

LEONARDO VICTOR ALVES MOURA

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DO CUSTO DE
CICLO DE VIDA DE MEIOS DA MARINHA DO BRASIL**

Niterói
2020

LEONARDO VICTOR ALVES MOURA

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DO CUSTO DE
CICLO DE VIDA DE MEIOS DA MARINHA DO BRASIL**

Projeto Final apresentado ao curso de MBA em
Gestão Estratégica da Produção e Manutenção
como requisito parcial para obtenção do Grau
de Especialista em Gestão Estratégica da
Manutenção e Produção.

Orientador:
Luiz Octávio Gavião, D.Sc.

Niterói
2020

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

M929e Moura, Leonardo Victor Alves
ESTUDO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DO CUSTO DE CICLO DE VIDA DE MEIOS DA MARINHA DO BRASIL / Leonardo Victor Alves Moura ; LUIZ OCTÁVIO GAVIÃO, orientador ; Arese Marcelo Contente, coorientador. Niterói, 2020.
51 f. : il.

Monografia (MBA em Gestão Estratégica da Produção e Manutenção)-Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Niterói, 2020.

1. Gestão do Ciclo de Vida. 2. Custo do Ciclo de Vida. 3. Gestão. 4. Marinha do Brasil. 5. Produção intelectual. I. GAVIÃO, LUIZ OCTÁVIO, orientador. II. Marcelo Contente, Arese, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDD -

Leonardo Victor Alves Moura

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DO CUSTO DE
CICLO DE VIDA DE MEIOS DA MARINHA DO BRASIL**

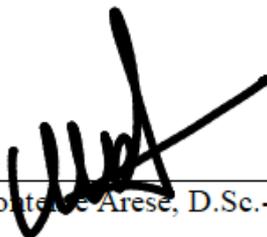
Projeto final apresentado ao Curso de Pós-Graduação em MBA Gestão Estratégica da Produção e Manutenção da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção de Grau de Especialista em Gestão Estratégica da Produção e Manutenção.

Aprovado em 16 de junho de 2020

BANCA EXAMINADORA



Luiz Octávio Gavião, D.Sc. - Orientador



Marcelo Coste e Arese, D.Sc.- Coorientador



Julio Vieira Neto, D.Sc.

RESUMO

A Estratégia Nacional de Defesa ressalta a importância do monitoramento das águas jurisdicionais brasileiras e, por isso, o tráfego marítimo tem sido controlado por sistemas de monitoramento, em conjunto com esforços de outros países e de organizações internacionais, mas sua efetiva proteção e presença naval no entorno estratégico depende, dentre outros fatores, de maior disponibilidade de meios de superfície da Marinha do Brasil (MB), cuja renovação está sendo objeto da iniciativa de construção das Fragatas da Classe Tamandaré (FCT). Para alcançar essa maior disponibilidade, é necessário que haja um planejamento eficaz de todo o seu ciclo de vida e, neste contexto, a estimativa do custo do ciclo de vida é peça fundamental para o correto planejamento orçamentário, para o processo de tomada de decisão nas fases de concepção, desenvolvimento, produção, operação, apoio e desfazimento e, principalmente, para promover a busca pela relação ótima do custo com o desempenho dos fatores técnicos, tais como disponibilidade; confiabilidade; e manutenibilidade desta nova classe de navios da MB. Desta forma, este trabalho tem o propósito de estudar, ainda que de forma preliminar, os custos do ciclo de vida dos navios da Classe Tamandaré, com ênfase nas fases de operação e apoio, como forma de subsídio para a tomada de decisão nos níveis de planejamento da Força.

Palavras-chave: Gestão do Ciclo de Vida. Custo do Ciclo de Vida. Estimativa. Classe Tamandaré.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Distribuição de custos ao longo do CV.
- Figura 2 – Marcos marcos de transição e pontos de decisão/controlado para a GCV
- Figura 3 – Custos acumulados (CAPEX e OPEX)
- Figura 4 – Efeito *Iceberg*: visibilidade do custo total
- Figura 5 – Elementos constituintes básicos da relação custo-efetividade
- Figura 6 – Métodos de estimativa de custos por fase
- Figura 7 – Características da FCT
- Figura 8 – Estimativa de COA por parâmetros selecionados

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores de influência na disponibilidade

Tabela 2 – Exemplo do método de estimativa de custos de analogia

Tabela 3 – Resultado da aplicação do método paramétrico para as FCT (Valores em milhões de US\$ por ano)

Tabela 4 – Exemplo de aplicação do método de engenharia

Tabela 5 – Exemplo de variáveis para aplicação da análise por engenharia

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 – Exemplo de detalhamento por nível da estrutura analítica
- Quadro 2 – Vantagens, desvantagens e aplicação de métodos de estimativa
- Quadro 3 – Sistemas corporativos da MB
- Quadro 4 – Requisitos e indicadores de desempenho do sistema - 1º passo
- Quadro 5 – Especificação do CV do sistema e identificação das atividades - 2º passo
- Quadro 6 – Identificação dos requisitos dos dados de entrada - 3º passo
- Quadro 7 – Fontes de coleta de dados de CCV na MB
- Quadro 8 – Estabelecimento de custos por categoria na EAC - 4º passo

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AFCAA	<i>Air Force Cost Analysis Agency</i> (Agência de Análise de Custos da Força Aérea)
BDI	Bonificação e Despesas Indiretas
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> ou <i>Capital Expense</i> (Custos de Capital)
CASNAV	Centro de Análise de Sistemas Navais
CCIMAR	Centro de Controle Interno da Marinha
CCV	Custos de Ciclo de Vida
CEAC	<i>Cost and Economic Analysis Center</i> (Centro de Análise Econômica e de Custos)
COA	Custos de Operação e Apoio
COc	Custos de material de consumo de O&A
CO _{DF}	Custos diretos de instalações de apoio de O&A
CO _{DM}	Custos de manutenção de O&A
CO _{DP}	Custos diretos de pessoal em O&A
COFAMAR	Conselho Financeiro e Administrativo da Marinha
COIF	Custos indiretos de instalações de apoio para O&A
COIP	Custos indiretos de pessoal de O&A
COIT	Custos indiretos de treinamento de O&A
CO _M	Custos de modificações de O&A
ComOpNav	Comando de Operações Navais
CO _P	Custos de PHS&T para O&A
CO _{RS}	Custos de sobressalentes de recompletamento para O&A
CO _{SE}	Custos de equipamentos de apoio para O&A
CO _{SM}	Custos de gerenciamento de suprimentos de O&A
CO _{TD}	Custos de dados técnicos de O&A
CV	Ciclo de Vida
DFM	Diretoria de Finanças da Marinha
DGOM	Diretoria de Gestão Orçamentária da Marinha
DoD	Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América
EAC	Estrutura Analítica de Custos
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EB	Exército Brasileiro
EUA	Estados Unidos da América
FAB	Força Aérea Brasileira
FCN	Fragatas da Classe Niterói
FCT	Fragatas da Classe Tamandaré
FCT	Fragatas Classe Tamandaré
FFAA	Forças Armadas
GAO	<i>U.S. Government Accountability Office</i> (Escritório de Contabilidade (ou Governança) dos Estados Unidos da América)
GCV	Gestão do Ciclo de Vida
Li	Limite Inferior
Ls	Limite Superior
MB	Marinha do Brasil

MD	Ministério da Defesa
ME	Ministério da Economia
MF	Ministério da Fazenda
NCCA	<i>Naval Center for Cost Analysis</i> (Centro Naval de Análise de Custos)
O&A	Operação e Apoio
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OMCE	Organizações Militares Consumidoras no Exterior
OMCI	Organizações Militares Consumidoras Integradas
OMCN	Organizações Militares Consumidoras não Integradas
OMPS	Organizações Militares Prestadoras de Serviço
OPEX	<i>Operational Expenditure</i> ou <i>Operational Expenses</i> (Custos Operacionais)
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PALI	Plano de Apoio Logístico Integrado
PD	Plano Diretor
PNM	Programa Nuclear da Marinha
PROGEM	Programa Geral de Manutenção
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
REC	Relação de Estimativa de Custo
SD	Sistemas de Defesa
SI	Sistema de Interesse
SIAFI	Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal
SIASG	Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais
SIGMan	Sistema de Gerenciamento da Manutenção
SINGRA	Sistema de Informações Gerenciais do Abastecimento
SIPLAD	Sistema de Acompanhamento do Plano Diretor
SISG	Sistema de Serviços Gerais
SISMAT	Sistema de Controle de Material
SISPAG	Sistema de Pagamento da Marinha do Brasil
SLTI/MP	Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação
SPD	Sistema do Plano Diretor
STM	Superior Tribunal Militar
STN	Secretaria do Tesouro Nacional
TI	Tecnologia da Informação
UASG	Unidades Administrativas de Serviços Gerais
VAMOSOC	<i>Visibility and Management Operating and Supporting Costs</i> (Visibilidade e Gerenciamento de Custos de Operação e Apoio)
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i> (Estrutura Analítica do Trabalho)

SUMÁRIO

RESUMO	5
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE QUADROS	8
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	9
SUMÁRIO	11
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	12
1.2 A SITUAÇÃO PROBLEMA.....	13
1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO	14
1.3.1 Objetivo Geral.....	14
1.3.2 Objetivo Específico.....	14
1.4 QUESTÕES DE PESQUISA	15
1.5 ESTRATÉGIA DA PESQUISA	15
1.6 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	15
1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO.....	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 GESTÃO DO CICLO DE VIDA DOS SISTEMAS DE DEFESA	17
2.2 CUSTOS DE CICLO DE VIDA.....	19
2.2.1 Custo-Efetividade.....	21
2.2.2 Estrutura Analítica de Custos.....	22
2.2.3 Ferramentas e Metodologias de CCV.....	24
2.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO E APOIO NA MB.....	28
2.3.1 Elementos de Custos das Fases de Operação e Apoio.....	30
2.3.2 Sistemas de Apoio da Marinha do Brasil para Coleta de CCV	31
3 METODOLOGIA	33
4 ESTUDO DE CASO - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA NAS FRAGATAS CLASSE TAMANDARÉ.....	36
4.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROCESSO DE ESTIMATIVA DE CUSTOS	36
4.1.1 Definição dos requisitos e indicadores de desempenho dos sistemas	36
4.1.2 Especificação do CV do Sistema e identificação das atividades por fases	37
4.1.3 Identificar os requisitos dos dados de entrada	38
4.1.4 Estabelecer custos para cada categoria na EAC	39
4.2 REFINAMENTO DO MÉTODO DE CCV.....	45
5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO DE NOVAS PESQUISAS	47
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em 10 de janeiro de 2020, por meio da Instrução Normativa nº 1/EMCFA-MD, foi aprovado o Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa - MD40-M-01, com a finalidade de “apresentar uma abordagem de gestão de ciclo de vida de Sistemas de Defesa (SD)” (BRASIL, 2019b, n.p.) e de servir de orientação para as Forças Singulares, quais sejam: Marinha do Brasil (MB) , Exército Brasileiro (EB) e Força Aérea Brasileira (FAB).

Ressalta-se que, segundo a definição do Ministério da Defesa, ciclo de vida (CV):

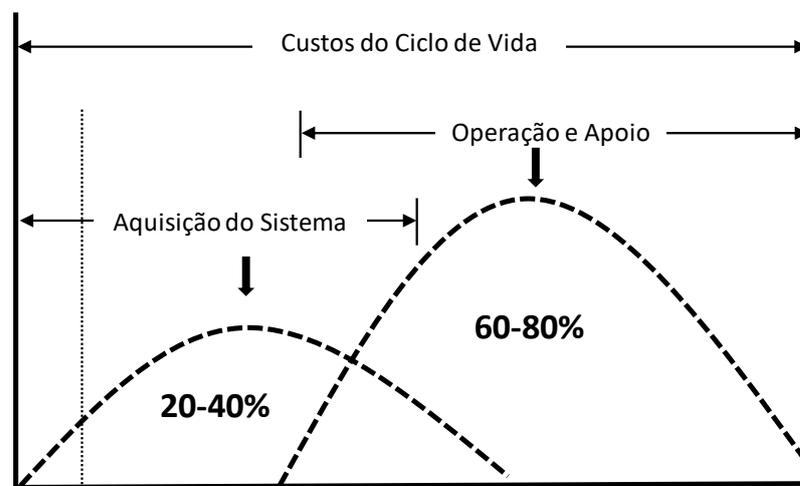
“[...] inclui todo o espectro de atividade de um determinado Sistema de Interesse (SI), iniciando com a identificação da necessidade e estendendo-se através do projeto e desenvolvimento do sistema, da produção e/ou construção, do seu emprego operacional e apoio de manutenção e do desfazimento do material.” (BRASIL, 2019b, p. 13)

O manual também orienta às Forças para que sejam desenvolvidas as atividades de Gestão do Ciclo de Vida (GCV) no âmbito de cada Força e que sejam criados programas internos.

Pode-se afirmar, também, que a metodologia da GCV é importante, em virtude da complexidade, alta tecnologia embarcada nos sistemas de defesa e do alto grau de investimento para adquirir ou desenvolver os sistemas de defesa. Além disso, durante as diversas fases do CV, os processos e atividades da GCV possibilitam a otimização da razão custo / disponibilidade.

Nesse diapasão, os estudos relacionados aos custos de ciclo de vida (CCV) são essenciais desde o início do projeto, para que seja alcançado o equilíbrio de custos e de benefícios, ao longo do CV dos meios, uma vez que, seguindo a literatura sobre o tema e a distribuição de custos de um programa típico de aquisição, como por exemplo, do Departamento de Defesa dos EUA (DoD), as fases que exigem maior dispêndio de recursos são as de Operação e Apoio (O&A), conforme é demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Distribuição de custos ao longo do CV.



Fonte: Adaptado de *Defense Acquisition University* (2010, n.p.).

Diante deste cenário, torna-se vital que sejam empreendidos esforços para estimar o CCV dos meios em atividade e, principalmente, dos novos meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais da Marinha que ainda estão em fase de projeto, pois além de haver a possibilidade de efetuar ajustes no próprio projeto, retroalimentando o sistema, possuem a expectativa de um longo período de atividade na Força Naval.

1.2 A SITUAÇÃO PROBLEMA

Segundo a norma NBR ISO 55000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 3), uma das tônicas para a Gestão de Ativos é que haja o “equilíbrio de custos, oportunidades e riscos contra o desempenho desejado dos ativos, para alcançar os objetivos organizacionais.” A norma assevera ainda que este equilíbrio pode ser considerado em diferentes escalas de tempo.

Além disso, segundo Jones (2006, p. 6.14), a contínua evolução dos sistemas e o alto grau de tecnologia embarcada, embora tenham aumentado a ênfase em alguns fatores de desempenho, como a confiabilidade, manutenibilidade, testabilidade, suportabilidade e treinamento, contribuiu para tornar os sistemas mais complexos. Esses benefícios tornam, também, os sistemas mais dispendiosos a longo prazo e, caso os custos não sejam gerenciados de forma efetiva, há a possibilidade de comprometimento dos benefícios supracitados e, em última análise, da capacidade militar previamente planejada.

Na mesma linha de pensamento, “o aumento da capacidade e complexidade dos sistemas de armas foi acompanhado por um declínio na confiabilidade e disponibilidade e um aumento correspondente nos custos de operação e apoio dos sistemas em campo” (BOITO, 2018, p. 48,

tradução nossa). No entanto, não se pode confundir os impactos negativos, porventura trazidos pela evolução, com os significativos impactos, também negativos, decorrentes da carência de qualidade e de consistência do planejamento ou, até mesmo, da falta desse último.

Desta forma, a relevância desta pesquisa está no fato de que é necessário que haja visibilidade não só dos custos de aquisição, mas também dos custos pós-investimento para que o planejamento, o projeto e a gestão de um meio operacional sejam eficientes. Assim, em que pese haver um planejamento orçamentário plurianual adequado para atender aos novos Sistemas de Defesa (SD) que estão na fase de projeto, caso sejam feitas as estimativas dos Custos de Operação e Apoio (COA) e do desfazimento de um meio, há grandes oportunidades de melhor tratar eventuais riscos, auxiliar a um processo de tomada de decisão em curso e influenciar em requisitos ou premissas. Ou seja, decisões iniciais do projeto devem ser tomadas com base no CCV.

1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO

Para se resolver a questão de pesquisa, são propostos o objetivo geral e os objetivos específicos, conforme a seguir:

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a metodologia de estimativa de CCV, desde a coleta de dados até a estimativa, e elaborar um estudo preliminar da aplicação dessa metodologia para as fases de operação e de apoio dos futuros navios da Classe Tamandaré.

1.3.2 Objetivo Específico

Para efetivar a pesquisa, foram atingidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os conceitos relacionados ao gerenciamento de custos que incidem durante o CV de um meio operativo da Marinha do Brasil;
- b) Estudar métodos e ferramentas do processo de estimativa de CCV;
- c) Identificar as fontes dos dados necessários a serem coletados para efetuar a estimativa dos elementos selecionados, com foco nos navios da Classe Tamandaré; e
- d) Selecionar metodologia para aplicação preliminar.

1.4 QUESTÕES DE PESQUISA

As questões que fomentaram o presente estudo são:

- a) Quais as referências nacionais e internacionais sobre a temática relacionada aos CCV de um sistema?
- b) Quais conceitos são relevantes para a condução dos estudos de CCV?
- c) Quais são as ferramentas mais aderentes para realização de estimativas em ambiente com pouca disponibilidade de dados?
- d) Quais atividades necessárias para estimar os elementos dos custos relacionados à fase de O&A dos navios da Classe Tamandaré?

1.5 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

A fim de atingir o objetivo, esta pesquisa buscou as melhores práticas em reconhecidas instituições internacionais, utilizando referências em documentos da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), dos Estados Unidos da América (EUA), do Ministério da Defesa (MD) e da própria MB. Diante da quantidade de métodos e ferramentas para estimar o CCV e de dados necessários, buscou-se delimitar o estudo para as fases de O&A e identificar aqueles mais aderentes aos elementos de custos selecionados dessas fases do CV de um meio operativo para que fosse criada uma base para o estudo do caso concreto, que é a aplicação desses estudos nos navios da Classe Tamandaré.

De forma resumida, esta pesquisa buscou as normas e melhores práticas internacionais para a estimativa dos custos pós-investimento dos novos navios da MB e pesquisou possíveis fontes para a coleta de dados nos sistemas utilizados pela MB, no intuito de aplicá-los, por meio da utilização de ferramentas.

1.6 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo delimita-se a apresentar uma abordagem para a estimativa dos COA para uma meio de superfície e identificar oportunidades de melhorias na coleta e aplicação das metodologias existentes no âmbito da Marinha do Brasil.

Esta pesquisa limitou-se às fontes de consulta de dados abertos ou ostensivos, sem a utilização de eventuais dados das equipes ou das organizações envolvidas no projeto. Outra delimitação está relacionada a quantidade de dados para o processo de estimativa, uma vez que os navios da Classe Tamandaré constituem uma nova classe de navios onde não são

identificados dados históricos de meios com alto grau de similaridade, ou seja, este trabalho foi elaborado em um ambiente com escassez de dados.

No escopo do processo de gerenciamento de CCV, existem outras atividades que não são objeto de aprofundamento neste estudo, que se limitou a estudar as atividades da coleta até a estimativa. Tais atividades, como por exemplo as relacionadas com a análise de sensibilidade, monitoramento, análise de resultados, de riscos ou de investimento não compõem este trabalho.

Por outro lado, mesmo diante da complexidade do processo para gerenciar os CCV dos sistemas navais, as oportunidades apresentadas neste estudo podem ser aplicadas a outros meios desde que se faça as devidas adaptações, em virtude das especificidades desse SD.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

A estrutura do estudo apresenta-se distribuída em quatro capítulos, conforme a seguir:

O primeiro Capítulo apresenta a introdução, a situação-problema, a justificativa, a relevância do tema, o objetivo geral, os objetivos específicos, as questões, como também a estratégia e a delimitação da pesquisa.

O segundo Capítulo apresenta a revisão bibliográfica e os principais conceitos que este trabalho irá abordar, como a GCV, o Gerenciamento dos CCV e a estrutura administrativa da MB.

O terceiro Capítulo aborda a metodologia adotada para atingir os objetivos deste trabalho.

O quarto Capítulo trata da aplicação dos conceitos de gerenciamento dos CCV especificamente nos novos navios de superfície da MB da Classe Tamandaré.

O quinto Capítulo apresenta a conclusão deste trabalho a partir dos dados analisados, a contribuição deste estudo a partir das ações sugeridas e propostas de estudos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 GESTÃO DO CICLO DE VIDA DOS SISTEMAS DE DEFESA

Segundo o Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa, o objetivo da GCV é “planejar, obter, manter e otimizar as Capacidades Militares de Defesa considerando desempenho, segurança, qualidade e custo ao longo de todo o CV” (BRASIL, 2019b, p.19).

Para atingir o objetivo da GCV, o Manual de Boas Práticas orienta que as ações devem ser empreendidas em duas vertentes:

- a) Mitigar riscos, reduzir tempos de obtenção, assegurar que os SD obtidos cumpram sua finalidade, identificar, quantificar e controlar os CCV; e
- b) Garantir que os processos usados ao longo dos programas/projetos de obtenção de Sistemas de Defesa sejam consistentes, harmonizados, e que haja compartilhamento de recursos, informação e tecnologias de maneira efetiva e sustentável.” (BRASIL, 2019b, p. 19)

Blanchard e Blyler (2016, p. 13) afirmam que as tendências atuais indicam que, em geral, a complexidade dos sistemas está aumentando e os desafios associados aos mesmos são maiores do que nunca. Os requisitos mudam constantemente com a introdução de novas tecnologias em uma base contínua e evolutiva; os CV de muitos sistemas estão sendo estendidos, enquanto, ao mesmo tempo, os CV de tecnologias individuais e específicas estão se tornando mais curtos; e os sistemas estão sendo vistos mais em termos de requisitos. Além disso, os autores asseveram que atender às necessidades do usuário em termos de desempenho, confiabilidade, suporte, qualidade e relação custo-efetividade também tem se tornado um desafio para o gestor.

É possível observar que há um consenso na literatura sobre o fato que a maioria dos problemas observados nos sistemas em geral podem ser um resultado direto da não aplicação de uma abordagem apropriada, desde o início, para atender aos objetivos desejados e planejar o CV. Segundo Blanchard e Blyler (2016, p. 13, tradução nossa) o sistema se “mostra bastante dispendioso no longo prazo, principalmente na avaliação dos riscos associados aos processos de tomada de decisão durante os estágios iniciais do desenvolvimento do sistema”.

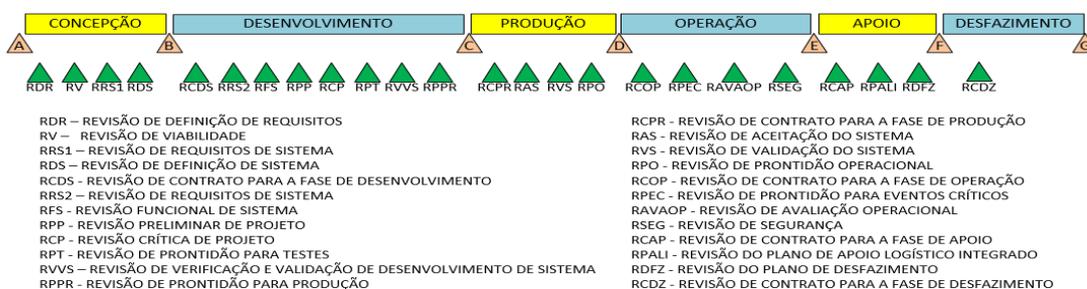
O Ministério da Defesa adota fases do CV de um Sistema de Defesa e estabelece para cada fase os seguintes propósitos:

- “a. **Fase de Concepção:** avaliar demandas por sistemas, oriundas de uma fase de pré-concepção, desenvolvendo estudos e modelos de engenharia que permitam estabelecer requisitos de sistema e propor uma solução conceitual viável;
- b. **Fase de Desenvolvimento:** desenvolver e validar completamente a solução técnica proposta na fase de concepção, mediante processo de projeto (*design*) de engenharia que deve conferir ao sistema características que o permitam ser produzido, testado, avaliado, operado, mantido e descartado. O desenvolvimento da solução técnica deve ser detalhado até o nível em que seja possível iniciar as atividades da fase de produção;
- c. **Fase de Produção:** implementar, integrar, verificar e validar o sistema de interesse e seus sistemas de apoio, produzindo evidências objetivas do cumprimento dos requisitos relacionados ao CV. Ao final da fase é realizada a avaliação operacional do SD (sistema técnico + sistemas de apoio) preparando sua operação. Nessa fase insere-se também a obtenção de um SD já desenvolvido e disponível no mercado ou um item *off the self*;
- d. **Fase de Operação:** operar o sistema de interesse nos diversos ambientes operacionais planejados e garantir efetividade operacional continuada a um custo aceitável;
- e. **Fase de Apoio:** prover serviços de apoio logístico que possibilitem sustentar a capacidade de operação do SD (sistema técnico e sistemas de apoio); e
- f. **Fase de Desfazimento:** desmilitarizar e retirar o SD, ao final da sua vida útil, do seu ambiente operacional, e encerrar os serviços de apoio logístico e operacionais. Os requisitos para o desfazimento são especificados nas fases precedentes, e a inutilização ou o abandono deve ser realizado de acordo com os requisitos reguladores e legais relacionados à segurança física de mantenedores, operadores e prestadores de serviços em geral, à segurança nuclear, e à proteção do meio ambiente.” (BRASIL, 2019b, p. 21)

Além das fases, o manual orienta a implementação da gestão por meio de mecanismos de controle, marcos de transição, *gates*, indicadores pré-estabelecidos pela Gerência do Projeto, tais como, por exemplo, escopo, custo, prazos e riscos.

A Figura 2 apresenta os principais marcos de transição (*gates*) e pontos de decisão/controle (*milestones*) para a GCV:

Figura 2 – Marcos marcos de transição e pontos de decisão/controle para a GCV



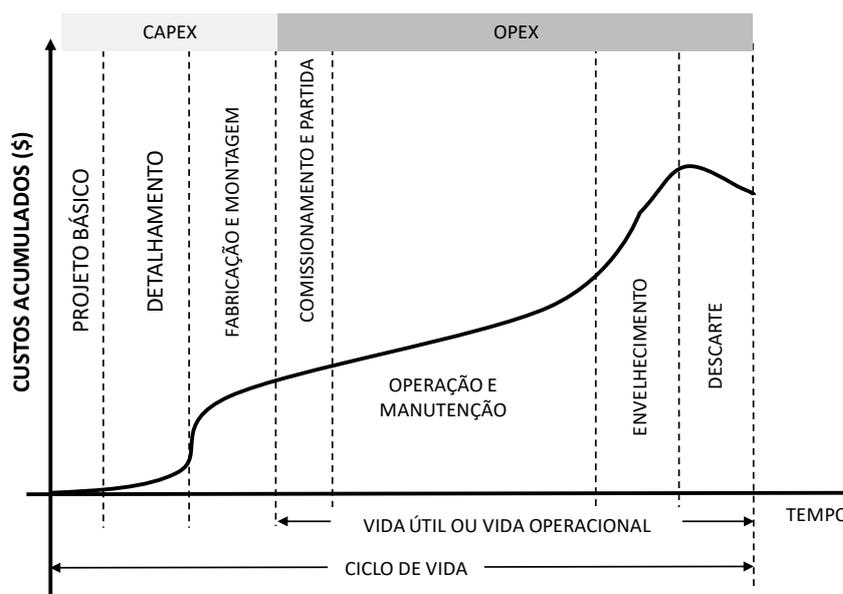
Fonte: BRASIL (2019b, p. 23).

No entanto, a implementação de bons métodos e procedimentos necessita de uma estrutura organizacional como base para conduzir os processos de CV, dentre os quais, se destaca o processo de gerenciamento de CCV.

2.2 CUSTOS DE CICLO DE VIDA

Segundo Kardec *et al.* (2014, p. 258), a abordagem relacionada à gestão de ativos, os CCV dos ativos são compostos por custos de capital, conhecidos pela sigla CAPEX – *capital expenditure* ou *capital expense*, e custos operacionais, conhecidos pela sigla OPEX – *operational expenditure* ou *operational expenses*. Observa-se na Figura 3 os CCV, seguindo esta denominação:

Figura 3 – Custos acumulados (CAPEX e OPEX)



Fonte: Adaptado de Kardec *et al.* (2014, p. 259).

Como pode ser observado, os custos de operação e manutenção são enquadrados como OPEX. De modo análogo, o Ministério da Defesa considera os COA como “custos diretos e indiretos necessários para operar e manter as capacidades e características do Projeto/Programa que está sendo gerenciado” (BRASIL, 2019b, p. 58). Apesar de a denominação dos custos serem diferentes, tanto no ambiente corporativo, como nos órgãos públicos, há uma tendência ou um histórico de adquirir ativos, representados por equipamentos ou bens de capital, levando em consideração apenas o custo inicial da aquisição (KARDEC *et al.*, 2014, p. 259).

Blanchard (2004, p. 24) afirma que quando observamos os aspectos econômicos em projetos, encontramos uma falta de visibilidade total ou clara dos custos, como mostra o já conhecido na literatura como o "efeito *iceberg*" (Figura 4). O autor afirma ainda que:

“[...] os custos de projeto e desenvolvimento são relativamente bem conhecidos, no entanto são desconhecidos aqueles relacionados à sua operação e apoio. As equipes de projeto em essência abordam satisfatoriamente os fatores de custo que mais influenciam a curto prazo, mas eles tendem a falhar a longo prazo. Ao mesmo tempo, a experiência mostrou que grande parte do custo total de vida de um determinado sistema corresponde a atividades operacionais e de suporte das fases posteriores da sua vida (por exemplo, até 75% do custo total).” (BLANCHARD, 2004, p. 24, tradução nossa)

Figura 4 – Efeito *Iceberg*: visibilidade do custo total



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

O efeito “*iceberg*” se dá quando um programa de aquisição concentra-se no custo de desenvolver e adquirir um sistema para adequar ao orçamento disponível. Durante o processo de aquisição, torna-se essencial, que as decisões sejam tomadas após uma estimativa de custo realista que permita uma análise no longo prazo. Assim, as estimativas de custo desempenham um papel importante nessas decisões de investimento. Por exemplo, em programas governamentais no Brasil, por questões legais, é necessário que

seja feito um cálculo de custo, a fim de evidenciar a vantajosidade da aquisição e sua repercussão orçamentária ao longo dos anos. Esses estudos ajudam a fornecer controle gerencial sobre os recursos de um projeto quando novos requisitos são exigidos sob condições orçamentárias restritas. Isso é especialmente importante no início de um projeto, quando pouco se sabe sobre os requisitos e ainda existe a oportunidade de alterá-los.

De forma complementar, o Escritório de Contabilidade (ou Governança) dos Estados Unidos da América (GAO) assevera que o controle de custos deve ser permanente e que é importante atualizar continuamente as estimativas com custos reais, para que a gerência tenha as melhores informações disponíveis para tomar decisões informadas ainda na fase de concepção ou desenvolvimento (UNITED STATES OF AMERICA, 2009, p. i).

O relatório final do grupo de trabalho SAS-054 da OTAN segue na mesma linha e afirma que o processo de gerenciamento dos CCV não deve ser considerado como uma tarefa pontual, devendo ser uma atividade contínua ao longo do CV (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2007, p. 2-13).

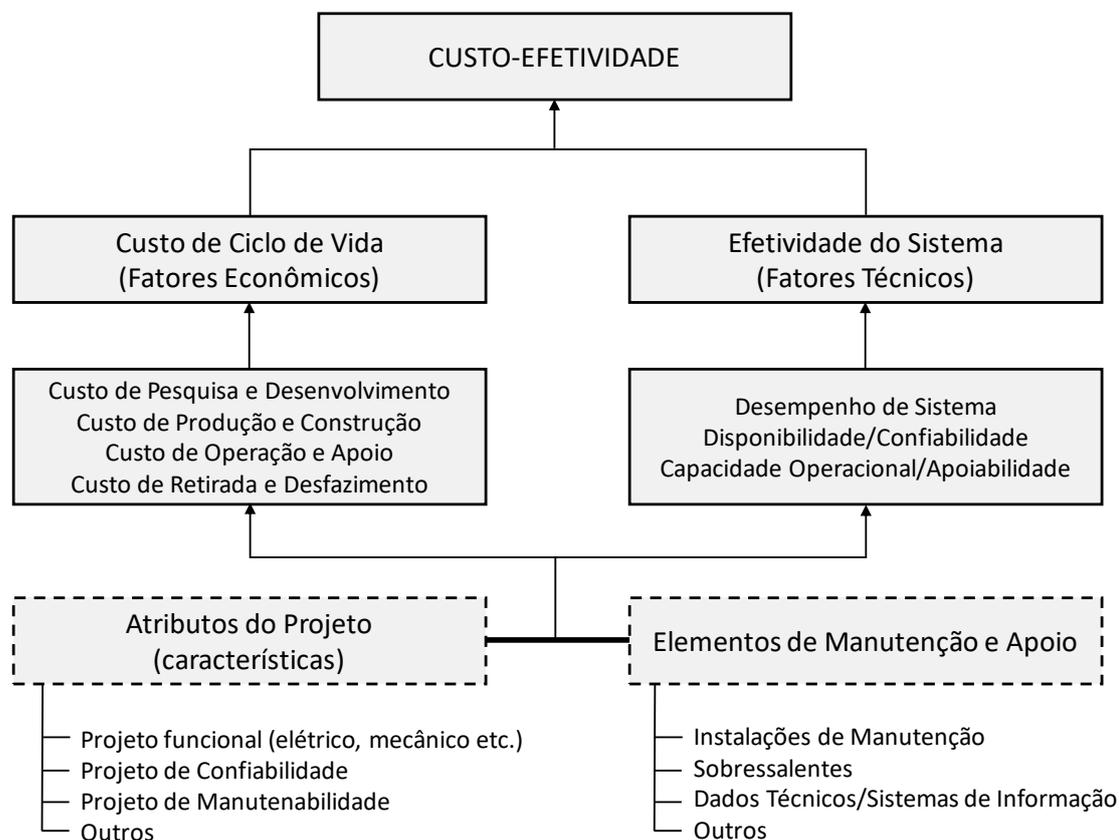
2.2.1 Custo-Efetividade

Durante as fases de O&A, o sistema de interesse opera nos locais operacionais e fornece a capacidade militar de acordo com os requisitos estabelecidos nas fases iniciais do CV. Nessas fases, devem ser aferidos os índices de desempenho técnico e realizados estudos para refinar ou validar a estimativa de CCV dos sistemas em uso, usando dados reais registrados. O objetivo é alinhar a medida de eficácia técnica obtida de um sistema e relacioná-la para um determinado custo. Também nesse período, qualquer alteração significativa nos custos de operação ou manutenção do sistema de interesse deve ser analisada para que se faça a retroalimentação do sistema com os resultados da investigação do uso operacional.

Diante disso, para a realização de estudos nessas fases, é necessário que esteja bem consolidado o conceito de custo-efetividade, que é uma relação do custo com o desempenho técnico do ativo. O desafio é buscar efetividade no desenvolvimento, na aquisição de novos sistemas, bem como na O&A dos sistemas já em uso. A Figura 5, adaptada de Blanchard (2004, p. 41), contém as duas classes de fatores (econômicos e

técnicos) que precisam ser relacionados de forma matemática para que se tenha uma medida de efetividade.

Figura 5 – Elementos constituintes básicos da relação custo-efetividade



Fonte: Adaptado de Blanchard (2004, p. 41).

2.2.2 Estrutura Analítica de Custos

Para determinar o trabalho a ser executado, os planejadores do projeto devem preparar uma estrutura de detalhamento do trabalho (*Work Breakdown Structure – WBS*, adaptada e traduzida por alguns autores como Estrutura Analítica do Projeto – EAP) em cada fase do projeto e integrá-lo com os custos. Esse procedimento garante que sejam considerados todos os custos para cada pacote de trabalho. A Estrutura Analítica de Custos (EAC) constitui a base do processo orçamentário. As principais categorias de custo devem continuar sendo usadas para o rastreamento de custos durante todo o CV do sistema.

Cada pacote na estrutura de detalhamento do trabalho deve ter uma saída identificável, à qual pode ser atribuído um custo estimado e um prazo para a conclusão

dessa saída. Isso relaciona os custos esperados às fases específicas de um projeto e fornece um perfil de custo de quando os custos do projeto devem ocorrer. Em resumo, o uso de técnicas de CCV no planejamento de longo prazo tem o propósito de:

- a) definir detalhes de atividades em fases específicas de um projeto (EAP);
- b) relacionar os custos esperados às fases específicas de um projeto (alocação de custos); e
- c) fornecer um perfil de custo de quando os custos devem ocorrer (projeções de fluxo de caixa).

Na mesma linha, a OTAN considera que a EAC é uma das ferramentas críticas usadas durante todo o processo de planejamento, que atua como estrutura ou espinha dorsal do cálculo da estimativa de CCV, sendo que o desenvolvimento da EAC deve ocorrer cedo para fornecer uma ideia conceitual do tamanho e escopo do programa e listar todos os elementos de custo a serem considerados (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2008, p. 21).

Para os navios de superfície, pode ser utilizada como base a publicação norte americana MIL-STD-881D - *Work Breakdown Structures For Defense Materiel Items* (UNITED STATES OF AMERICA, 2018) que orienta a desenvolver uma EAC especificamente para navios com sistemas de combate e armamento. Essa estrutura incluiria os dados de preços da aquisição de navios, do projeto de navios, os dados de engenharia, de gerenciamento e do suporte logístico integrado.

Para estimativas robustas, sugere-se que a EAC relate os custos do nível 3 em diante, conforme o exemplo constante do Quadro 1:

Quadro 1 – Exemplo de detalhamento por nível da estrutura analítica

1.0 Sistema naval
1.1 Navio
1.1.1 Estrutura do casco
1.1.2 Planta de Propulsão
1.1.3 Planta Elétrica
1.1.4 Comando, Comunicações e Vigilância
1.1.5 Sistemas Auxiliares
1.1.6 Equipamentos e mobiliário
1.1.7 Armamento
1.1.8 Integração de Sistemas de Engenharia
1.1.9 Montagem e Serviços de Suporte

Fonte: Adaptado de United States of America (2018, p. 82)

Segundo GAO (UNITED STATES OF AMERICA, 2009, p. 66), é importante que a EAC seja abrangente para representar todo o programa com um nível de detalhe suficiente para gerenciar o tamanho, a complexidade e os riscos associados. Além disso, deve haver apenas uma estrutura para cada programa e deve corresponder à EAC usada para a estimativa de custo, para que os custos reais possam ser confrontados para que haja uma correlação com o cronograma.

2.2.3 Ferramentas e Metodologias de CCV

O Manual de Boas Práticas do MD estabelece que, para o Gerenciamento do CCV, devem ser considerados, além da EAC, todos os processos necessários para determinar quais recursos (pessoas, equipamentos, serviços, materiais etc.) e quais quantidades de cada recurso devem ser utilizados para executar atividades do projeto/programa, fornecendo uma estimativa do custo associado e atribuído a cada atividade isoladamente. Esses processos visam estabelecer uma estimativa mais assertiva do CCV para a tomada de decisões e a alocação de orçamento (BRASIL, 2019b, p. 48).

No entanto, o próprio Manual assevera que a maioria das estimativas de custo requer a utilização de um conjunto de ferramentas para produzir as informações desejadas pelos diversos atores envolvidos nos processos. Este conjunto de ferramentas a serem utilizadas depende da complexidade do projeto, da experiência do gerente, quantidade e qualidade dos dados disponíveis e outros fatores. Contudo, cabe ressaltar que não existe um método único, sendo possível utilizar uma metodologia diferente para cada situação (BRASIL, 2019b, p. 65-66).

Ao escolher um método, o gerente de custo deve sempre considerar que a estimativa de previsão dos custos futuros será realizada com base numa interpretação lógica dos dados disponíveis. Portanto, a disponibilidade de dados será um fator importante na escolha da metodologia a ser aplicada para a obtenção da estimativa.

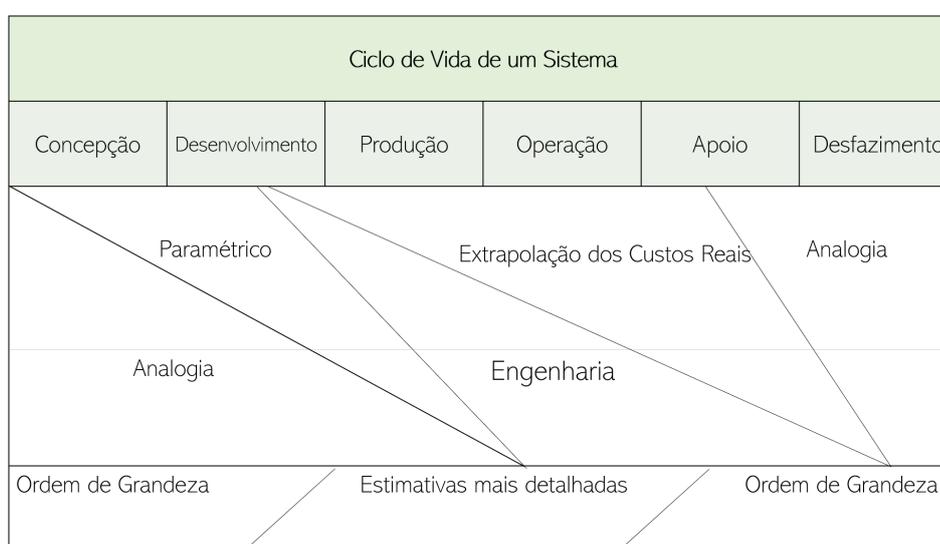
A combinação de dados históricos recentes e aplicáveis com informações da descrição dos sistemas, a partir de uma lógica de extrapolação, será a chave para a obtenção das estimativas de custos para atividades futuras (BRASIL, 2019b, p. 66).

Os métodos seguintes podem ser aplicados para fazer a estimativa, segundo o Ministério da Defesa: análogo ou comparativo; paramétrico; programação linear; heurístico; dinâmica do sistema de simulação; evento discreto; simulação, como por exemplo, pelo método de Monte Carlo; Bayesiano; engenharia; Catálogo; opinião de um

expert; processo de hierarquia analítica de apoio à decisão; e análise de decisão multicritério (BRASIL, 2019b, p. 65).

De acordo com o relatório RTO SAS-054A da OTAN (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2007, p. 3-14), os métodos mais usados para se estabelecer uma estimativa de custos são analogia, engenharia, extrapolação dos custos reais e o método paramétrico. No entanto, a fase do CV também é um fator determinante para a escolha do método, conforme é apresentado na Figura 6:

Figura 6 – Métodos de estimativa de custos por fase



Fonte: Adaptado de RTO-SAS-069 (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2009, p.12)

O método a ser selecionado deve depender de onde o programa está em seu CV. No início do programa, a definição é limitada e os custos podem não ter sido acumulados. Quando um programa está em produção, os dados técnicos e de custo da fase de desenvolvimento podem ser usados para estimar o restante do CV.

É importante notar que cada método apresenta vantagens, desvantagens e momentos corretos para aplicação, conforme demonstrado no Quadro 2 e apresentado no texto subsequente:

Quadro 2 – Vantagens, desvantagens e aplicação de métodos de estimativa

MÉTODO	VANTAGENS	DESVANTAGENS	APLICAÇÃO
Analogia	<ul style="list-style-type: none"> - Requer poucos dados; - Baseia-se em dados reais; - Razoavelmente rápido; e - Fornece boa trilha para auditoria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige ajustes subjetivos; - A precisão depende da semelhança dos itens; - Difícil de avaliar o efeito da mudança de padrão; e 	<ul style="list-style-type: none"> - Quando há poucos dados disponíveis; - Estimar a ordem de magnitude aproximada; e - Conferência cruzada.

		- Oculta os direcionadores de custos.	
Engenharia	- Facilmente auditável; - Correlaciona-se com taxas de mão de obra; - Permite avaliar as cotações de fornecedores; e - Metodologia consagrada.	- Requer estudo detalhado; - Lento e trabalhoso; e - Complexo.	- Estimativa de produção; - Desenvolvimento de <i>software</i> ; e - Negociações.
Paramétrico	- Razoavelmente rápido; - Incentiva a disciplina; - Fornece boa trilha para auditoria; - Objetivo e com pouca tendência; e - Incorpora efeitos do mundo real.	- Carece de detalhes; - Barreiras culturais; e - Precisa-se compreender o comportamento do modelo.	- Estimativas orçamentárias; - Fase de definição requisitos de custos em projetos; - Verificação cruzada; - Estimativa da linha de base; e - Alocações de metas de custo.

Fonte: Adaptado de United States Of America (2009, p. 108).

a) Método de estimativa de custos de analogia

Uma analogia leva em consideração que nenhum novo programa, não importa quão avançado seja tecnologicamente, representa um sistema totalmente novo. O método de analogia usa esse conceito para estimar novos componentes, subsistemas ou programas totais. Um estimador de custo normalmente usa esse método no início do CV de um programa, quando dados de custo reais estão indisponíveis, mas a definição técnica e do programa é boa o suficiente para fazer os ajustes necessários.

Os ajustes devem ser feitos da maneira mais objetiva possível, usando fatores (às vezes parâmetros de escala) que representam diferenças de tamanho, desempenho, tecnologia ou complexidade. O estimador de custos deve identificar os principais fatores de custo, determinar como o item antigo se relaciona com o novo item e decidir como cada fator de custo afeta o custo total. Todas as estimativas baseadas no método de analogia, no entanto, devem ser lógicas e aceitáveis (UNITED STATES OF AMERICA, 2009, p. 109).

b) Método de estimativa de custos de engenharia

O método de estimativa de custos de construção de engenharia constrói a estimativa de custo global somando ou “agregando” estimativas detalhadas feitas em níveis mais baixos da EAP. Também pode ser conhecida como estimativa de baixo para cima (*bottom up*) (UNITED STATES OF AMERICA, 2009, p. 110).

Além das informações de mão de obra, é necessária uma lista detalhada de peças. Quando disponíveis, as peças do material são alocadas no nível mais baixo da EAP, com base em como o trabalho será realizado. Normalmente, os estimadores de custos

trabalham com os engenheiros para desenvolver as estimativas detalhadas. O foco do estimador de custos é obter informações detalhadas do engenheiro de maneira razoável, completa e consistente com as regras e premissas básicas do programa. O estimador de custos deve encontrar dados adicionais para validar as estimativas do engenheiro.

O Guia de Estimativa de Custos e Avaliação do Escritório de Governança do Governo dos EUA também afirma que:

“[...] um método de construção de engenharia é usado durante a produção do programa, porque a configuração do programa precisa ser estabilizada e dados de custo reais são necessários para concluir a estimativa. A suposição subjacente desse método é que os custos históricos são bons preditores de custos futuros. A premissa é que os dados da fase de desenvolvimento podem ser usados para estimar o custo de produção.” (UNITED STATES OF AMERICA, 2009, p. 111, tradução nossa)

c) Método paramétrico de estimativa de custos

No método paramétrico, é desenvolvida uma relação estatística entre custos históricos e características do programa, físicas e de desempenho. O método, ao contrário do método de engenharia, é chamado de abordagem de cima para baixo. Os tipos de características físicas usadas para a estimativa paramétrica são peso, potência e linhas de código.

A OTAN (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2009, p. 39) afirma que para a aplicação do método paramétrico, deve existir de uma relação causal entre os custos do sistema e esses parâmetros. Tais relações, são tipicamente estimadas a partir de dados históricos, usando técnicas estatísticas. Se esse relacionamento puder ser estabelecido, uma relação paramétrica conhecida como relação de estimativa de custo (REC ou *CER*, em inglês) capturará o relacionamento em termos matemáticos, relacionando o custo como a variável dependente a uma ou mais variáveis independentes.

Ressalta-se também que o método paramétrico ou estatístico utiliza a análise de regressão de um banco de dados de sistemas similares para desenvolver os relacionamentos complexos e, portanto, exigem uma quantidade considerável de dados para calibrar com precisão. Ainda que seja utilizada uma grande quantidade de dados, os dados e parâmetros estabelecidos no início do CV de um programa devem ser revisadas continuamente para garantir que estejam atualizadas e fidedignas, para evitar que erros de estimativa aumentem.

A análise de regressão consiste na realização de uma análise estatística com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente

com uma ou mais variáveis independentes. O objetivo é prever com precisão conhecida a próxima ocorrência no mundo real da variável dependente (ou o custo), com base no conhecimento da variável independente (ou de alguma variável física, operacional ou de programa). Entre importantes estatísticas de regressão estão: R-quadrado, Significância estatística, Estatística F ou Estatística T.

De forma resumida, uma estimativa por analogia usa o custo de um programa semelhante e ajusta as diferenças. O método de engenharia desenvolve a estimativa de custo no nível mais baixo da EAC, uma peça de cada vez, e a soma das peças se torna a estimativa. O método paramétrico relaciona o custo a um ou mais parâmetros técnicos, de desempenho, de custo ou de programa, usando um relacionamento estatístico (UNITED STATES OF AMERICA, 2009, p. 115).

Outros métodos de estimativa de custos incluem: a opinião de especialistas, que, na condição de *experts*, manifestam sobre quanto um elemento deve custar; a extrapolação, que usa custos e dados reais de protótipos para prever o custo de elementos futuros; e curvas de aprendizado, que é uma forma comum de extrapolar dos custos reais. A opinião de especialistas é comumente aplicada para preencher lacunas em uma EAP relativamente detalhada quando um ou mais especialistas são a única fonte qualificada de informação, principalmente em questões de tecnologia científica específica (UNITED STATES OF AMERICA, 2009, p. 108).

Estudos realizados pela OTAN confirmam que a maior parte das nações componentes daquele bloco de países usam processos similares para desenvolver as estimativas de CCV, porém ressalta-se que, os dados disponíveis e a respectiva qualidade sempre determinam o método apropriado a ser aplicado (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2009, p. 12).

2.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO E APOIO NA MB

Apesar de diferentes entre si, as fases de O&A se encaixam na mesma moldura temporal e, por isso, os seus custos, também distintos entre si, serão mencionados de forma combinada. Os COA incluem toda a operação, manutenção e suporte de um sistema em campo. Especificamente, isso consiste nos custos (orgânicos e contratados) de pessoal, equipamento, suprimentos, *software* e serviços associados à operação, modificação, manutenção, fornecimento e suporte a um sistema no inventário.

Segundo o DoD (UNITED STATES OF AMERICA, 2014, p. 2-4), os COA são

compostos pelos seguintes elementos de nível inferior: mão de obra nos diversos níveis, combustíveis, eletricidade, munições, serviços de suporte, transporte, materiais de consumo e peças de reparo, reparáveis no nível de base, manutenção intermediária (externa ao nível da unidade), manutenção de base, outras manutenções, treinamento específico do sistema, substituição e reparo de equipamentos de suporte, engenharia de manutenção/sistemas, gerenciamento de programas, sistemas de informação, publicações técnicas e de dados, melhoria contínua do sistema, modificações de *hardware* e *software*, suporte de instalação, suporte de pessoal e treinamento e adestramento geral.

Mislick e Nussbaum (2015, p. 19) ressaltam também que os custos relacionados à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) tendem a ser menores do que os custos da aquisição que, por sua vez, são menores que os COA. Esta regra torna-se mais aplicável “para muitos projetos no Departamento de Defesa, mas especialmente para aqueles que precisam de mão de obra para operá-los, combustível para alimentá-los e peças de reposição para mantê-los em bom estado” (MISLICK; NUSSBAUM, 2015, p. 19, tradução nossa). Por outro lado, projetos que envolvem o desenvolvimento ou aquisição de *softwares* ou mísseis, por exemplo, não obedecem a mesma curva de custos e, conseqüentemente, não seguem uma tendência de aumento na fase de O&A.

Para os casos dos navios de uma Força Naval, mesmo que de outras Marinhas, é possível afirmar que a fase de O&A é o período onde há um dispêndio de recursos acentuado, tanto que em 1975, os Estados Unidos da América criou no âmbito das Forças Armadas o VAMOSC (programa Visibilidade e Gerenciamento de Custos Operacionais e de Apoio), pois, tornou-se evidente, na ocasião, que era necessário um banco de dados contendo apenas custos operacionais e de apoio por cada plataforma (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2003, p. 8-3).

Tal é a importância de se controlar os custos nas fases de O&A que o sistema VAMOSC dos EUA direcionou a Marinha, o Exército e a Força Aérea americanos para que criassem seus sistemas de coleta e apuração de custos gerenciados, respectivamente, pelo Centro Naval de Análise de Custos (*Naval Center for Cost Analysis – NCCA*), pela Agência de Análise de Custos da Força Aérea (*Air Force Cost Analysis Agency – AFCAA*) e pelo Centro de Análise Econômica e de Custos (*Cost and Economic Analysis Center – CEAC*).

Diante do exposto e associado ao fato de que o principal entregável de um meio é a sua capacidade militar, quando em operação, focar o estudo de custos na área de O&A torna-se relevante, adequado e oportuno, no entanto, produzir uma estimativa razoável

desses custos requer uma grande quantidade de dados e capacidade de montar modelos aderentes aos custos efetivos.

No que tange à gestão da manutenção, executada com maior ênfase na fase de apoio, é possível afirmar que a qualidade e consistência do planejamento influenciam diretamente na eficiência da manutenção, aí consideradas a qualidade das informações para a provisão dos recursos logísticos, por meio do processo de apoio logístico integrado, e a execução das atividades. A partir dessa premissa, o Comando de Operações Navais (ComOpNav) estabeleceu como meta, a disponibilidade 65% dos meios navais, a partir do “planejamento, a elaboração, a atualização e o acompanhamento físico-financeiro do PROGEM (Programa Geral de Manutenção)” (BRASIL, 2018, n.p.).

2.3.1 Elementos de Custos das Fases de Operação e Apoio

Uma vez que os custos de projeto e desenvolvimento são relativamente bem conhecidos e aqueles relacionados à sua operação e suporte são desconhecidos, faz-se necessário o emprego de ferramentas e técnicas de CCV que definam com a precisão desejada os elementos de custos das fases mais dispendiosas do programa.

Em uma primeira análise, observa-se que são diversas fontes de dados na Marinha do Brasil, como, por exemplo, a Diretoria de Abastecimento da Marinha com as informações de suprimento de itens, as Diretorias Especializadas do Setor do Material com os dados relativos às rotinas de manutenção, as organizações do Setor Operativo com dados da operação e a DFM com dados relativos aos custos contábeis, além das demais fontes como o projeto e o Plano de Apoio Logístico Integrado (PALI).

Segundo Jones (2006, p. 11-9), o conceito básico de modelagem de custos é ilustrado por elementos que podem ser expandidos para incluir várias centenas de subelementos e variáveis. No caso dos COA, a equação abaixo apresenta os seguintes elementos de custos, já adotados pela Marinha do Brasil em seu Manual de Apoio Logístico Integrado (BRASIL, 2013, p. 8-7):

$C_{OA} = C_{ODP} + C_{OC} + C_{ORS} + C_{OSE} + C_{ODF} + C_{ODM} + C_{OP} + C_{OTD} + C_{OSM} + C_{OM} + C_{OIP}$, sendo que:

$C_{OA} = COA =$ Custos de Operação e Apoio

$C_{ODP} =$ Custos diretos de pessoal em O&A

$C_{OC} =$ Custos de material de consumo de O&A

$C_{ORS} =$ Custos de sobressalentes de repletamento para O&A

$C_{OSE} =$ Custos de equipamentos de apoio para O&A

C_{ODF} = Custos diretos de instalações de apoio de O&A

C_{ODM} = Custos de manutenção de O&A

C_{OP} = Custos de PHS&T para O&A

C_{OTD} = Custos de dados técnicos de O&A

C_{OSM} = Custos de gerenciamento de suprimentos de O&A

C_{OM} = Custos de modificações de O&A

C_{OIP} = Custos indiretos de pessoal de O&A

C_{OIF} = Custos indiretos de instalações de apoio para O&A

C_{OIT} = Custos indiretos de treinamento de O&A

Ainda segundo Jones:

“[...] o uso da disponibilidade operacional e o custo do ciclo de vida fornece a capacidade da engenharia de suporte para avaliar alternativas e opções para seus méritos relativos. Isso é essencial para garantir que a solução final do projeto atenda ao desempenho necessário”. (JONES, 2006, p. 11.11, tradução nossa)

Desta forma, reforça-se a ideia já exposta de que o estudo do custo deve ser combinado com a disponibilidade operacional e o CCV em uma projeção geral é importante para equilíbrio razoável entre a qualidade do sistema, a infraestrutura de suporte para o sistema e o custo de propriedade.

2.3.2 Sistemas de Apoio da Marinha do Brasil para Coleta de CCV

A Marinha do Brasil dispõe de sistemas de apoio à gestão corporativos, desenvolvidos ou não no âmbito da Força, para apoiar a gestão das Organizações Militares de forma a promover uma administração integrada, trazendo maior transparência, rapidez e confiabilidade para as informações corporativas (BRASIL, 2019a, p. 20-1).

A fim de facilitar o entendimento, a disseminação e o emprego dos principais sistemas corporativos de administração, neste tópico serão destacadas informações resumidas a respeito dos sistemas elegíveis para coleta e operacionalização de dados relacionados aos CCV.

As Normas Gerais de Administração da Marinha abordam a especificação para cada sistema, conforme o Quadro 3 (BRASIL, 2019a, p. 20-1 a 21-3):

Quadro 3 – Sistemas corporativos da MB

SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO DO PLANO DIRETOR (SIPLAD)	Sistema corporativo mantido pela Diretoria de Gestão Orçamentária da Marinha (DGOM) para apoiar as atividades inerentes à dinâmica do Plano Diretor (PD). O SIPLAD é o instrumento que contribui para harmonizar o Sistema do Plano Diretor (SPD) ao sistema de planejamento governamental, considerando as etapas básicas do planejamento, execução e controle, além de conter os módulos específicos de apoio à gestão dos recursos orçamentários.
SISTEMA DE PAGAMENTO DA MB (SISPAG)	Sistema de Pagamento da MB que processa as informações necessárias ao pagamento de pessoal militar da ativa e inativos, pensionistas de militares, pensionistas do Superior Tribunal Militar (STM), servidores civis quando no exterior e servidores civis em situações especiais.
SISTEMA DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS DO ABASTECIMENTO (SINGRA)	É o sistema de informações e de gerência de material que se destina a apoiar as fases básicas das funções logísticas Suprimento, Transporte e Manutenção relacionadas ao Abastecimento, prevendo e provendo os recursos de informação (regras, informações e tecnologia) necessários ao desempenho das atividades técnicas e gerenciais de abastecimento.
QUAESTOR - CAIXA DE ECONOMIAS E MUNICIAMENTO	O Sistema QUAESTOR foi desenvolvido para gerar e encaminhar, periodicamente, ao Centro de Controle Interno da Marinha (CCIMAR) as comprovações, por meio magnético; e apoiar todas as tarefas necessárias ao controle das Gestorias de Caixa de Economias e Municionamento, emitindo relatórios que permitam, a qualquer momento, a conferência dos dados armazenados e permitir que a recepção dos dados no CCIMAR (comprovações) seja efetuada de forma tempestiva, para a geração e encaminhamento dos relatórios a serem apreciados pelo Conselho Financeiro e Administrativo da Marinha (COFAMAR).
SISTEMA DE CONTROLE DE MATERIAL (SISMAT)	Sistema informatizado, estabelecido e mantido pela Diretoria de Finanças da Marinha (DFM), para utilização no registro e controle da movimentação de material das Organizações Militares Consumidoras não Integradas (OMCN), Organizações Militares Consumidoras Integradas (OMCI), Organizações Militares Consumidoras no Exterior (OMCE) e Organizações Militares Prestadoras de Serviço (OMPS).
SISTEMA INTEGRADO DE ADMINISTRAÇÃO FINANCEIRA (SIAFI)	O SIAFI é o principal instrumento utilizado para registro, acompanhamento e controle da execução orçamentária, financeira e patrimonial do Governo Federal. Ele visa: o controle diário, a unificação dos recursos de caixa, a contabilidade pública como fonte segura e tempestiva de informações gerenciais, a padronização dos métodos e rotinas de trabalho, o registro contábil dos balancetes dos estados e municípios e de suas supervisionadas, o controle da dívida interna e externa, bem como o das transferências negociadas, integração e compatibilização das informações no âmbito do Governo Federal, o acompanhamento e a avaliação do uso dos recursos públicos e transparência dos gastos do Governo Federal. Responsável: Secretaria do Tesouro Nacional (STN) / Ministério da Fazenda (MF).
SISTEMA INTEGRADO DE ADMINISTRAÇÃO DE SERVIÇOS GERAIS (SIASG)	O SIASG foi concebido para atender a toda a área-meio dos Ministérios, empregando ferramentas para controlar contratos, licitações e fornecedores. O objetivo é acompanhar licitações e contratos, enfim, o processo de compras do governo. Responsável: Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação (SLTI/MP). O SIASG é um conjunto informatizado de ferramentas para operacionalizar internamente o funcionamento sistêmico das atividades inerentes ao Sistema de Serviços Gerais (SISG), quais sejam: gestão de materiais, edificações públicas, veículos oficiais, comunicações administrativas, licitações e contratos, do qual o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MP) é órgão central normativo. O Sistema é constituído por diversos módulos, oferecendo através da Internet, o acesso a um conjunto de serviços e facilidades para as Unidades Administrativas de Serviços Gerais (UASG).
SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO (SIGMAN)	O Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV) está delineando um sistema informatizado voltado para a gerência da manutenção dos meios. O Sistema de Gerenciamento da Manutenção (SIGMan) tem a intenção de preencher algumas lacunas há muito percebidas na MB, dentre as quais destaca-se: inexistência de um sistema de informações padronizado para as atividades de manutenção (mormente aquelas conduzidas pelas OMPS-I), falta de integração informatizada entre processos de Abastecimento e Manutenção, recepção dos dados de planejamento operativo para otimização do planejamento da manutenção, informatização do Plano de Apoio Logístico Integrado (PALI), entre outros. Um dos requisitos fundamentais do sistema é que o mesmo seja capaz de apoiar os processos de GCV.

Fonte: Adaptado de Brasil (2019a, p. 20-1 a 21-3).

3 METODOLOGIA

Para a realização do presente estudo, recorreu-se à pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica foi feita a partir do levantamento de referências teóricas e normas das instituições e países com a maior maturidade nos processos de CCV e publicadas por meios físicos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, normas internacionais e relatórios técnicos. Assim, a pesquisa bibliográfica realizada, teve dois propósitos: o primeiro, fornecer, igualmente, a compreensão de conceitos-chave envolvidos na pesquisa. O segundo, foi permitir cumprir os objetivos do estudo, anteriormente apresentados, voltados para o exame da literatura sobre engenharia de sistemas, gestão de ativos, apoio logístico integrado e CCV. Além disso, na fase exploratória da investigação, foram consideradas as referências documentais da OTAN, dos EUA, do MD e da própria MB.

Uma vez que o estudo está direcionado para as fases de O&A de um meio operativo, onde os gastos são apropriados de maneira difusa e por diversas organizações, foi necessário considerar a questão da coleta desses dados dentro da estrutura pré-existente na MB e analisar as publicações e sistemas correlatos.

Inicialmente, na fase exploratória da investigação, foram considerados as seguintes referências organizadas por tema ou fonte:

a) Engenharia de Sistemas

- *Logistics Engineering and Management* (BLANCHARD, 2004); e
- *System Engineering Management* (BLANCHARD; BLYLER, 2016).

b) Gestão de Ativos

- NBR ISO 55000: gestão de ativos – visão geral, princípios e terminologia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014); e
- *Gestão de Ativos* (KARDEC et al., 2014).

c) Custos

- *Expanding operating and support cost analysis for major programs during the DoD acquisition process: legal requirements, current practices, and recommendations* (BOITO et al., 2018);

- *A parametric cost model for estimating operating and support costs of US Navy (non-nuclear) surface ships* (BRANDT, 1999);

- Custos de operação e apoio e novos meios navais: estimativas do PHM Atlântico com base em fontes abertas (GAVIÃO et al., 2019); e

- *Cost estimation: methods and tools* (MISLICK; NUSSBAUM, 2015).

d) OTAN

- *ALCCP-1: NATO guidance on life cycle costs* (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2008);

- *RTO publication of Task Group SAS-069 – Code of practice for life cycle costing* (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2009);

- *Cost structure and life cycle costs (LCC) for military systems: meeting proceedings MP-096* (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2003);

- *RTO-TR-SAS-076 Task Group - Independent cost estimating and the role of life cycle cost analysis in managing the defense enterprise* (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2012); e

- *SAS-054 - Methods and models for life cycle costing* (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2007).

e) EUA

- *DoD Life Cycle Management (LCM) & Product Support Manager (PSM) rapid deployment trainin* (DEFENSE ACQUISITION UNIVERSITY, 2010);

- *Cost Estimating Handbook* (NAVSEA, 2005);

- *MIL-STD-881D: Work Breakdown Structures For Defense Materiel Items* (UNITED STATES OF AMERICA, 2018);

- *Operating and support cost-estimating guide* (UNITED STATES OF AMERICA, 2014); e

- *Government Accountability Office cost estimating and assessment guide* (UNITED STATES OF AMERICA, 2009).

f) MD e MB

- Manual de boas práticas para a gestão do ciclo de vida de sistemas de defesa - MD40-M-01 (BRASIL, 2019b);

- DGMM-0130: Manual do Apoio Logístico Integrado (BRASIL, 2013);

- MATERIALMARINST 33-01: Apoio Logístico Integrado (ALI) (BRASIL, 2010);
- SGM-107: Normas Gerais de Administração (BRASIL, 2019a); e
- Circular nº 24/2020 (DFM): Sistema de Custos da Marinha (BRASIL, 2020a).

g) Apoio Logístico Integrado

- *Integrated Logistics Support Handbook* (JONES, 2006).

Para a elaboração dos estudos preliminares visando aos futuros navios da Classe Tamandaré, foram utilizadas ferramentas e métodos de estimativa para que fosse criada uma base, ainda que de forma exemplificativa, para utilização de dados reais em pesquisas futuras.

4 ESTUDO DE CASO - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA NAS FRAGATAS CLASSE TAMANDARÉ

4.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROCESSO DE ESTIMATIVA DE CUSTOS

Kardec *et al.* (2014, p. 264) afirma que os estudos relacionados ao CCV de um ativo podem ser realizados em qualquer uma das fases, de modo a dar o suporte necessário à tomada de decisão. Entretanto, “as mais comuns e melhores ocasiões para a realização dessa análise é na fase de aquisição dos ativos”, como é o caso dos navios da Classe Tamandaré, que ainda estão em fase de desenvolvimento.

Em função das considerações deste estudo, depreende-se que é necessário estabelecer um procedimento para garantir as informações que permitam a análise do CCV. Assim, a partir da abordagem defendida pelo MD (BRASIL, 2019b, p. 49-50) e das informações coletadas durante a realização desse estudo, a aplicação da metodologia para cálculo do CCV para as Fragatas Classe Tamandaré (FCT) seguiria os passos que serão apresentados de forma preliminar e não exaustiva para que, futuramente, o trabalho seja complementado e/ou efetivado. Em cada passo, foram também sugeridos os possíveis responsáveis e o período (fase do CV) para condução das referidas atividades.

4.1.1 Definição dos requisitos e indicadores de desempenho dos sistemas

O Quadro 4 apresenta as atividades, os responsáveis e a fase do CV para a definição de requisitos e elaboração de indicadores de desempenho dos sistemas.

Quadro 4 – Requisitos e indicadores de desempenho do sistema - 1º passo

Atividade / Sugestão de abordagem	Responsável (is)	Fase do CV
Criar os índices de desempenho técnico, incluindo-se: - Índices de eficácia dos requisitos dos sistemas e subsistemas para cada navio da Classe Tamandaré; - Índices de eficiência na utilização de recursos; e - Índices operacionais.	Organizações / gestores do (s) seguinte (s) processo (s): - Gestão do Modelo do CV das FCT; - Definição de Requisitos do Sistema; e - Gerenciamento do CCV.	Pela metodologia de GCV, esta atividade deverá preceder as seguintes e deve ocorrer na fase de Concepção do meio.

Fonte: O autor (2020).

A definição de indicadores-chave é considerada uma variável importante para a excelência operacional. Como exemplo, o *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*,

desenvolvido em 1960 por Seichi Nakagima, é um dos indicadores que podem medir o rendimento global da instalação ou equipamento (KARDEC *et al.*, 2014, p. 142).

De modo geral, para o cumprimento da missão dos navios de superfície da Marinha, é pressuposto que haja um elevado nível de disponibilidade dos sistemas. A disponibilidade é sustentada pela confiabilidade e pelos aspectos que permitem um rápido retorno do equipamento e pela suportabilidade, que significa que os recursos necessários estarão disponíveis em um determinado tempo e horário.

Segundo Kardec *et al.* (2014, p. 156), a Tabela 1 indica o nível de influência, em percentuais, das atividades em relação aos componentes que suportam a disponibilidade.

Tabela 1 – Fatores de influência na disponibilidade

	Disponibilidade		
	Confiabilidade	Manutenabilidade	Suportabilidade
Engenharia (projeto)	70%	70%	10%
Operação	20%	10%	20%
Manutenção	10%	20%	70%
	Garantir a operação nas condições de projeto, dentro das condições previamente definidas.	Simplificar e agilizar os serviços de manutenção	Garantir os recursos adequados, na hora certa, no local correto.

Fonte: Kardec *et al.* (2014, p. 156).

Conforme exposto na Tabela 1, evidencia-se que as atividades com maior fator de influência no resultado do sistema de interesse, que neste caso é a disponibilidade, são conduzidas nas fases iniciais do projeto, como é o caso da engenharia. Assim, a criação, a documentação, o planejamento e a manutenção de indicadores é um passo vital para a medição da efetividade do sistema desde o início do CV.

4.1.2 Especificação do CV do Sistema e identificação das atividades por fases

O Quadro 5 apresenta as atividades, os responsáveis e a fase do CV para a especificação do CV do sistema e identificação das atividades por fases.

Quadro 5 – Especificação do CV do sistema e identificação das atividades - 2º passo

Atividade / Sugestão de abordagem	Responsável (is)	Fase do CV
- Estabelecer a linha base (<i>baseline</i>) para o desenvolvimento da EAC; e - Planejar atividades com base na EAC.	Organizações / gestores do (s) seguinte (s) processo (s): - Aquisição; - Gestão do Modelo do CV das FCT;	Pela metodologia de GCV, esta atividade deverá preceder as seguintes e deve ocorrer na fase de Concepção do meio, porém, deverá ser feito um refinamento

	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de Requisitos do Sistema; - Gerenciamento do CCV; e - Gestão da Configuração. 	das informações em fases subsequentes.
--	---	--

Fonte: O autor (2020).

O propósito básico de estabelecer a linha base, além de desenvolver a EAC, é estabelecer um ambiente processual que possibilite o acompanhamento da evolução do sistema de modo que todos seus aspectos possam ser gerenciados.

Segundo o Manual de Boas Práticas de GCV do MD,

“[...] o desenvolvimento da EAC genérica parte do princípio de que um elemento de custo é sempre associado a um "recurso", usado por uma "atividade" e aplicado a um "produto"; a primeira etapa da análise é definir todos os recursos, atividades e produtos possíveis.” (BRASIL, 2019b, p. 55)

Com efeito, de acordo com NAVSEA (2005, p. 4-47) para a elaboração dessa atividade a equipe que irá estimar os custos deverá trabalhar com a equipe técnica do projeto e com outros técnicos que ajudaram a criar a EAC.

4.1.3 Identificar os requisitos dos dados de entrada

O Quadro 6 apresenta as atividades, responsáveis e fases do CV para identificar os requisitos dos dados de entrada.

Quadro 6 – Identificação dos requisitos dos dados de entrada - 3º passo

Atividade / Sugestão de abordagem	Responsável (is)	Fases do CV
Nesta etapa deverão ser identificados os requisitos dos dados de entrada para a EAC e as fontes de informação para cada custo. A natureza e a quantidade de informações que serão necessárias dependerão da complexidade do sistema que está sendo analisado e a abordagem adotada.	Organizações / gestores do seguinte processo: - Gerenciamento do CCV.	- Fase de Concepção; e - Fase de Desenvolvimento.

Fonte: O autor (2020).

Conforme foi abordado previamente, a administração da MB está apoiada em diversos sistemas corporativos que podem contribuir para a coleta de dados dos custos de GCV. No entanto, após a montagem da EAC, faz-se necessário identificar os requisitos de entradas e dados para coletá-los adequadamente.

Nesse contexto, a DFM estabeleceu uma nova codificação de contas no SIAFI dentro do processo de adequação à nova Sistemática de Custos do Governo Federal (BRASIL, 2020a, p. 5).

Apesar desta nova codificação facilitar a identificação do elemento de custo, ela será operacionalizada apenas no SIAFI. O Quadro 7 apresenta outras fontes para possíveis coleta de dados de GCV.

Quadro 7 – Fontes de coleta de dados de CCV na MB

ELEMENTO DE CUSTO	SUBELEMENTO	FONTE DE DADOS
CDPO = Custos diretos de pessoal em O&A	Pagamento de Pessoal	SISPAG
	Treinamento extra-MB	SIAFI
	Treinamento em Centro da MB	Sistema corporativo de apoio a ensino/treinamento
CCO = Custos de material de consumo de O&A	Material comum	SISTOQUE integrado ao SIAFI
	Gêneros alimentícios	QUAESTOR MUNICIAMENTO
	Apoio à saúde	SINGRA
	Combustíveis	SINGRA-CLG
	Lubrificantes e graxas	SISTOQUE
CEAO = Custos de equipamentos de apoio para O&A	Munição	SISBORDO
	Equipamentos de bordo	CADBEM
CIAO = Custos de instalações de apoio diretas de O&A	Equipamentos para base	SIAFI
	Facilidades portuárias	SIAFI
CMDO = Custos de manutenção direta de O&A	Consumo de facilidades de Bases da MB	Sistema corporativo de apoio à manutenção (SIGMan)
	MOD (mão de obra direta) das OMPS-I	
	Serviços de manutenção realizados por terceirizada	SIAFI
	Sobressalentes do estoque de bordo	SISBORDO integrado ao SIAFI
	Material fornecido pelas OMPS-I na execução de Pedido de Serviço (PS)	Sistema corporativo de apoio à manutenção (SIGMan)
CPO = Custos de transporte e armazenagem para O&A	Material fornecido por empresa terceirizada realizando manutenção	SIAFI
	Logística diferenciada e específica para um determinado item/equipamento	
	Manuais e atualizações	
CDTO = Custos de dados técnicos de O&A	Obras realizadas na Base para apoio ao novo navio	
CMO = Custos de modificações de O&A	MOI (mão de obra de apoio industrial) das OMPS-I	Sistema corporativo de apoio à manutenção (SIGMan)
CIPO = Custos indiretos de pessoal de O&A	TOMO (mão de obra administrativa) das OMPS-I	Sistema corporativo de apoio à manutenção (SIGMan)
CHIO = Custos indiretos de instalações de apoio para O&A	Despesas condominiais	

Fonte: Adaptado de Mendes (2019, p. 71-75).

4.1.4 Estabelecer custos para cada categoria na EAC

O Quadro 8 apresenta a atividade, responsável e fases do CV para estabelecer custos para cada categoria na EAC.

Quadro 8 – Estabelecimento de custos por categoria na EAC - 4º passo

Atividade / Sugestão de abordagem	Responsável	Fases do CV
Estabelecer a estimativa de custo para cada categoria de custos previamente estabelecida na EAC, devendo-se atentar para que todas as categorias tenham sido incluídas e que as estimativas possam ser úteis para a identificação dos custos ao longo dos anos do CV.	Organizações / gestores do seguinte processo: - Gerenciamento do CCV.	- Fase de Concepção; e - Fase de Desenvolvimento.

Fonte: O autor (2020).

Acredita-se que para o projeto das FCT, que encontra-se no início da fase de desenvolvimento, seja possível a aplicação dos três métodos a seguir:

a) Analogia:

A analogia depende da opinião de especialistas nos sistemas ou subsistemas para ajustar dados do sistema existente para aproximar o novo sistema. Se possível, os ajustes devem ser quantitativos e não qualitativos, evitando o máximo de julgamentos subjetivos.

A Tabela 2 demonstra, de forma empírica e com o propósito meramente exemplificativo, como seria a aplicação da analogia nos Navios da Classe Tamandaré, considerando que as Fragatas da Classe Niterói (FCN) podem ser as mais elegíveis para tal metodologia, em virtude da quantidade de dados que a MB dispõe e da eventual similaridade de alguns sistemas.

Tabela 2 – Exemplo do método de estimativa de custos de analogia

Parâmetro	Sistema existente Fragatas Classe Niterói (FCN)	Novo sistema Fragatas Classe Tamandaré (FCT)
Motor (4 em cada)	MTU 16V956 TB91	MAN V28/33D STC
Potência (nominal máxima contínua)	4000 CV a 1515 RPM (CALDEIRA, 2019, p. 31)	5460 kw (equivalente a 7425 CV) a 1000 RPM 1 kw equivale a aproximadamente 1,36 CV (MAN DIESEL & TURBO, p. 4)
Custo anual por unidade	R\$ 300.000,00 (custo exemplificativo, não corresponde necessariamente à realidade)	$X = (7425/4000) \times 300 \text{ mil}$

Fonte: O autor (2020).

A equação na Tabela 2 foi adaptada de GAO (UNITED STATES OF AMERICA, 2009, p. 111) e assume implicitamente uma relação linear entre o custo do motor e a potência. No entanto, deve haver uma razão científica ou de engenharia convincente para

que o custo de um motor seja diretamente proporcional ao seu impulso. Sem mais dados (ou um especialista em custos de motores), é difícil saber quais parâmetros são os verdadeiros fatores do custo. Portanto, ao usar o método de analogia, é importante que o estimador pesquise e discuta com os especialistas do programa a razoabilidade dessas relações ou aprofunde o estudo usando outros métodos.

Sobre a efetividade da análise, Gavião afirma que:

“[...] os métodos analógicos são pouco precisos, tanto pelo aspecto de considerar dados de outros meios, quanto pela imprevisibilidade das condições em que o novo meio operará ao longo de sua vida útil. Entretanto, um valor aproximado é melhor do que a ausência de uma estimativa para o planejamento orçamentário. Ao menos é possível elaborar cenários otimistas e pessimistas com a estimativa, de forma a avaliar a capacidade de sustentabilidade econômica da Força nos exercícios subsequentes.” (GAVIÃO *et al.*, 2019, p. 749)

b) Método paramétrico

Para estimar os custos médios anuais totais de O&A dos navios de superfície (não nucleares) da Marinha dos EUA, Brandt (1999, p. 59) utilizou o método paramétrico com base em três parâmetros físicos de um navio: deslocamento leve, comprimento total e mão de obra do navio.

Esse modelo de COA para navios de nível superior é uma ferramenta paramétrica de estimativa de custos elaborada com base no histórico e na base de dados para os navios de superfície da Marinha dos EUA. O modelo consiste em três equações univariadas de relação de estimativa de custo.

A primeira equação prevê o custo total anual médio de O&A com base no deslocamento da luz do navio (em toneladas). Também são estabelecidos os limites inferior (Li) e superior (Ls) para os custos de operação e de apoio médios anuais:

$$COA_D = 111.302 \times (\text{Deslocamento})^{0,618}, \text{ Li} = -31,68\% \text{ e } \text{Ls} = +46,37\%$$

(BRANDT, 1999, p. 163)

A segunda equação prevê o custo total anual médio de O&A com base no comprimento do navio (em pés):

$$COA_C = 1.223 \times (\text{Comprimento})^{1,6}, \text{ Li} = -27,53\% \text{ e } \text{Ls} = +37,99\%$$

(BRANDT, 1999, p. 163)

A terceira equação prevê o custo médio anual total de O&A com base na mão de obra do navio, conforme segue:

$$COA_T = 285,215 \times (\text{Tripulação})^{0,75}, \text{ Li} = -24,35\% \text{ e } \text{Ls} = +32,18\% \text{ (BRANDT, 1999, p. 163)}$$

A metodologia de Brandt (1999, p. 111-114) utilizou um banco de dados de custos históricos de diversos tipos de navio, que inclui navios auxiliares, cruzadores, destróieres, fragatas, navios de assalto anfíbio, varredores de minas e embarcações de patrulha.

A estimativa anual média calculada da base de custo total de O&A pode ser dividida em quatro principais elementos de custo:

- i. Custo unitário direto (pessoal e material)
- ii. Custo de manutenção intermediária direta (material e mão de obra gastos em reparos)
- iii. Custo direto de base (manutenção no nível de base realizada por estaleiros públicos ou privados - inclui modernização da frota)
- iv. custo indireto de O&A (serviços que não são de investimento e itens essenciais para as operações diárias).

Em relação aos parâmetros aplicados nas equações, o deslocamento previsto para as FCT é de 3.455 toneladas e seu comprimento é de 351,7 pés, conforme Figura 7. O efetivo previsto (tripulação) dos navios da Classe Tamandaré é de 136 tripulantes (DEFESANET, 2020, n.p.).

Figura 7 – Características da FCT



Fonte: Defesonet (2020, n.p.).

A Figura 8 apresenta os gráficos das funções de probabilidade para os COA (milhões de dólares por ano), obtidas para cada parâmetro: deslocamento, comprimento e tripulação das FCT.

Figura 8 – Estimativa de COA por parâmetros selecionados



Fonte: Adaptado de Gavião *et al.* (2019, p. 751).

As equações produziram valores médios anuais e limites superiores e inferiores, conforme a Tabela 3:

Tabela 3 – Resultado da aplicação do método paramétrico para as FCT (Valores em milhões de US\$ por ano)

	CUSTO ANUAL ESPERADO	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
DESLOCAMENTO	17.110.545,85	11.689.924,92	25.044.705,95
COMPRIMENTO	14.497.804,74	10.506.559,10	20.005.520,76
TRIPULAÇÃO	11.358.645,44	8.592.815,28	15.013.857,55

Fonte: O autor (2020).

Cabe mencionar que este método paramétrico foi aplicado por Gavião *et al.* (2019, p. 751), associando-se com dados reais obtidos em fontes abertas na Marinha do Reino Unido e, a partir destes dados, foi possível aplicar a inferência Bayesiana e obter a informação a posteriori, para estimar os COA do PHM Atlântico. Esta metodologia também poderá ser aplicada nas Fragatas Classe Tamandaré devendo-se considerar os seguintes fatores relevantes: taxa de câmbio, inflação, diferenças nas remunerações das FFAA comparadas, entre outros fatores.

c) Engenharia

O método de engenharia, abordado anteriormente, é normalmente utilizado durante a produção de um programa. A premissa é que os dados de engenharia podem ser usados para estimar fases do CV. No entanto, em razão desta pesquisa ter se limitado aos dados abertos, a aplicação desse método será meramente hipotética, porém exemplificativa. Assim, a Tabela 4 é um exemplo de aplicação do método e é utilizada quando os analistas possuem informações suficientes para assim fazê-lo, neste caso é de uma revisão de 10.000 horas de funcionamento de um motor, recomendada pelo fabricante:

Tabela 4 – Exemplo de aplicação do método de engenharia

Descrição	Quantidade necessária	Unidade	Valor unitário	Valor total (R\$)
Mão de obra	2000	HH	R\$ 104,00	208.000,00
Sobressalentes (de acordo com o manual técnico)	Conjunto de Sobressalentes	CJ	R\$ 120.000,00	120.000,00
Transporte e logística	1	SV	R\$ 8.500,00	8.500,00
BDI (Bonificação e Despesas Indiretas)	N/A	N/A	20% do valor total	67.300,00
Total				403.800,00

Fonte: O autor (2020).

Seguindo a delimitação desse trabalho, a Tabela 5 apresenta, de forma exemplificativa, variáveis que podem ser consideradas quando o estimador estiver elaborando as análises de engenharia, uma vez que se deve considerar o maior número possível de variáveis, a fim de tornar a estimativa mais robusta e confiável.

Tabela 5 – Exemplo de variáveis para aplicação da análise por engenharia

Componente	MTBF	Taxa de Falhas (l)	Tempo de reparo (Dias)	Custo unitário	Falhas por ano
Componente 1	250	0,004000	40	\$ 10.000	1,92
Componente 2	400	0,002500	40	\$ 25.000	1,2
Sistema 1	1000	0,001000	40	\$ 400.000	0,48
Armamento 1	500	0,002000	40	\$ 400.000	0,96
Armamento 2	800	0,001250	40	\$ 2.000.000	0,6

Fonte: O autor (2020).

Por fim, cabe ressaltar que para qualquer sistema, as estimativas de custos futuros de O&A estão sujeitas a diferentes graus de incerteza. Estas não se devem apenas às

imprecisões dos métodos de estimativa de custos, mas também às dificuldades na definição do programa ou no desempenho técnico do sistema. Embora essas incertezas não possam ser eliminadas, devem ser abordadas no cálculo de custos. Para cada grande preocupação, é útil quantificar seu grau de desvio e seu efeito na estimativa de custos.

Normalmente, para as principais preocupações do programa ou áreas de risco, o analista identifica os elementos e fatores relevantes e, em seguida, examina como os custos variam com as alterações de certas variáveis, como por exemplo, uma análise de sensibilidade pode examinar como o pessoal de manutenção varia com diferentes suposições sobre os valores de confiabilidade e capacidade de manutenção do sistema, ou como o consumo de combustível do sistema aumenta com o aumento de peso do sistema. Em boas análises de sensibilidade, os valores dos fatores de custo não são alterados por porcentagens arbitrárias, mas por uma avaliação cuidadosa das incertezas subjacentes (UNITED STATES OF AMERICA, 2009, p. 119).

4.2 REFINAMENTO DO MÉTODO DE CCV

Após os passos iniciais que culminam no estabelecimento dos custos para cada categoria na EAC, torna-se vital manter uma estrutura permanente responsável pelo processo de gerenciamento de CCV para conduzir as atividades baseadas no Manual de Boas Práticas do Ministério da Defesa (BRASIL, 2019b, p. 49-50). Este processo deve prosseguir para outras atividades que irão tornar a estimativa mais confiável para que possam, enfim, contribuir para o processo decisório. Dentre as atividades, pode-se citar:

- a) a escolha ou desenvolvimento de um modelo (podendo ser com apoio computacional) para facilitar o processo de medição e acompanhamento dos custos ao longo do CV;
- b) o desenvolvimento da representação do fluxo dos custos para cada categoria na EAC e cálculo do percentual de contribuição em termos totais;
- c) identificação dos elementos da EAC que tem maior impacto no custo e estabelecimento de uma relação de causa-efeito a partir de uma análise técnica e qualitativa das funções, sistemas, segmentos ou processos, possibilitando uma reavaliação do projeto visando à otimização do custo;
- d) a realização de uma análise de sensibilidade. Para tal, sugere-se avaliar o modelo adotado da relação das informações com os resultados obtidos na análise da linha de base para garantir que o processo de análise do CCV seja

válido e que o modelo seja útil ao longo do projeto. Na metodologia de Análise para Apoio à Decisão, o estudo da Análise de Sensibilidade é de suma importância para a análise de novos cenários. Uma vez obtida a solução ótima, variam-se alguns parâmetros para analisar o comportamento do modelo de custos.

- e) a identificação das prioridades para buscar uma solução para os problemas (análise de riscos). Para tal, sugere-se utilizar técnicas para solução de problemas, como por exemplo, um diagrama de Pareto, Ishikawa e árvore de falhas, que pela sua análise possam identificar os problemas mais críticos ou importantes; e
- f) a identificação das alternativas exequíveis para a avaliação do projeto e avaliação das alternativas para escolha da melhor opção (Análise de investimento). Para tal, sugere-se desenvolver um perfil de custos para as alternativas identificadas, realizar uma comparação entre alternativas equivalentes que atendam aos requisitos do projeto e definir a melhor opção para o projeto.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÃO DE NOVAS PESQUISAS

Após o estudo, ficou evidente que há uma preocupação por parte de todas as Forças Armadas com as questões que influenciam os CCV dos meios. Neste contexto, não está excluída a Marinha do Brasil que está empreendendo esforços no desenvolvimento de estudos, ferramentas de Tecnologia da Informação (TI), técnicas, procedimentos, normas e orientações, especialmente aquelas que podem prover informações que levem à escolha de soluções técnicas mais adequadas aos objetivos de desempenho, qualidade e custo estabelecidos.

Durante a análise das metodologias apresentadas e da aplicação das ferramentas para estimativa dos custos, foi identificada a aplicabilidade e conveniência da adoção dessa sistemática na MB.

Além disso, durante o estudo de aplicação preliminar para as FCT, ficou evidente a importância da coleta de dados e a necessidade de formar um banco com o maior número de informações do CV de um meio operativo, principalmente às informações das fases pós-investimento inicial.

Ainda assim, após a coleta, os dados devem ser cuidadosamente examinados antes de serem simplesmente usados em uma estimativa de custos. Isso deve ser feito para que discrepâncias nos dados possam ser identificadas, investigadas e excluídas de estimativas, conforme necessário.

De todo exposto, pode-se afirmar que algumas imprecisões na estimativa estão inerentemente relacionadas à falta de informações disponíveis, enquanto outras estão relacionadas à falta de robustez nos processos de estimativa de custos. Assim, é necessário empreender esforços e estudos para contrapor essas duas vertentes.

Um dos estudos sugeridos é o aperfeiçoamento das ferramentas estatísticas mais aderentes às estimativas de cada um dos elementos de custo em ambiente com escassez de dados.

Por outro lado, é importante notar que os custos não são um fim em si. É necessário também coletar o máximo de dados de desempenho técnico do sistema de defesa em estudo. Afinal de contas, o objetivo precípua da GCV é otimizar a relação entre o custo e a efetividade dos ativos.

Aplicar as boas práticas de GCV e CCV torna-se extremamente oportuno no momento que a MB encontra-se iniciando o contrato do projeto das Fragatas da Classe Tamandaré que, além de considerar os aspectos de CV como critério na “Análise

Multicritério de Apoio à Decisão” e na “Análise de Risco”, tem o propósito de conferir um meio de alta densidade tecnológica ao Poder Naval e, ao mesmo tempo, ser eficiente nos gastos.

Além da FCT, outros programas permitem uma plena aplicação dos conceitos de ciclo de vida, o que permitiria que a Força Naval se aperfeiçoe nestes estudos, estimulando os segmentos associados à ciência, tecnologia e inovação, e fomentando a indústria naval brasileira. Entre eles, destacam-se: Programa Nuclear da Marinha (PNM); Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB); Construção do Núcleo do Poder Naval, onde constam a construção de navios patrulha; Programa de Capacidade Operacional Plena; e Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul.

A continuidade dos programas estratégicos representa um ambiente oportuno para capturar e/ou ter ciência das melhores práticas relacionadas às expertises necessárias para uma gestão eficiente e eficaz do CV de sistemas de defesa. Neste diapasão, o Comandante da Marinha asseverou:

“[...] resgato do arcabouço histórico as palavras de Rui Barbosa quando dizia: “Esquadras não se improvisam”. Estejamos, pois, sempre prontos para defender os interesses nacionais, mantendo e operando meios modernos compatíveis com dimensão das nossas riquezas, contribuindo para que o Brasil ocupe o lugar de destaque, para o qual está predestinado, no concerto das nações.” (BARBOSA JUNIOR, 2020, n.p.)

Como proposta de investigação futura, poderia revelar-se útil analisar a aplicabilidade da implantação de estruturas organizacionais permanentes dentro das Forças Armadas para efetivamente aplicar o CCV e as metodologias de análise de custos dos sistemas, tal como as organizações da Marinha, da Força Aérea e do Exército dos EUA, quais sejam: Centro Naval de Análise de Custos, Agência de Análise de Custos da Força Aérea e Centro de Análise Econômica e de Custos, respectivamente.

Outro ponto é o estudo e implementação de uma solução por meio de sistema de informação gerencial para o processo de apoio logístico, que seja capaz de contribuir, em todos os níveis organizacionais, para otimizar a relação custo-efetividade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 55000**: gestão de ativos – visão geral, princípios e terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BARBOSA JUNIOR, Ilques. **Programa Fragatas Classe Tamandaré**. Rio de Janeiro: 5 mar. 2020. Discurso proferido pelo Comandante da Marinha quando da assinatura do Contrato – Programa Fragatas Classe Tamandaré. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/cct/noticia/36006/Programa-Fragatas-Classe-Tamandare---Discurso-Alm-Esq-Ilques-Barbosa/>. Acesso em: 12 mar. 2020.

BLANCHARD, B. S. **Logistics Engineering and Management**. 6th ed. Harlow: Pearson, 2004.

BLANCHARD, B. S.; BLYLER, J. E. **System Engineering Management**. 5th ed. New Jersey: Wiley, 2016.

BOITO, Michael; CONLEY, Tim; FLEMING, Joslym; RAMOS, Alissa; ANANIA, Katherine. **Expanding operating and support cost analysis for major programs during the DoD acquisition process**: legal requirements, current practices, and recommendations. Santa Monica: RAND Corp., 2018.

BRANDT, J.M. **A parametric cost model for estimating operating and support costs of US Navy (non-nuclear) surface ships**. Naval Post-Graduate School, 1999.

BRASIL. Comando da Marinha. **Programa Classe Tamandaré**. Brasília, DF: MB, [2020]. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/programa-classe-tamandare>. Acesso em: 12 mar. 2020b.

BRASIL. Comando da Marinha. Comando de Operações Navais. **Plano de Direção Setorial de Operações 2018-2021**. Rio de Janeiro: ComOpNav, 2018.

BRASIL. Comando da Marinha. Diretoria de Finanças da Marinha. **Circular nº 24/2020**: Sistema de Custos da Marinha. Rio de Janeiro: DFM, 2020a.

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

BRASIL. Comando da Marinha. Diretoria-Geral do Material da Marinha. **MATERIALMARINST 33-01**: Apoio Logístico Integrado (ALI). Rio de Janeiro: DGMM, 2010.

BRASIL. Comando da Marinha. Secretaria-Geral da Marinha. **SGM-107**: Normas Gerais de Administração. 7.rev. Brasília, DF: SGM, 2019a.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Manual de boas práticas para a gestão do ciclo de vida de sistemas de defesa - MD40-M-01**. 1.ed. Brasília, DF: MD, 2019b. Aprovada em 10 jan. 2020 pela Instrução Normativa nº 1/EMCFA-MD, de 2020.

CALDEIRA, Bernardo de Lima Ordacgi. **Desenvolvimento de um Modelo, Baseado em Dados, para Predição do Desempenho de um Motor Diesel**. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2019.

DEFENSE ACQUISITION UNIVERSITY. **DoD Life Cycle Management (LCM) & Product Support Manager (PSM) rapid deployment trainin**. Fort Belvoir, VA: DAU, 2010. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a530887.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.

DEFESANET. **Fragatas Tamandaré Contrato De R\$ 9,1 Bi**. DEFESANET, Coberturas Especiais, mar. 2020. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/cct/noticia/35979/CCT---Fragatas-Tamandare-Contrato-de-R%24-9-1-Bi/>. Acesso em: 15 mar. 2020.

GAVIÃO, Luiz Octávio; SILVA, Marcio Magno de Farias Franco e; MACHADO, Emilia; PETINE, Mariana. Custos de operação e apoio e novos meios navais: estimativas do PHM Atlântico com base em fontes abertas. **Journal of the Brazilian Naval War College**, [Rio de Janeiro], v. 24, n. 3, feb. 2019. ISSN e-2359-3075. Disponível em: <https://revista.egn.mar.mil.br/index.php/revistadaegn/article/view/768>. Acesso em: 10 fev. 2020.

JONES, James V. **Integrated Logistics Support Handbook**. 3th ed. New York: McGraw-Hill, 2006.

KARDEC, A.; ESMERALDO, João; LAFRAIA, Ricardo; NASCIF, Julio. **Gestão de Ativos**. 1.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014.

MAN DIESEL & TURBO. **MAN V28/33D STC: For Naval Vessels**. Augsburg. Disponível em: <https://marine.mandieselturbo.com/docs/default-source/shopwaredocuments/man-v28-33d-stc899f9b38fbf64010bd9ff19ae7ebd32b.pdf?sfvrsn=3>. Acesso em: 10 mar. 2020.

MENDES, Ricardo Luiz Veloso. **Detalhamento da Coleta de Dados de Custos de Operação e Apoio dos Navios da Marinha**. Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia apresentada ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia (CAEPE). Rio de Janeiro: ESG, 2019.

MISLICK, G. K.; NUSSBAUM, D. A. **Cost estimation: methods and tools**. New Jersey: Wiley, 2015.

NAVSEA. **Cost Estimating Handbook**. Washington, D.C.: 2005. Disponível em: https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/05C/2005_NAVSEA_CEH_Final.pdf. Acesso em: 25 fev. 2020.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. **ALCCP-1: NATO guidance on life cycle costs**. 1th ed. Genebra: NATO, 2008.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. **Code of practice for life cycle costing = code de bonne conduite pour une évaluation du coût globalde pos-session: RTO publication of Task Group SAS-069**. Neuilly-sur-Seine: Research and Technology Organization, 2009.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. **Cost structure and life cycle costs (LCC) for military systems = Structures de coûts et coût globaux de possession pour systèmes militaires**: meeting proceedings MP-096. Neuilly-sur-Seine: Research and Technology Organization, 2003.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. **Independent cost estimating and the role of life cycle cost analysis in managing the defense enterprise**. Technical Report NATO RTO-TR-SAS-076 Task Group. Neuilly-sur-Seine: NATO Research & Technology Organization, 2012.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. **Methods and models for life cycle costing = Méthodes et modèles d'évaluation du coût de possession**: final report of Task Group SAS-054. Neuilly-sur-Seine: NATO Research and Technology Organization, 2007.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **MIL-STD-881D**: Work Breakdown Structures For Defense Materiel Items. Washington, D.C.: Office of the Secretary of Defense, 2018.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **Operating and support cost-estimating guide**. Washington, D.C.: Office of the Secretary of Defense, 2014.

UNITED STATES OF AMERICA. Government Accountability Office. **GAO cost estimating and assessment guide**. Washington D.C.: Government Accountability Office, 2009. Disponível em: <http://www.gao.gov/new.items/d093sp.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.