obra direta. Ressalta-se que uma das maiores dificuldades observadas na contabilização de custos no sistema OMPS foi

justamente a escolha de critérios e a distribuição dos custos indiretos aos objetos de custo. Como apresentado no capítulo quatro, o CCV, obtêm melhores resultados, por meio da utilização do Custeio ABC. Assim, para a determinação do CCV, será necessário se alterar a lógica atualmente utilizada na Marinha de como os custos serão calculados e distribuídos aos objetos de custos, mas tal alteração não invalidará a experiência anteriormente acumulada.

## 5.2 CUSTO DO CICLO DE VIDA NA MB E NO PROJETO DO SN-BR

A fim de se identificar como está sendo tratado o CCV no âmbito da MB e mais especificamente na condução do projeto do SN-BR, foram executadas pesquisas junto a três fontes principais de informações. A primeira fonte utilizada foi a documentação técnica da Marinha que trata do ALI. A segunda fonte selecionada foi o Núcleo de Apoio Logístico Integrado da Marinha (NALIM), sendo realizadas consultas ao pessoal que trabalha no Núcleo e ao material por ele disponibilizado em sua página da Intranet. A terceira fonte escolhida, e de maior interesse para essa pesquisa, se refere ao conjunto de informações obtidas, por meio de correspondências eletrônicas, contatos pessoais e contatos telefônicos, junto a dois oficiais que atuam diretamente no ALI do SN-BR. Esses dois oficiais, um do Setor de Material da Marinha, ligado à área de manutenção e um do Setor de Abastecimento da Marinha, ligado à área de suprimento, pertencem à equipe que está participando do processo de transferência de tecnologia em apoio logístico integrado entre a França e o Brasil.

Primeiramente será discutido o que foi levantado em relação à documentação que trata de ALI na MB. A principal publicação sobre apoio logístico na Marinha é a MATERIALMARINST Nº 33-01 - Apoio Logístico Integrado, que estabelece normas e responsabilidades em relação às ações e recursos de apoio logístico. A referida publicação define, em seu item 3.16, “custo do ciclo de vida” como sendo aquele que “Engloba todos os custos concebi-

dos, diretos e indiretos, relativos à obtenção, operação, apoio e alienação do sistema ou meio.” (BRASIL.DGMM, 2010, p. 4). Contudo, em seu inciso 4.2.1, a publicação em questão apresenta como condicionante para a obtenção de um novo meio militar para a Marinha, que ele possua “um custo aceitável”. “Custo aceitável”, segundo a MATERIALMARINST N° 33-01, se refere “normalmente, apenas ao custo de aquisição”, embora conste no texto que o desejável seria, quando da aquisição de um novo meio, “a utilização do custo ao longo de todo o ciclo de vida do meio.” (BRASIL.DGMM, 2010, p. 9). Nenhum outro comentário sobre o CCV é encontrado na publicação. Assim, a análise desse primeiro documento demonstrou, a exemplo do observado nas diversas referências bibliográficas nacionais pesquisadas, uma deficiência quanto a um maior detalhamento sobre o CCV e sua efetiva aplicação dentro do processo de obtenção de um sistema complexo.

A segunda publicação analisada foi o EMA-420, Normas para a Logística de Material, que estabelece:

O Setor do Material calculará o custo total do projeto, incluindo o detalhamento estimado dos custos de obtenção e posse (manutenção e operação) com os respectivos perfis de desembolsos, considerando a vida útil prevista do meio e o perfil de operação do mesmo. (BRASIL.EMA, 2002, p. 1-6).

Apesar do contido no texto acima transcrito e de outras referências no corpo da publicação quanto à necessidade de determinação do custo de posse de um novo meio que se deseja incorporar, também não existem maiores detalhes na publicação de como se proceder para calcular esse custo e nem a indicação de onde tais orientações podem ser obtidas.

Por fim, a terceira publicação consultada nesta pesquisa sobre o assunto foi o EMA-400, Manual de Logística da Marinha, que possui um capítulo inteiramente dedicado ao ALI. Nessa publicação o custo de posse também merece destaque e, mais uma vez, não são apresentadas maiores elucidações de como ele deve ser determinado.

Em relação às consultas efetuadas junto ao NALIM, merece destaque a elaboração em andamento de um Manual de ALI para a MB. Cabe destacar que se encontra disponibilizado na página da Intranet do NALIM, a minuta do índice do futuro Manual de ALI, no qual consta a previsão de um capítulo inteiramente dedicado ao CCV. Assim, a prontificação deste documento trará uma importante contribuição em relação à lacuna hoje observada nas normas internas da Marinha sobre o tema.

Antes de se tratar das informações obtidas junto aos oficiais que estão diretamente envolvidos com o ALI do SN-BR, cabe um comentário quanto à transferência de tecnologia em apoio logístico integrado, prevista nos contratos comerciais que compõem o PROSUB. Segundo matéria realizada com o Coordenador Executivo do PROSUB pelo boletim informativo eletrônico Techno News, publicação bimestral com foco na indústria brasileira, a transferência de tecnologia em ALI para o PROSUB tem como objetivo capacitar a MB a projetar e planejar o apoio logístico a submarinos, ao longo de toda a sua vida útil, ocorrendo por meio da qualificação de pessoal de diversas especialidades em seminários e treinamentos. (GANHOS..., 2011).

As pesquisas realizadas indicaram que a qualificação supramencionada se iniciou no ano de 2010, quando foi realizado no país, conduzido pela empresa francesa *Direction des Constructions Navales et Services* (DCNS), um Seminário sobre ALI, visando identificar necessidades em relação à transferência de tecnologia na área logística, tendo na ocasião sido levantados “subsídios relevantes para a adequação dos futuros treinamentos aos engenheiros e técnicos da MB, a serem conduzidos pela DCNS na França”. (SEMINÁRIO..., 2010). No segundo semestre de 2012 foi realizada, na França, a parte teórica do treinamento referente à transferência de tecnologia na área logística. Por fim, no corrente ano, está sendo realizada a parte prática da citada transferência, por meio de "*on the job training*", ou seja, de treinamento simultâneo com a execução dos projetos dos submarinos do PROSUB.



Uma vez apresentados os esclarecimentos acima, passar-se-á à análise das repostas às consultas formuladas aos dois já citados oficiais, que estão diretamente participando da transferência de tecnologia em ALI, se qualificando para participar da elaboração do planejamento do apoio logístico integrado a ser prestado ao SN-BR. Para conseguir delinear a atual situação do CCV no projeto em questão, foram feitos três questionamentos básicos, cujas respostas permitiriam se definir a necessidade ou não de se elaborar e aplicar a um grupo maior de pessoas que atuam no ALI do SN-BR, um questionário detalhado sobre as ações ora em andamento no que se refere ao CCV.

As três perguntas formuladas foram as seguintes: 1) Foi recebido algum treinamento específico sobre CCV por ocasião da parte teórica da transferência de tecnologia em ALI na França?; 2) Já está estabelecida a equipe responsável pela determinação do CCV do SN-BR?; e 3) Como se encontra a determinação do CCV para o SN-BR? As respostas recebidas foram em sua essência as mesmas, sendo consolidadas e a seguir detalhadas.

Primeiramente quanto ao treinamento específico sobre CCV, o relato dos oficiais é de que o tema foi tratado de uma maneira bastante genérica, sem se apresentar muitos detalhes e sem acrescentar grandes informações além das que constam nas publicações existentes, a exceção de alguns aspectos específicos sobre submarinos. Ao ser perguntado sobre o porquê de o assunto não ter sido tratado em maior profundidade, um dos oficiais comentou que, em sua opinião, tal fato em parte se explicaria pela falta de questionamentos do pessoal que estava recebendo o treinamento na França, e que essa ausência de dúvidas sobre o assunto provavelmente decorria do atual estágio de desenvolvimento do CCV no Brasil.

Quanto ao estabelecimento da equipe responsável pela determinação do CCV do SN-BR, foi informado que está planejado para o próximo ano a criação desse setor, que ficará diretamente subordinado à Gerência do Empreendimento Modular de Obtenção do Submarino de Propulsão Nuclear.

Por fim, no que se refere à fase em que se encontra a determinação do CCV para o SN-BR, foi esclarecido que atualmente o projeto desse meio naval se encontra na fase de concepção, sendo realizada uma série de verificações de exequibilidade. Assim, ainda não existem estudos quantitativos sobre CCV, já existindo, contudo, no que se refere ao apoio logístico, alguns estudos qualitativos em termos de alternativas de equipamentos, sobressalentes e consumíveis a serem aplicados ao futuro meio naval.

Com base nas respostas acima apresentadas, que evidenciaram um estágio inicial de aplicação do CCV ao projeto do SN-BR, concluiu-se não ser produtiva a elaboração de um questionário mais detalhado sobre o assunto.

Antes de se passar à conclusão desta pesquisa, será apresentado, de forma bastante resumida, um caso prático de utilização do CCV no processo de tomada de decisão para a aquisição de novos aviões de caça, ocorrido com a Força Aérea do Canadá.

### 5.3 CUSTOS PARA A SUBSTITUIÇÃO DE AVIÕES DE CAÇA DO CANADÁ

Em fevereiro de 2013 foi publicada uma matéria elaborada por Alex Smith na página eletrônica do Parlamento Canadense, sobre o processo de substituição pela Força Aérea daquele país da frota de caças CF-18, possivelmente por uma frota de caças F-35 Lightning IIs. O texto relata que o Departamento de Defesa Nacional Canadense (DND), bem como o Conselho do Tesouro do Canadá possuem normas específicas sobre o CCV. O objetivo da matéria, denominada como uma *HillNote*, era o de apresentar as diferentes estimativas apresentadas por diversos órgãos para os custos da nova frota de aviões de combate F-35 e explicar que as variações entre essas estimativas foram consequência, pelo menos em parte, de como os custos do ciclo de vida haviam sido tratados.

A matéria se inicia explicando que a aquisição dos F-35 começou em julho de 2010, com um custo total estimado pelo DND de US\$ 9 bilhões. A partir da apresentação desse valor, foi determinado ao setor responsável pelo orçamento canadense que elaborasse uma previsão independente de custos para a aquisição em questão. Em março de 2011 foi então apresentado o resultado obtido pelo setor de orçamento, estimando um custo de US\$ 29,3 bilhões para a aquisição e manutenção de sessenta e cinco caças F-35, por um prazo de trinta anos. Em resposta ao novo valor apresentado, o DND informou que os US\$ 9 bilhões inicialmente calculados se referiam apenas aos custos de aquisição e que foi estimada a necessidade de mais US\$ 5,7 bilhões para se proceder à operação e manutenção das aeronaves por vinte anos. Em abril de 2012 a Auditoria Geral do Canadá publicou um relatório no qual constatava que além dos US\$ 14,7 bilhões apresentados pelo DND, existiam ainda para o projeto, gastos da ordem de US\$ 9,5 bilhões, o que levaria o custo do ciclo de vida dos caças F-35 para mais de US\$ 25 bilhões. Por fim, em dezembro de 2012, o DND atualizou sua estimativa de custo do ciclo de vida dos caças, se utilizando de um modelo de CCV desenvolvido pela empresa KPMG. A necessidade de recursos para a obtenção dos aviões foi recalculada para um montante de US\$ 35,2 bilhões ao longo de um período de trinta anos ou de US\$ 45 bilhões ao longo de um período de 42 anos. Atualmente o governo canadense está reavaliando as opções para a substituição dos caças CF-18. (SMITH, 2013).

Dentre as razões que motivaram as variações nos valores calculados pelos diversos órgãos acima citados, destacam-se a consideração apenas dos custos de aquisição e o estabelecimento de um ciclo de vida incompleto (vinte anos) para a determinação do CCV (SMITH, 2013). O exemplo apresentado quanto à obtenção dos aviões de combate canadenses, ilustra a importância que deve ser dada ao CCV quando da aquisição de sistemas militares complexos e como os resultados obtidos podem influenciar de maneira significativa o processo de tomada de decisão.

## 6 CONCLUSÃO

Ao se concluir essa pesquisa pode-se afirmar que o “custo do ciclo de vida” no Brasil é um paradoxo. Essa afirmação se baseia no fato de que ele é, ao mesmo tempo, um conceito gerencial com mais de meio século de existência e uma das atividades relacionadas à concepção de projetos de sistemas complexos mais desconhecidas no país.

Tal situação possui diversas causas, que foram discutidas durante o desenvolvimento deste trabalho, das quais três merecem destaque. A primeira diz respeito à própria essência do CCV. Como apresentado no capítulo quatro, se determinar, ainda nas fases iniciais, o custo total de ciclo de vida de um projeto, identificando quais alterações que nele podem ser feitas, a fim de minimizar esse custo, é uma tarefa reconhecidamente difícil. A segunda causa a ser destacada em relação ao desconhecimento do CCV diz respeito à tendência, tanto por parte de contratantes quanto de contratados, a um raciocínio de curto prazo para a tomada de decisão em relação a projetos de sistemas complexos. Em outras palavras, é o “efeito *iceberg*”, a tendência à utilização para tomada de decisão apenas dos custos de aquisição. Por último, ressalta-se a postura normalmente assumida por engenheiros de projeto, de considerar apenas requisitos de desempenho quando da construção de um novo sistema, não se preocupando com os custos envolvidos.

Esta pesquisa teve como objetivo identificar como está sendo tratado o “custo do ciclo de vida” no processo de planejamento do Apoio Logístico Integrado a ser prestado ao SN-BR e apresentar propostas de providências para o aprimoramento da estimação e acompanhamento das informações de custos geradas no âmbito da MB.

As informações levantadas ratificaram a percepção inicial de que, até o presente momento, pouco foi discutido nos setores responsáveis pelo SN-BR sobre o CCV. Foram observadas e serão a seguir apresentadas quatro razões principais que levaram a essa situação.

Em primeiro lugar, o estágio incipiente em que se encontra a determinação do CCV no Brasil, fazendo com que esse tema seja, em geral, pouco conhecido. Tal fato decorre, principalmente, do processo de industrialização do país, baseado na importação de tecnologia, o que significa dizer que a quase totalidade dos projetos dos sistemas complexos existentes no território nacional foi desenvolvida no exterior. Em segundo lugar, a inexistência de referencial bibliográfico em português sobre o assunto, associada à disponibilidade de poucos títulos editados em inglês, praticamente inviabiliza o estudo do CCV nos cursos de graduação e pós-graduação em engenharia e contabilidade. Em terceiro lugar, a inexistência tanto de um projeto anterior de sistema complexo semelhante quanto de um banco de dados de apoio logístico, dificulta significativamente a condução das tarefas atinentes à estimação do CCV. Por último, e provavelmente com maior peso na situação ora observada, a fase atual de “concepção do projeto” em que se encontra o SN-BR não demandou, ainda, grandes esforços no que se refere às tarefas relativas ao ALI e ao CCV.

Com base na análise dos diversos subsídios obtidos no desenvolvimento da presente pesquisa, a seguir serão apresentadas algumas sugestões para o aprimoramento das informações de custos geradas no âmbito da Marinha, com foco no processo de CCV a ser conduzido para o SN-BR.

A despeito da falta de uma cultura de CCV no país, da dificuldade de acesso à bibliografia sobre o assunto e da inexistência de uma base de dados consistente de apoio logístico, se faz urgente que a equipe responsável pelo CCV do SN-BR seja formada e busque, junto à DCNS, as necessárias orientações, para iniciar esse complexo e trabalhoso processo de determinação de custos.

Com base nas informações levantadas junto ao pessoal que participa da transferência de tecnologia em ALI, conclui-se ser fundamental que a Marinha providencie a qualificação em CCV de um oficial, preferencialmente pós-graduado em Contabilidade de Custos,

para incorporá-lo a equipe de CCV do SN-BR, de modo que se possa realizar uma cobrança mais consistente junto a DCNS da transmissão de conhecimentos sobre o tema.

A elaboração do modelo de CCV a ser utilizado no projeto do SN-BR é outro aspecto que precisa urgentemente receber atenção por parte da MB. Somente a partir da prontificação desse modelo será possível se iniciar qualquer tarefa relacionada à determinação e análise dos custos do citado projeto, bem como se estabelecer as regras de negócio que permitirão a estruturação de um sistema informatizado de CCV.

A última sugestão a ser apresentada diz respeito à documentação técnica do sistema e ao banco de dados de apoio logístico. Por ocasião da construção do primeiro submarino nuclear brasileiro, especial atenção deverá ser dada para que manuais e bancos de dados sejam adequadamente produzidos. O registro detalhado, no citado banco de dados, de todos os acertos, desacertos e dificuldades relacionados ao ALI e à determinação do CCV do SN-BR, bem como a elaboração de uma documentação técnica completa, serão essenciais ao projeto de construção do segundo SN-BR.

Por fim, importa destacar a oportunidade que o PROSUB concede à Marinha de, juntamente com a absorção da transferência de tecnologia decorrente da construção propriamente dita de um dos sistemas militares mais complexos já projetados pelo homem, ser mais uma vez pioneira no desenvolvimento de ferramentas gerenciais para a Administração Pública, a exemplo do ocorrido com o SIAFI e com a Contabilização de Custos das OMPS. O estudo e normalização do CCV pela MB estabelecerá um novo patamar de qualificação no país em relação à aquisição de sistemas complexos, o que será de grande valia nas futuras aquisições do MD, e fará com que a MB assumira um papel no Brasil em relação ao CCV, semelhante àquele desempenhado pela USN nos EUA.

## REFERÊNCIAS

AMARANTE, José Carlos Albano do; CUNHA, Marcílio Boavista da. As Funções Tecnológicas do Combate: sua evolução e aplicação nos estudos e planos da área de defesa. **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, v.17, n.2, p.213-228, 31 jul./dez. 2011.

BARRINGER, H. Paul. **A Life Cycle Cost Summary**. Humble, 2003. Disponível em: <[www.barringer1.com/pdf/LifeCycleCostSummary.pdf](http://www.barringer1.com/pdf/LifeCycleCostSummary.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2013.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. Tradução de R. Rubenich. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.

BLANCHARD, Benjamin S. Life-Cycle Costing: an effective tool for total asset management. **The SOLEtech Newsletter**, Maryland, v.4.1, jan. 2001. Disponível em: <[http://www.sole.or.kr/Download/SOLEtech/SOLEtech\(Volume 4.1\).htm](http://www.sole.or.kr/Download/SOLEtech/SOLEtech(Volume%204.1).htm)>. Acesso em: 31 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. **Logistics engineering and management**. 6.ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004. 546 p.

\_\_\_\_\_. Is ILS a Dying Skillset? **Clep Logistics Directions**, Virginia, p.1 e 6, fev. 2012. Disponível em: <<http://logisticsengineers.org/wp-content/uploads/2011/12/February-2012-newsletter.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2013.

BOLGENHAGEN, Andrea et al. Gestão da manutenção de equipamentos em micro e pequenas empresas via web. **Revista Qualidade Emergente**, Curitiba, v.2, n.1, p.30-45, 2011. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/qualidade/article/view/21843/14238>>. Acesso em: 25 jun. 2013.

BONDARCZUCK, A. B. **Definição operacional da apoiabilidade de sistemas de materiais de emprego militar**. 2005. 207 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2005 apud CÔRTEZ, André Luiz de Almeida. **Uma abordagem para o desenvolvimento de um sistema de informação para projeto, implantação e gerência de cadeias logísticas de manutenção de sistemas técnicos**. 2006. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

BRASIL. Diretoria-Geral do Material da Marinha. **MATERIALMARINST Nº 33-01: apoio logístico integrado (ALI)**. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **EMA-400**: manual de logística da marinha. Brasília, DF, 2003.

\_\_\_\_\_. **EMA-420**: normas de manutenção da marinha. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD42-M-02**: doutrina de logística militar. 2.ed. Brasília, DF, 2002.

CÔRTEZ, André Luiz de Almeida. **Uma abordagem para o desenvolvimento de um sistema de informação para projeto, implantação e gerência de cadeias logísticas de manutenção de sistemas técnicos**. 2006. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

CÔRTEZ, André Luís de Almeida; BRICK, Eduardo Siqueira. Sistema de Informação para Apoio ao Processo de Engenharia de Sistemas Técnicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 34., 2007, Fortaleza. **Anais...** [Fortaleza]: SBPO, [2007]. p. 1185 - 1198. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2007/pdf/arq0008.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2013.

COST Structure and Life Cycle Cost (LCC) for Military Systems. In: RTO-NATO STUDIES, ANALYSIS AND SIMULATION PANEL (SAS) SYMPOSIUM, 2001, Paris. **Proceedings ...** Ottawa: St. Joseph Print Group Inc., 2003. 196 p. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA418689>>. Acesso em: 12 abr. 2013.

CUNHA, Marcus Sá; MARTINS, Marcelo Ramos; SZAJNBOK, Moyses. Contribuição do Apoio Logístico Integrado para o Desempenho e Disponibilidade de Sistemas Complexos. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E ENGENHARIA PORTUÁRIA, 22., 2011, Buenos Aires. **Anais...** [Buenos Aires]: Copinaval, [2012]. p. 1185 - 1198. Disponível em: <[http://www.ipen.org.br/downloads/XXII/trabajos/129%20-%20da%20Cunha%20y%20otros%20COMPLETO%20\(Brasil\).pdf](http://www.ipen.org.br/downloads/XXII/trabajos/129%20-%20da%20Cunha%20y%20otros%20COMPLETO%20(Brasil).pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2013.

DHILLON, Balbir S. **Engineering Maintainability**. Houston: Gulf Publishing Company, 1999. 254 p.

\_\_\_\_\_. **Life Cycle Costing for Engineers**. Boca Raton: CRC Press, 2009. 224 p.

D-LCC - life cycle costing program. **Reliass**. Hampshire, 2013. Disponível em: <[http://www.reliability-safety-software.com/products/product\\_dlcc.htm](http://www.reliability-safety-software.com/products/product_dlcc.htm)>. Acesso em: 19 jul. 2013.



DUBEY, Rajeev. **Study and analysis of best practices for the development of systems engineers at a multi-national organization**. 2006. 612 f. Dissertação (Mestrado) - Department of System Design And Management Program, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, 2006. Disponível em: <<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/37985>>. Acesso em: 24 jun. 2013.

EBELING, C. E. **An introduction to reliability and maintainability engineering**. 2. ed. Illinois: Waveland Press, Inc., 2005. 486 p. apud CÔRTEZ, André Luiz de Almeida. **Uma abordagem para o desenvolvimento de um sistema de informação para projeto, implantação e gerência de cadeias logísticas de manutenção de sistemas técnicos**. 2006. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

EISENBERGER, I.; LORDEN, G. Life-Cycle Costing: practical considerations. **The Deep Space Network Progress Report**, Pasadena, n.42-44, p.102-109, ma./jun. 1977. Disponível em: <[http://ipnpr.jpl.nasa.gov/progress\\_report2/42-40/40M.PDF](http://ipnpr.jpl.nasa.gov/progress_report2/42-40/40M.PDF)>. Acesso em: 31 mar. 2013.

ESTADOS UNIDOS. U. S. Department of Defense. **MIL-STD-1388-1**: logistic support analysis. Washington, D. C., 1973. 112 p. Disponível em: <[http://www.everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1300-1399/MIL\\_STD\\_1388\\_1A\\_552/](http://www.everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-1300-1399/MIL_STD_1388_1A_552/)>. Acesso em: 21 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **MIL-HDBK-259**: military handbook life cycle cost in navy acquisitions. Washington, D. C., 1983. 62 p. Disponível em: <[http://www.everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0200-0299/MIL\\_HDBK\\_259\\_230/](http://www.everyspec.com/MIL-HDBK/MIL-HDBK-0200-0299/MIL_HDBK_259_230/)>. Acesso em: 21 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **MIL-HDBK-502**: Department of Defense handbook acquisition logistics. Washington, D. C., 1997. 254 p. Disponível em: <[https://acc.dau.mil/adl/en-US/59106/file/21059/SE\\_75\\_HDBK502.pdf](https://acc.dau.mil/adl/en-US/59106/file/21059/SE_75_HDBK502.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2013.

ESTADOS UNIDOS. U. S. Government Accountability Office. **Defense Acquisitions**: air force operating and support cost reductions need higher priority. Washington, 2000. Disponível em: <[www.gao.gov/archive/2000/ns00165.pdf](http://www.gao.gov/archive/2000/ns00165.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2013.

FLEURY, Paulo F; WANKE, Peter; FIGUEIREDO, Kleber. **Logística empresarial**: a perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2000. 372 p.

FOX, J. Ronald et al. **Defense acquisition reform 1960–2009**: an elusive goal. Washington, D.C.: Center of Military History United States Arm, 2011. 268 p. Disponível em: <[http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/11-120\\_e628824d-3f2d-45bc-9c07-f5b056955e50.pdf](http://www.hbs.edu/faculty/Publication%20Files/11-120_e628824d-3f2d-45bc-9c07-f5b056955e50.pdf)>. Acesso em: 12 jul. 2013.

FRANÇA, Júnia Lessa; VASCONCELLOS, Ana Cristina de. **Manual para Normalização de Publicações Científicas**. 8.ed. rev e ampl. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2007. 255 p.

GANHOS em tecnologia e nacionalização e os benefícios sociais decorrentes do PROSUB. **Techno News**. [Uberlândia], [2011]. Disponível em: <<http://www.technonews.com.br/2011/newnaval.php?corpo=conteudonaval.php&tabela=tabram05&pg=1&cod=111>>. Acesso em: 05 jul. 2013.

GENEST JR., Elmon A. **Integrated Logistic Support: from concept to reality**. Washington, D.C.: Industrial College Of The Armed Forces, 1969. 39 p.

GUERRA, Oswaldo; TEIXEIRA, Francisco. Redes de aprendizado em sistemas complexos de produção. **Rae - Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 42, n. 4, p.93-105, out./dez. 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/1551/155118109008.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2013.

GUIMARÃES, Leonam Dos Santos. **Síntese de Doutrina de Segurança para Projeto e Operação de Submarinos Nucleares**. 1999. 612 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Naval, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

HORNGREN, Charles T; FOSTER, George; DATAR, Srikant M. **Contabilidade de Custos**. Tradução de José Luiz Paravato. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 717 p.

JONES, James V. **Logistic Support Analysis Handbook**. Blue Ridge Summit: Tab Books Inc., 1989. 400 p.

\_\_\_\_\_. **Integrated Logistics Support Handbook, Special Reprint Edition**. 2.ed. New York: Mcgraw-hill Professional, 1998. 432 p.

\_\_\_\_\_. **Integrated Logistics Support Handbook**. 3.ed. New York: Mcgraw-hill Professional, 2006. 528 p.

LATIF, Shahid. **An integrated logistic support model for major weapon systems of the Pakistan Navy**. 1987. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Master of Science In Management, Naval Postgraduate School, Monterey, 1987. Disponível em: <<http://calhoun.nps.edu/public/bitstream/handle/10945/22301/integratedlogist00lati.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 24 maio 2013.

MAHER, Michael. **Contabilidade de custos: criando valor para a administração**. Tradução de José Evaristo dos Santos. São Paulo: Atlas, 2001. 905 p.

RUSSEL, Stephen Hays. Growing World of Logistics. **Air Force Journal Of Logistics**, Montgomery, p. 12-17. jun. 2000. Disponível em: <<http://logmgt.nkmu.edu.tw/teaching/resource/logistics/General%20theory%20of%20logistics%20practices.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

SEMINÁRIO sobre Apoio Logístico Integrado no âmbito do PROSUB. **Nomar on Line Notícias**. [Brasília, DF], 2010. Disponível em: <[http://www.mar.mil.br/menu\\_h/noticias/29092010/03.html](http://www.mar.mil.br/menu_h/noticias/29092010/03.html)>. Acesso em: 20 jul. 2013.

SMITH, Alex. **Estimating the Cost of Replacing Canada's Fighter Jets**. [Ottawa], 2013. Disponível em: <<http://www.parl.gc.ca/Content/LOP/ResearchPublications/2013-04-e.htm>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

TAVARES, Lourival Augusto. **Administração Moderna da Manutenção**. 2.ed. Rio de Janeiro: Novo Polo Publicações, 1999. 208 p.

VARGAS, José Israel. Alguns aspectos da política nacional de ciência e tecnologia. **Química Nova**, São Paulo, v.20, n.spe, p.7-14, dez. 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40421997000700003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40421997000700003&script=sci_arttext)>. Acesso em: 27 jul. 2013.

VIVEIROS, Alexandre R.. OMPS: pioneirismo da Intendência da Marinha. **Revista de Intendência**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p.14-16, jul./dez. 2005.

## APÊNDICE A ELEMENTOS LOGÍSTICOS

Serão apresentados abaixo os principais aspectos atinentes aos Elementos Logísticos, de acordo com o apresentado por Jones e seu livro sobre Análise do Apoio Logístico. (1989, p. 3-10).

**1 - Planejamento da Manutenção** - O apoio logístico de um sistema militar é, em sua maior parte, centrado em torno da sua manutenção. Assim, possui papel prioritário no ALI o desenvolvimento de um planejamento de manutenção, no qual estejam detalhadas todas as ações de manutenção necessárias à prestação de um adequado apoio ao sistema. Ressalta-se que o processo de manutenção dos equipamentos que compõe um sistema de armas não pode ser fruto do acaso, mas deve se basear em um complexo processo de planejamento, que se inicia na fase de concepção do projeto e continua durante todo o seu desenvolvimento. Esse planejamento, fundamentado nas diretrizes gerais de manutenção estabelecidas no início do processo de concepção do sistema, direciona seus esforços para definir, basicamente: estratégias para o estabelecimento do nível de manutenção de cada reparo (organizacional, intermediário e industrial); políticas de reparação; critério para a programação das tarefas de manutenção; e antecedência necessária para disponibilização dos recursos necessários a apoiar a manutenção. Um dos principais objetivos do planejamento da manutenção é garantir que os reparos necessários sejam realizados no menor nível possível e o mais próximo possível do usuário. (JONES, 1989, p. 4-6).

**2 - Planejamento de Pessoal para operar e manter os equipamentos** - Sistemas não operam nem se mantêm sozinhos. Dessa forma, mesmo antes de um sistema de armas ser projetado, sabe-se que será necessário pessoal qualificado para operá-lo e mantê-lo, quando da sua entrega ao usuário final. O ALI é responsável por identificar quantitativa e qualitativamente os militares e civis necessários ao apoio logístico do futuro sistema de armas. Essa tarefa deve

ser realizada o mais cedo possível no processo de obtenção de um novo sistema, de modo a se assegurar que o pessoal necessário à manutenção do sistema estará disponível quando de sua avaria. Uma vez que recursos humanos são limitados, a produção pelo ALI de uma documentação precisa quanto às necessidades de pessoal pode prestar uma grande contribuição ao apoio logístico do novo sistema. (JONES, 1989, p. 7).

**3 - Apoio de Suprimentos** - A identificação e aquisição dos materiais necessários para o apoio logístico de sistemas militares é outra responsabilidade chave do ALI. As atividades inerentes ao EL “Apoio de Suprimentos” são responsáveis pela: identificação e obtenção do estoque inicial de peças de reposição; distribuição física dos materiais para reparo e sobressalentes nos diversos locais de armazenagem; e definição dos níveis estoque. Sobressalentes e materiais de reparo são necessários para apoiar tanto manutenções planejadas quanto não planejadas, devendo estar disponíveis quando necessários, sob pena de, caso assim não ocorra, resultar em inoperância do sistema. Assim, é também responsabilidade do ALI, por meio do EL “Apoio de Suprimentos”, prever e prover os materiais de reparo e sobressalentes na quantidade, momento e local corretos. Por outro lado, as atividades desse EL devem buscar, por meio de um adequado planejamento, sempre minimizar a quantidade de matérias de reparo e sobressalentes que são adquiridos, de modo a reduzir o custo do apoio logístico do sistema. Em resumo, no que se refere ao planejamento do apoio de suprimentos de um novo sistema, tanto muito material quanto pouco material representam situações inaceitáveis. (JONES, 1989, p. 7).

**4 - Equipamentos de Teste e de Apoio** - A maioria dos sistemas complexos exige equipamentos adicionais para apoiar as atividades de apoio logístico. Qualquer equipamento necessário à execução da manutenção de um sistema é classificado como equipamento de apoio. Um equipamento de apoio pode ser um item especial, projetado para um uso específico ou pode possuir múltiplos usos. Há várias formas diferentes de classificar equipamento de apoio,

sendo o método mais usual à divisão dos equipamentos de apoio em comuns ou especiais. Normalmente equipamentos de apoio comuns consistem em itens que já estão em uso e possuem aplicação no apoio logístico de vários sistemas. Equipamentos de apoio especial tem sua utilização normalmente limitada a um apoio logístico bastante específico. Sempre que possível, deve-se priorizar a utilização de equipamentos de apoio comuns nas atividades de apoio logístico, a fim de reduzir os seus custos. Especialistas em equipamentos de apoio e engenheiros de teste precisam conduzir análises para identificar e desenvolver equipamentos de apoio comuns, como parte do processo de planejamento do ALI. (JONES, 1989, p. 8).

**5 - Treinamentos e equipamentos para formação de pessoal** - Ter pessoal de operação e de apoio logístico qualificado e devidamente treinado é necessário para o perfeito funcionamento de um sistema. A elaboração do programa de treinamento de pessoal e a identificação dos equipamentos necessários à capacitação de pessoal têm por objetivo garantir que a formação e o treinamento dos operadores dos sistemas e dos executores do apoio logístico, sejam realizados de forma coordenada com demais Elementos Logísticos. O treinamento de pessoal pode ser dividido em quatro categorias: formação do operador; formação de pessoal para manutenção; formação de supervisor; e formação de instrutor. Essas quatro categorias podem ser subdivididas em dois tipos: formação inicial e atualização. O planejamento do treinamento de pessoal é elaborado por analistas em treinamento como parte do esforço do ALI. Os equipamentos necessários à realização desses treinamentos também são definidos por esse grupo, quando da elaboração do supracitado planejamento. (JONES, 1989, p. 8).

**6 - Documentação Técnica** - Os usuários finais precisam de instruções para operar e manter, em seu nível, o sistema com o qual trabalharão. Tais instruções são fornecidas sob a forma de documentação técnica, normalmente disponibilizada por meio de diversos manuais técnicos. Em virtude dos manuais técnicos serem as únicas documentações recebidas pelo utilizador final do equipamento, eles devem conter todas as instruções de operação e de manutenção do

sistema. Assim, eles são os documentos mais importantes que o fabricante do sistema elabora. O termo genérico “manual técnico” na realidade se refere a uma série de diferentes tipos de documentos. Dentre esses documentos pode-se citar, a título de exemplo: o manual do operador, os manuais de manutenção para cada um dos níveis de manutenção, os requisitos de armazenagem, a dotação de peças de reparação e a relação de ferramentas especiais.

O propósito de um manual técnico é fornecer ao usuário do sistema ou ao pessoal de manutenção, uma única referência, que contenha todas as informações e instruções necessárias ao uso e manutenção do respectivo sistema de forma eficiente.

Um manual técnico deve conter descrições detalhadas, adequadamente ilustradas, dos procedimentos de operação e manutenção; das necessidades de equipamentos de apoio e de teste; e das informações de referência para a identificação de peças de reposição e reparo. A falta de manuais técnicos adequados irá degradar significativamente a capacidade para se operar e para manter o sistema, o que o tornará ineficaz na realização da missão para a qual foi concebido. (JONES, 1989, p. 8-9).

**7 - Recursos Computacionais** - Computadores são usados tanto para operar quanto para manter muitos sistemas. As instalações, o *hardware*, o *software*, a documentação e o pessoal necessários para operar e manter esses computadores são identificados por engenheiros logísticos através da análise de operação e manutenção do sistema. O pessoal e o material necessários para se apoiar os recursos computacionais tornam-se parte integrante do pacote de apoio logístico do sistema. (JONES, 1989, p. 9).

**8 - Embalagem, Manuseio, Armazenamento e Transportabilidade** - O objetivo do Planejamento de Embalagem, Manuseio, Armazenamento e Transportabilidade (PEMAT) é desenvolver e gerenciar as atividades necessárias para assegurar que o sistema esteja pronto para o serviço, quando da sua entrega ao usuário final. O PEMAT começa na fase de concepção e continua durante todo o ciclo de obtenção de um novo sistema. As diversas atividades que

compõe o PEMAT são muitas vezes relegadas a um segundo plano, em virtude de que elas não estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento do sistema. No entanto, tais atividades desempenham um papel fundamental no alcance dos objetivos do ALI. A permanente prontidão para o serviço e a tempestiva disponibilidade de equipamentos e sobressalentes, reduzem os custos totais do ciclo de vida. O PEMAT consolida todas as atividades necessárias para se entregar o material necessário ao usuário final. Dentre as diversas áreas específicas que o PEMAT trata, destacam-se as atividades de: controle, distribuição e entrega, embalagens especiais, técnicas de manuseio e armazenagem e desenvolvimento de requisitos específicos para embalagem, manuseio, armazenamento e transporte. Sempre que possível, deve ser evitado que sejam estabelecidos requisitos especiais para a execução das atividades do PEMAT, uma vez que tais requisitos elevam o custo do ciclo de vida do projeto. A identificação de tais exigências especiais pelos engenheiros logísticos que elaboram o PEMAT deve acontecer o mais cedo possível, a fim de que sejam realizados estudos para se estabelecer procedimentos padronizados que atendam os requisitos especiais supramencionados. (JONES, 1989, p. 9-10).

**9 - Instalações** - A operação e a manutenção da maioria dos sistemas complexos requerem a utilização algum tipo de instalação. Quando as necessidades de recursos para apoio logístico, operação do sistema, treinamento de pessoal e armazenagem de materiais estão sendo determinadas, a existência de instalações adequadas deve ser considerada como uma parte importante do planejamento em andamento. Instalações podem ser fixas ou móveis, podendo também ser categorizadas por seu uso pretendido, como, por exemplo: manutenção, armazenagem, treinamento e outros. Instalações de apoio geralmente prestam apoio logístico a diversos equipamentos. Assim, o planejamento da utilização das instalações de apoio deve levar em consideração esse fato, definindo prioridades e sequências de reparos. Ainda no que se refere especificamente a instalações, merece especial destaque o fato de que o ALI é respon-



sável por: identificar as necessidades, planejar a utilização e, sempre que necessário, elaborar a justificativa para a aquisição de novos locais para a operação e reparo dos sistemas em desenvolvimento. (JONES, 1989, p. 10).

**10 - Confiabilidade e Manutenibilidade** - A confiabilidade e a manutenibilidade identificam, respectivamente, quanto tempo um sistema irá operar sem apresentar falhas (defeitos) e quanto tempo se levará para consertar um item quando ele falhar. Esses dois conceitos nem sempre são considerados como formadores de uma disciplina de ALI, como um Elemento Logístico. Contudo, confiabilidade e manutenibilidade sempre desempenharão um papel fundamental na determinação do apoio logístico que vai ser necessário quando o novo sistema for colocado em atividade. Engenheiros logísticos usam uma quantidade significativa de informações obtidas a partir das análises de confiabilidade e de manutenibilidade para desenvolver os requisitos de apoio logístico do sistema. Na maioria dos casos, a confiabilidade do sistema determina a quantidade de recursos que serão necessários para manter as operações. E, de modo igualmente importante, a manutenibilidade define o quão rapidamente um sistema inoperante pode ser reparado, voltando a seu estado operacional. (JONES, 1989, p. 10).

## APÊNDICE B ELEMENTOS BÁSICOS DE UM MODELO DE CCV

Para um melhor entendimento de como é estruturado um modelo de CCV, será apresentada a seguir uma proposta de parâmetros de entrada básicos, que deverá servir de referência sempre que se conduzir uma formulação de parâmetros para serem utilizados como dados de entrada de um modelo de CCV. Esta proposta também teve como base o apresentado por Jones e seu livro sobre Análise do Apoio Logístico.

Segundo Jones (1989, p. 179-186) são elementos básicos de um modelo de CCV os seguintes parâmetros:

**1 - Custo de Produção de uma unidade do Sistema** - O custo de produção de uma unidade do sistema é um parâmetro de entrada significativo para um modelo de CCV, em virtude de que esse custo representa uma grande parcela do custo de aquisição do sistema. Além disso, percentuais desse custo são frequentemente utilizados para a previsão de outros custos do sistema, quando da inexistência de dados de entrada adequados. Destaca-se que este é o custo de produção de uma unidade do sistema e não de uma unidade de engenharia. A produção de uma unidade de sistema normalmente custa muito menos que uma unidade de engenharia, em virtude de seu processo fabricação ser padronizado.

**2 - Estimativa anual de horas de funcionamento do sistema** - O número estimado de horas anuais de funcionamento de um sistema é um parâmetro de entrada crítico. Este parâmetro é utilizado em conjunto com outros dados de entrada para determinar o custo dos recursos de apoio logístico que serão necessários para suportar a operação e manutenção do sistema. São fontes de dados desse parâmetro o contratante ou a quantidade de horas de funcionamento de um sistema anterior similar.

**3 - Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) Previsto** - O TMEF previsto de um sistema é usado em conjunto com a estimativa de horas de funcionamento, para determinar o número de

falhas que são previstas para ocorrer a cada ano. A previsão do número de falhas é utilizada, por sua vez, para identificar as necessidades de recursos de apoio logístico. Inicialmente, o TMEF mínimo de um sistema, constante de sua especificação, pode ser utilizado como dado de entrada para o modelo de CCV. À medida que o projeto do sistema amadurece, engenheiros especializados em confiabilidade desenvolvem uma previsão de TMEF detalhada, que deve ser utilizada para refinar a previsão do custo do ciclo de vida.

**4 - Taxa de Operação em Serviço** - A Taxa de Operação em serviço é um parâmetro de entrada que é frequentemente esquecido quando da estruturação do modelo de CCV. Essa taxa serve para se ajustar às horas de funcionamento previstas, considerando-se os tempos de pré-operação e pós-operação de manutenção do sistema. A taxa a ser utilizada deve ser baseada em valores históricos obtidos de sistemas semelhantes ou fornecida pelo contratante.

**5 - Tempo Médio para Reparo Previsto** - o tempo mínimo médio de reparo para cada nível de manutenção é normalmente previsto na especificação do sistema. À medida que o projeto amadurece, os engenheiros de manutenção podem refinar o cálculo desse tempo. Quando a base de dados da AAL é adequada, esta também pode ser utilizada para se proceder a um refinamento do tempo médio para reparo inicialmente previsto.

**6 - Percentual de falhas reparadas por nível de manutenção** - A previsão do percentual de reparos a ser realizados em cada nível manutenção pode ser difícil no início da concepção do projeto de novo sistema. Contudo, informações de sistemas similares anteriormente desenvolvidos podem ser de grande valor para essa previsão. Os resultados de uma análise de nível de reparo fornecem insumos definitivos para esses parâmetros e devem e ser utilizados assim que disponíveis. Novamente a base de dados da AAL deve ser usada para se obter dados mais precisos para o cálculo.

7 - **Custos não recorrentes de P&D de Engenharia** - Os custos não recorrentes de P&D de engenharia podem facilmente ser determinados, uma vez que eles normalmente representam o valor que o contratante paga à empresa contratada para desenvolver o novo sistema, por todo o esforço de engenharia. A maioria dos contratos possui um preço fixo, o qual define o valor exato a ser utilizado. O custo do programa de AAL, caso não seja considerado como um elemento custo separado, faz parte deste custo engenharia.

8 - **Testes da Primeira Unidade** - O custo de todos os ensaios que um sistema precisa sofrer para se qualificar para a produção pode ser extraído a partir do preço total do contrato de desenvolvimento detalhado do projeto. Esta informação pode ou não ser incluída como parâmetro em separado no modelo de CCV, dependendo do nível de ensaio pretendido e do impacto que o ensaio pode ter no CCV.

9 - **Dados técnicos de P & D** - Um parâmetro de entrada referente aos dados técnicos elaborados pelo contratado durante o desenvolvimento do novo sistema permite que o dentro do seu custo sejam segregado em esforços de engenharia e de não engenharia. Planos de testes de engenharia, relatórios de ensaios, estudos e análises, desenhos de engenharia, esquemas, lista de peças e especificações são exemplos de dados técnicos de P & D.

10 - **Dados técnicos de logística** - O parâmetro de entrada para os dados técnicos de logística é composto pela documentação para apoiar a operação e manutenção do sistema. Este parâmetro pode ser limitado ao custo dos manuais técnicos, ou pode ser expandido para incluir os resultados das análises e estudos realizados para identificar direcionadores de custo para os recursos de apoio logístico. O custo do programa AAL pode ser atribuído ao esforço necessário para produzir os dados técnicos de logística.

11 - **Dados técnicos de operação e suporte** - os dados técnicos de entrada de O&S são diferentes dos dados técnicos de logística e dos dados de P & D, na medida em que neles há uma identificação dos custos que serão incorridos em relação aos documentos para a operação e

para as ações de apoio logístico depois que o sistema for implantado. No mínimo, eles abordam a manutenção dos dados técnicos elaborados durante a aquisição, tais como mudanças e atualizações em manuais técnicos e os custos administrativos associados ao processamento da informação técnica. Eles também consideram o tempo necessário para se registrar e relatar cada ação de manutenção, coleta de dados em um ponto central, e realizar análises para identificar as tendências de falha ou os esforços de redesenho necessários. Um parâmetro de entrada exato deve ser obtido a partir do contratante ou deve ser baseado em dados históricos.

**12 - Provisionamento inicial de sobressalentes** - o custo necessário para a identificação de sobressalentes e peças de reposição e o desenvolvimento da respectiva documentação, deverá ser incluído como parâmetro de entrada do sistema. Este parâmetro deve ser obtido a partir do contrato de desenvolvimento detalhado do sistema. A razão pela qual o custo de fornecimento inicial está incluído no modelo é identificar o custo que será incorrido caso o sistema precise ser reabastecido, em função de reformulação no projeto.

**13 - Investimento inicial de sobressalentes e peças reparos** - as peças de reposição e os sobressalentes para reparos, inicialmente adquiridos como resultado da atividade de fornecimento devem ser identificados como um item de custo separado. Eles representam os custos necessários para se estabelecer um canal de fornecimento de peças de reposição, necessário para suportar a manutenção do sistema. O parâmetro de entrada durante os estágios iniciais de projeto pode ser expresso como um percentual do custo de produção de uma unidade de sistema. No entanto, isto não é desejável. A lista de peças recomendadas para provisionamento, gerada a partir do banco de dados AAL, fornece informações mais detalhadas para serem utilizadas.

**14 - Peças de Reposição** - O custo de reposição das peças necessárias para complementar ou substituir peças do inventário inicial é definido pelas ações de manutenção necessárias. Dados históricos podem estar disponíveis para desenvolver um percentual com base no custo de pro-

dução de uma unidade de sistema anterior similar, que pode ser utilizado inicialmente para previsão. Nos estágios finais da fase de desenvolvimento detalhado do projeto, os registros da base de dados da AAL, relativos às tarefas de manutenção, juntamente com a previsão do tempo médio entre falhas, podem ser utilizados para se obter uma previsão mais refinada de custos de sobressalentes por ação de manutenção.

**15 - Gerenciamento de inventário** - O custo para gerenciar o inventário de sobressalentes para reposição é normalmente determinado como um percentual do valor total pelo qual os sobressalentes foram adquiridos. Embora possa parecer que se trata de um custo menor, a taxa de utilização de peças de reposição e um projeto que exija elevados níveis de reposição de peças podem gerar despesas de gestão que irão impactar o CCV. Este custo é normalmente expresso como um percentual do valor de sobressalentes por ano. O parâmetro exato de entrada pode ser desenvolvido usando dados históricos ou podem ser solicitadas ao contratante.

**16 - Número de operadores de sistemas e técnicos de manutenção** - O custo de pessoal necessário para operar e manter o sistema pode ser um dos maiores custos incorridos durante o ciclo de vida. A quantidade de pessoal necessária normalmente pode ser obtida a partir do cenário de utilização ou junto ao contratante. Quando um novo sistema está sendo desenvolvido, os resultados da análise das tarefas de manutenção podem ser usados para determinar os níveis de pessoal necessário para a manutenção. Relatórios de AAL podem ser usados para fornecer o número recomendado de horas de manutenção direta exigidos pelos diversos níveis de manutenção. Em virtude de este custo ser um dos grandes contribuintes para os custos de operação e suporte, a utilização do banco de dados gerados pela AAL, para estimar a mão de obra necessária, pode ser bastante benéfico no refinamento da estimativa do CCV.

**17 - Número de locais de manutenção** - o conceito proposto de manutenção e o cenário de atuação do sistema deve indicar o número de locais onde a manutenção em todos os níveis será realizada. Esta informação também deve estar disponível a partir do contratante. O co-

nhecimento de todos os locais para manutenção é necessário, para se determinar os requisitos de conjuntos de equipamentos de apoio, os custos de instalações, e os requisitos mínimos de pessoal.

18 - **Mão de obra** - O valor do homem-hora de trabalho é necessário para se prever os custos com pessoal, aplicados na operação e manutenção do sistema. Para esta previsão pode-se argumentar, no caso de sistemas militares, que oficiais e praças das Forças Armadas são pagos por mês, e não por hora, e que eles devem ser considerados como um recurso disponível. No entanto, se o pessoal necessário para apoiar a operação e manutenção é tratado como um custo afundado, um dos maiores fatores do CCV de um sistema será ignorado. As taxas de homem-hora utilizadas são, normalmente, uma combinação de postos e graduações militares ou são determinadas pelo posto\graduação específicos do indivíduo que realiza a tarefa de operação ou manutenção. Os parâmetros de entrada devem ser solicitados ao contratante.

19 - **Programa de formação inicial** - o custo para o desenvolvimento de cada programa de treinamento é computado para se identificar os custos necessários para a formação inicial do pessoal de operação e de manutenção do sistema. Os parâmetros de entrada para cursos de formação podem estar disponíveis no contrato de desenvolvimento em grande escala. Se o contratante fornecer o treinamento, uma taxa por aluno pode ser usada para estimar os custos.

20 - **Tempo de treinamento** - a quantidade de tempo necessária para treinar o pessoal de operação e manutenção, deve ser identificada como um custo a parte. Isso permite compensações a serem realizadas, para determinar o impacto da mudança de cursos de formação. A duração dos cursos é normalmente determinada pela complexidade do sistema e pelo programa padrão de treinamento. Os parâmetros de entrada devem ser solicitados ao contratante.

21 - **Formação de pessoal para o apoio logístico** - Os custos incorridos para treinar cada operador ou técnico de manutenção são identificados para se determinar o impacto de mudan-

ças nos efetivos de pessoal de apoio. Os parâmetros de entrada são normalmente baseados em informações do contratante ou dados históricos de cursos de formação semelhantes.

**22 - Taxas de rotatividade de pessoal** - a taxa de rotatividade de pessoal deve ser considerada quando da previsão do CCV. A taxa prevista de rotatividade de pessoal pode ter um impacto significativo sobre o custo total do ciclo de vida, exigindo uma formação complementar de pessoal para substituição. A taxa de rotatividade a ser utilizada na previsão de custos deve ser solicitada ao contratante.

**23 - Equipamentos de apoio logístico** - Os custos com os equipamentos de apoio necessários a cada nível de manutenção têm de ser incluídos na previsão do CCV. O Custo com equipamentos de apoio é normalmente uma combinação dos custos com equipamentos de testes especiais e de propósitos gerais. Tais custos podem também incluir ferramentas comuns. As necessidades de equipamentos de apoio são normalmente determinadas como um resultado da análise das tarefas de manutenção, obtidas por meio da AAL. O custo de equipamentos padrões de apoio logístico pode ser obtido a partir da documentação disponível.

**24 - Manutenção de equipamentos de apoio logístico** - os custos incorridos para a manutenção de equipamentos de apoio logístico não podem ser ignorados. Para os grandes programas de desenvolvimento, onde grandes quantidades de equipamentos de apoio logístico especiais são especificamente construídos, um programa suplementar dedicado exclusivamente a apoiar os equipamentos de apoio logístico pode ser necessário. Uma previsão de custo à parte pode ser necessária para estes itens especiais. Como dado de entrada para esses custos, pode-se considerar um percentual do custo de aquisição dos equipamentos de apoio logístico.

**25 - Transporte (custo inicial)** - os custos com transporte de peças sobressalentes estão incluídos na previsão do CCV, uma vez que estes custos dependem da quantidade de peças adquiridas. A determinação do custo exato do transporte de peças de reposição é difícil sem uma



análise detalhada do custo de transporte para cada item, por isso, é normalmente expresso em percentual, com base em dados históricos do valor de peças de reposição.

**26 - Embalagem e custos de manuseio e transporte** – os custos que serão incorridos para embalagem, manuseio e transporte das peças que falharam, saindo do ponto de falha para a instalação de manutenção apropriada e depois retornando a um sistema de abastecimento depois de reparada, devem ser considerados na previsão do CCV de um sistema. Estes custos são dependentes do número de falhas previstas, dos diferentes locais manutenções e dos conceitos manutenção aplicados. Os custos com embalagem, manuseio e transporte podem ter um impacto significativo sobre a análise dos níveis de reparação e no CCV. Um submódulo um tanto complexo pode ser desenvolvido, usando uma combinação de tarefas de manutenção, frequência de tarefas, conceitos de manutenção e informações de manuseio e embalagem de sobressalentes, para gerar informações mais detalhadas quando necessário.

**27 - Custos de instalações** - A determinação dos custos das instalações necessárias ao apoio da operação e manutenção de um sistema é difícil de identificar. A razão para esta dificuldade é que, na maioria dos casos, as instalações não são dedicadas ao apoio de um único sistema. Portanto, os dados de entrada para as instalações podem nunca vir a ser conhecidos. As tarefas de manutenção anuais ou estimativas de mão de obra, necessárias para cada nível de manutenção, podem ser utilizadas para desenvolver uma projeção, pouco defensável, do espaço de manutenção. Esta informação da necessidade de espaço poderia ser traduzida em uma projeção de instalação distinta. Podem ser utilizados dados históricos de sistemas semelhantes, se disponíveis. Caso contrário, pode ser utilizado um percentual do custo da produção de uma unidade de sistema.

**28 - Percentual de alocação de operador e técnico de manutenção** - em alguns casos, o pessoal de operação e de manutenção pode não ser cem por cento dedicado a operar/apoiar um único sistema ou tipo de sistema. Quando isto ocorre, uma repartição percentual do tempo

em que essas pessoas estão dedicadas a apoiar cada sistema deve ser desenvolvida, a fim de se prever com mais precisão o CCV. Mais uma vez destaca-se que o custo de pessoal pode representar uma parcela significativa do CCV de um sistema.

29 - **Alocação de custos do sistema** - Tal como acontece com o pessoal, outros recursos necessários para apoiar a operação e manutenção do sistema podem não ser exclusivamente dedicados. Exemplos desses recursos incluem equipamentos e instalações de apoio. Quando tais tipos de recursos são identificados, um percentual do seu custo total deve ser destinado ao sistema que está sendo modelado, a fim de refinar a previsão de seu custo do ciclo de vida.

30 - **Taxa de escalada (custo anual)** - modelos de custos de ciclo de vida são normalmente baseados em anos/dinheiro para fornecer uma base para a comparação de elementos de custo. No entanto, em virtude de a maioria dos sistemas possuir uma expectativa de vida em média de até 20 anos, é importante incluir uma taxa de escalonamento na previsão, para se identificar os custos das manutenções que vão ser realizadas em toda a vida útil do sistema. Normalmente, essa taxa evidencia o aumento nos custos de manutenção do sistema, em função da sua operação e manutenção ao longo dos anos de utilização.

31 - **Programação de Entrega e Operação** - um parâmetro de entrada chave para o modelo de custo do ciclo de vida é o cronograma de quando os sistemas serão entregues ao contratante e de quando o sistema vai realmente ser colocado em operação. A data prevista para a entrega do sistema encontra-se disponível no contrato de produção. O calendário de quando o sistema vai entrar em funcionamento, deve ser obtido a junto ao contratante.

## APÊNDICE C PASSOS BASICOS DA ACCV

A seguir serão apresentados, de acordo com um modelo básico elaborado por Blanchard (2004, p. 85), doze passos a serem seguidos para se proceder a uma “análise do custo do ciclo de vida” (ACCV):

**1 - Definir os requisitos do sistema** - definir os requisitos operacionais e de manutenção do sistema, identificar as medidas técnicas de desempenho aplicáveis e descrever o sistema em termos funcionais (análise funcional ao nível do sistema).

**2 - Descrever o ciclo de vida do sistema identificando as atividades inerentes a cada uma de suas fases** - estabelecer uma base para o desenvolvimento de uma Estrutura Analítica de Custos (EAC) e para as estimativas de custos para cada ano do ciclo de vida previsto para o sistema.

**3 - Desenvolver a EAC** - estabelecer uma estrutura “de cima para baixo” e “de baixo para cima”, que inclua todos os elementos de custo, visando à alocação inicial dos custos (de cima para baixo) e a subsequente acumulação e consolidação de custos. Todos os custos relativos a cada atividade relevante do ciclo de vida de um sistema devem fazer parte da EAC.

**4 - Identificar os requisitos de entrada de dados** - identificar as necessidades de dados de entrada e suas possíveis fontes. O tipo e a quantidade de dados de entrada dependem: da natureza do problema a ser tratado, da fase do ciclo de vida do sistema e da profundidade da análise a ser realizada.

**5 - Estabelecer o custo de cada categoria de custos da EAC** - desenvolver as relações de custo-estimativa apropriadas e estimar o custo anual para cada categoria que compõe a EAC (usando o método de custeio baseado em atividades).

6 - **Selecionar um modelo de custo para fins de análise e avaliação** - escolher (ou desenvolver) um modelo informatizado para facilitar o processo de ACCV. O modelo deve ser sensível ao sistema específico que será avaliado;

7 - **Desenvolver um perfil de custos sintético** – construir um perfil de custo, mostrando o fluxo de custos ao longo de todo o ciclo de vida, e a contribuição percentual em termos do ciclo de vida total;

8 - **Identificar os principais contribuintes para a elevação dos custos e estabelecer relações de causa e efeito** - destacar as funções, os elementos do sistema e segmentos de processo, que devem ser investigados como possíveis áreas de melhoria de projeto e consequente redução de custos;

9 - **Conduzir uma análise de sensibilidade** - a análise de sensibilidade visa avaliar: o modelo de ACCV, os relacionamentos dos dados de entrada-saída e os resultados da análise da linha de base (referência para se controlar as mudanças realizadas no sistema), para assegurar que: a abordagem da ACCV é válida; e o modelo em si é bem construído e sensível ao sistema complexo que se está produzindo. A análise de sensibilidade pode, portanto, ajudar a identificar as principais áreas de risco (como parte de uma análise de risco);

10 - **Construir um diagrama de Pareto e identificar prioridades para a resolução do problema** - realizar uma análise de Pareto, construir um diagrama de Pareto e identificar as prioridades para a resolução de problemas, ou seja, os problemas que requerem maior atenção gerencial.

11 - **Identificar alternativas viáveis para a avaliação do projeto** - tendo desenvolvido uma abordagem para a avaliação do CCV de uma determinada configuração de projeto, agora é conveniente alargar a ACCV, através da avaliação de várias alternativas de projeto; e

12 - **Avaliar as alternativas viáveis e selecionar a abordagem preferida** - desenvolver um perfil de custo para cada uma das alternativas de projeto que estão sendo avaliadas, comparar

as alternativas considerando o valor do dinheiro no tempo, construir uma análise do ponto de equilíbrio, e selecionar a abordagem de projeto preferida.