

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC (IM) LUCIANO SANTI

OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA:

**Aplicação de *Softwares* de Custos de Ciclo de Vida no Programa de
Desenvolvimento de Submarinos**

Rio de Janeiro

2024

CC (IM) LUCIANO SANTI

OTIMIZAÇÃO LOGÍSTICA:

**Aplicação de *Softwares* de Custos de Ciclo de Vida no Programa de
Desenvolvimento de Submarinos**

Monografia apresentada à Escola de
Guerra Naval, como requisito parcial
para a conclusão do Curso Superior.

Orientadora: CC (RM3-T) Ketia Kellen
Araújo da Silva

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2024

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

Declaro que este trabalho acadêmico: a) corresponde ao resultado de investigação por mim desenvolvida, enquanto discente da Escola de Guerra Naval (EGN); b) é um trabalho original, ou seja, que não foi por mim anteriormente utilizado para fins acadêmicos ou quaisquer outros; c) é inédito, isto é, não foi ainda objeto de publicação; e d) é de minha integral e exclusiva autoria.

Declaro também que tenho ciência de que a utilização de ideias ou palavras de autoria de outrem, sem a devida identificação da fonte, e o uso de recursos de inteligência artificial no processo de escrita constituem grave falta ética, moral, legal e disciplinar. Ademais, assumo o compromisso de que este trabalho possa, a qualquer tempo, ser analisado para verificação de sua originalidade e ineditismo, por meio de ferramentas de detecção de similaridades ou por profissionais qualificados.

Os direitos morais e patrimoniais deste trabalho acadêmico, nos termos da Lei 9.610/1998, pertencem ao seu Autor, sendo vedado o uso comercial sem prévia autorização. É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos e ideias expressas neste trabalho acadêmico são de responsabilidade do Autor e não retratam qualquer orientação institucional da EGN ou da Marinha do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que, mesmo indiretamente, participaram do processo de desenvolvimento e conclusão desta monografia. A paciência, tolerância e sugestões foram essenciais nos momentos de concentração e escrita.

À minha esposa, que apesar de suas atribuições laborativas, proporciona um lar acolhedor e que diariamente se oferece como meu porto seguro. Agradeço por, neste momento, estar gerando o dom da vida e conceber, em breve, nossa maior felicidade como casal. Filha, você está sendo por muito esperada e será imensamente bem-vinda em nossa família!

Aos meus pais que, com muito sacrifício, permitiram minha educação e possibilitaram a composição de um futuro próspero. Nada seria possível sem vocês.

Aos meus chefes e companheiros de trabalho, que por vezes me liberaram de algumas atribuições para que me dedicasse, com maior afinco, na condução do curso e desta monografia. Obrigado pela compreensão.

À instrutora da disciplina e à orientadora que, como faróis, sinalizaram o rumo certo para a manutenção de minha singradura. O tempo e disponibilidade que depreenderam não foram em vão.

Por fim, aos amigos de turma, que compartilharam as angústias e contribuíram, com suas experiências, para a confecção de nossos trabalhos. Iremos concluir o curso juntos.

“Esquadras não se improvisam, e as nações que confiam mais em seus diplomatas do que nos seus marinheiros e soldados estão fadadas ao insucesso. Temos excelentes diplomatas, mas uma esquadra moderna leva mais de dez anos para ser projetada e construída, quando se tem os recursos materiais, financeiros e a tecnologia necessária.”

Ruy Barbosa, em “Cartas de Inglaterra”, correspondência remetida ao Jornal do Commercio, do Rio de Janeiro, no fim do século XIX.

RESUMO

Esta monografia tem o objetivo de descrever e analisar a aplicação da metodologia de Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa, desenvolvida pelo *Life Cycle Management Group* da Organização do Tratado do Atlântico Norte e aderida pelo Brasil, com foco na utilização de *softwares* de Custos de Ciclo de Vida, e seu impacto no Programa de Desenvolvimento de Submarinos da Marinha do Brasil. O estudo parte da premissa de que a consolidação dessa metodologia, associada à utilização de tais *softwares*, pode otimizar a gestão logística e oferecer maior disponibilidade dos meios operativos a menores custos. Portanto, a questão deste estudo é de identificar como a metodologia da Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa, adotada no Brasil, é aplicada por meio do uso de *softwares* de Custos de Ciclo de Vida, em um Sistema de Defesa. A experiência da Força Aérea Brasileira com o KC-390 Millennium é analisada como um caso de sucesso na aplicação desses conceitos, demonstrando a viabilidade e os benefícios sobre a utilização da metodologia e de ferramentas tecnológicas para o gerenciamento do ciclo de vida da aeronave. Sua adaptabilidade, alta disponibilidade operativa e baixo custo logístico gerou, inclusive, diversas oportunidades para sua exportação, fomentando a Base Industrial de Defesa. A Prova de Conceito realizada no Submarino Riachuelo demonstra que a aplicação da metodologia, combinada ao uso de tais *softwares*, torna-se uma alternativa para o incremento da eficiência logística, do Sistema de Abastecimento da Marinha, por meio da otimização de estoques de sobressalentes e de simulação de cenários de operação. Os resultados são traduzidos na possibilidade de significativa economia de custos, de maior prontidão operacional dos Sistemas de Defesa, dentre eles, o submarino, e como uma oportunidade de contribuir para o processo de tomada de decisão na nova sistemática do Programa Geral de Manutenção, conduzido pelo Estado Maior da Armada. Por fim, aponta-se que a implementação da metodologia apresenta externalidades positivas no desenvolvimento tecnológico e na competitividade da indústria nacional, contribuindo no fortalecimento da Base Industrial de Defesa. Para estudos futuros, recomenda-se a análise da aplicação e viabilidade desses preceitos em outros Sistemas de Defesa.

Palavras-chave: Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa. Custos de Ciclo de Vida. *Softwares*. Submarinos. Logística. Sobressalentes.

ABSTRACT

LOGISTICS OPTIMIZATION:

Application of Life Cycle Cost Software in the Submarine Development Program

This monograph describes and analyzes the application of the Life Cycle Management methodology, developed by the Life Cycle Management Group of the North Atlantic Treaty Organization and adopted by Brazil, with a focus on the use of Life Cycle Costing software and its impact on the Brazilian Navy's Submarine Development Program. The study is based on the proposal that the consolidation of this methodology, associated with the use of such software, can optimize logistics management and offer greater operational availability of operational resources at lower costs. Therefore, the objective of this study is to identify how the Life Cycle Management methodology, adopted in Brazil, is applied through the use of Life Cycle Costing software in a Defense System. The experience of the Brazilian Air Force with the KC-390 Millennium is proven to be a successful case in the application of these concepts, demonstrating the predictions and benefits of using methodology and technological tools for managing the aircraft's life cycle. Its adaptability, high operational availability and low logistics cost have even generated several opportunities for its export, fostering the Defense Industrial Base. The Proof of Concept carried out on the Riachuelo Submarine demonstrates that the application of the methodology combined with the use of such software becomes an alternative for increasing the logistical efficiency of the Navy's Supply System by optimizing spare parts stocks and simulating operating scenarios. The results translate into the possibility of significant cost savings, greater operational readiness of Defense Systems, including the submarine, and as an opportunity to contribute to the decision-making process in the new systematic of the General Maintenance Program, continued by the Navy General Staff. Finally, it is pointed out that the implementation of the methodology presents positive externalities in the technological development and competitiveness of the national industry for the strengthening of the Defense Industrial Base. For future studies, it is recommended to analyze the application and solutions of these precepts in other Defense Systems.

Keywords: Life Cycle Management, Life Cycle Costs, Software, Submarines, Logistics, Spare Parts.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALI	Apoio Logístico Integrado
BID	Base Industrial de Defesa
CCV	Custos de Ciclo de Vida
CoGeMan	Comissão de Gestão de Manutenção
CTGeMan	Comitê Técnico de Gestão de Manutenção
CV	Ciclo de Vida
DAbM	Diretoria de Abastecimento da Marinha
EMA	Estado-Maior da Armada
END	Estratégia Nacional de Defesa
FAB	Força Aérea Brasileira
FS	Força Singular
GCV	Gestão de Ciclo de Vida
GCVSD	Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa
LDS	<i>Logistics Data Set</i>
MB	Marinha do Brasil
MD	Ministério da Defesa
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
POC	<i>Proof of Concept</i>
PROGEM	Programa Geral de Manutenção
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
RBS	<i>Readiness-Based Sparing</i>
SAbM	Sistema de Abastecimento da Marinha
SD	Sistemas de Defesa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 A GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE SISTEMAS DE DEFESA.....	12
2.1 A METODOLOGIA DA ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE	15
2.2 CUSTOS DE CICLO DE VIDA.....	17
3 SOFTWARES DE CUSTOS DE CICLO DE VIDA	20
3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ESTIMATIVA PARAMÉTRICA	22
3.2 FUNCIONALIDADES DOS SOFTWARES DE CUSTOS DE CICLO DE VIDA	23
3.3 GESTÃO DE ESTOQUE DE SOBRESSALENTES POR SOFTWARES.....	24
4 KC-390 MILLENNIUM – A EXPERIÊNCIA DA FORÇA AÉREA BRASILEIRA.....	28
4.1 VANTAGENS DE SOFTWARES DE CUSTOS DE CICLO DE VIDA.....	29
4.2 SUCESSO DO PROJETO E EXPORTAÇÕES	29
5 O PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS	31
5.1 PROVA DE CONCEITO	31
5.2 NOVA SISTEMÁTICA DO PROGRAMA GERAL DE MANUTENÇÃO	36
6 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS.....	40
APÊNDICE A - Fases da Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa.....	43

1 INTRODUÇÃO

A Gestão de Ciclo de Vida (GCV) é uma prática que envolve o gerenciamento de projetos, reconhecida e aplicada em diversos setores industriais, sendo especialmente destacada no ambiente do setor de Defesa. No cenário militar, a segurança e a garantia da maximização da disponibilidade operacional são cruciais para o cumprimento das missões em que o Sistema de Defesa (SD) é empregado. Nesse contexto, a aplicação de ferramentas tecnológicas, como *softwares* de Custos de Ciclo de Vida (CCV), apresenta-se como uma alternativa promissora para resolver os desafios logísticos e orçamentários associados ao desenvolvimento, manutenção e operação dos meios operativos.

A motivação para a realização deste estudo advém da crescente necessidade de aprimorar a eficiência logística do Sistema de Abastecimento da Marinha (SAbM), sendo o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), da Marinha do Brasil (MB), uma oportunidade viável e adequada para a promoção dessa iniciativa. A adoção da metodologia da Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (GCVSD) desenvolvida pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), bem como o atendimento de seus requisitos e procedimentos, possibilitam a utilização da funcionalidade de estimativas, modelagem e simulação dos *softwares* de CCV, tornando-se uma estratégia valiosa na otimização de recursos e na maximização da disponibilidade operacional, justificando, assim, a escolha do objeto desta pesquisa.

Portanto, a questão de pesquisa pode ser identificada em: como a metodologia da GCVSD, adotada no Brasil, é aplicada por meio de *softwares* de CCV, no CV do SD. De forma a responder à pergunta, neste trabalho prevê-se, como objetivo geral, descrever e analisar a aplicação da metodologia de GCVSD, desenvolvida pelo *Life Cycle Management Group* da OTAN e aderida pelo Brasil, com foco na utilização de *softwares* de CCV e seu impacto no PROSUB. Para isso, serão observados os seguintes objetivos específicos: a) descrever a metodologia de GCVSD da OTAN e aderida pelo Brasil; b) identificar como a utilização de *softwares* de CCV pode contribuir na redução de custos logísticos e no aumento de disponibilidade de um SD; e c) como a metodologia pode contribuir com o processo decisório no CV de um SD.

Para atingir os objetivos propostos, a metodologia empregada neste trabalho envolve uma revisão da literatura sobre a GCVSD e a análise de casos e estudos sobre aplicação de modelagem e simulação de cenários, por meio de *softwares* de

CCV, com ênfase na experiência do KC-390 Millennium e na possibilidade de seu emprego no apoio logístico do PROSUB, nas fases de operação e apoio. A pesquisa se desenvolverá por meio de uma abordagem qualitativa e quantitativa, baseada na análise de relatórios técnicos e normativos. Entre os documentos, inclui-se uma Prova de Conceito (POC)¹ para a utilização de *software* de CCV na otimização logística do submarino Riachuelo e manuais de GCVSD da OTAN e do Ministério da Defesa (MD).

A hipótese subjacente a este estudo é que a implementação desses *softwares*, associados a uma metodologia de GCVSD bem estruturada, pode aprimorar a eficiência logística e operacional a menores custos, proporcionando externalidades positivas, como o fomento da Base Industrial de Defesa (BID) e o desenvolvimento tecnológico do país. Sua relevância consiste na possibilidade de fornecer subsídios teóricos e práticos para a aplicação da metodologia adaptada à realidade brasileira, com foco na otimização do abastecimento e na sustentabilidade orçamentária dos projetos de defesa. A consolidação dessas práticas pode representar um avanço significativo na gestão de grandes projetos estratégicos, contribuindo para a segurança nacional e no fortalecimento da BID.

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No primeiro apresenta-se a introdução ao tema, contextualizando o problema de pesquisa, sua relevância e os objetivos do estudo. No segundo capítulo, será abordada a GCVSD, com foco no modelo da OTAN e sua adaptação à conjuntura brasileira. No capítulo seguinte discutir-se-ão os *softwares* de CCV, suas vantagens e desafios, e como eles podem ser aplicados na otimização logística de um SD. No quarto, será apresentada a experiência da Força Aérea Brasileira (FAB) com o KC-390 Millennium, destacando os resultados obtidos de utilização das ferramentas. No quinto capítulo, detalha-se o PROSUB e os resultados da POC para utilização de *software* de CCV, bem como uma proposta para sua aplicação na nova sistemática do Programa Geral de Manutenção (PROGEM). Por fim, no sexto capítulo apresentam-se as conclusões e as recomendações para futuras pesquisas no campo da gestão logística de SD.

Com essa estrutura, espera-se que o estudo contribua na discussão sobre a importância da GCVSD e o suporte tecnológico de *softwares* no apoio das atividades de gerenciamento, oferecendo alternativas e soluções para a implementação de práticas mais eficazes e sustentáveis na MB.

¹ Oriundo da língua inglesa, *Proof of Concept* (POC)

2 A GESTÃO DE CICLO DE VIDA DE SISTEMAS DE DEFESA

Neste capítulo serão abordados, em um aspecto geral, os preceitos da metodologia de GCVSD e a relevância de sua implementação nas Forças Armadas brasileiras. Seu elemento básico é o SD, que é definido como a soma de subsistemas, componentes principais, componentes conjuntos e partes que atendem a um propósito específico e definido, distinguindo-se de outros sistemas (OTAN, 2015). É delineado, dessa maneira, como um conjunto integrado de componentes, subsistemas e equipamentos que são desenvolvidos, produzidos, operados e mantidos com o objetivo de atender às necessidades de defesa de um país. São projetados para proporcionar Capacidades Militares² específicas que garantam a segurança e a soberania nacional (Brasil, 2019). Os SD incluem, mas não se limitam, a veículos militares, aeronaves, navios, sistemas de armas e sensores.

Decorrente do progresso tecnológico observado desde os últimos grandes conflitos mundiais, constata-se que a complexidade dos SD contemporâneos foi, sobremaneira, expandida. A dificuldade em sua gestão é refletida em grandes desafios para as Forças Singulares (FS), que se traduzem no emprego de maior montante financeiro, bem como na condução de atividades que envolvam a utilização de recursos informatizados no processo de suporte de tomada de decisão.

A GCV é um processo gerencial que visa otimizar as capacidades de defesa, ao longo do CV de um SD, seguindo requisitos que são formulados no início dos seus projetos. Leva em consideração o desempenho, custo, cronograma, qualidade, ambientes operacionais, apoio logístico integrado (ALI) e obsolescência (OTAN, 2013). Assim, o propósito dessa metodologia é que o SD opere, com sucesso, durante sua fase de operações, de forma a dotar e manter o Estado com a Capacidade Militar a que se propõe, cumprindo com suas atribuições.

Entretanto, não basta que esse SD seja mantido a qualquer custo. É necessária a aplicação de gestões, geralmente previstas no início do projeto, que vislumbrem minimizar os custos de manutenção e aumentar a disponibilidade do meio operativo.

Cabe ressaltar que a disponibilidade mencionada do SD se refere à sua disposição ao pronto emprego, a qualquer momento, dadas as condições para qual

² Capacidade Militar é uma aptidão que o Estado, ou especificamente a Força, deseja possuir para o cumprimento de suas atribuições ou interesses (ex. negação do uso das águas pelo inimigo). Para tanto, são obtidos SD para o atendimento desta necessidade (ex. adquirir ou desenvolver submarinos).

foi projetado. Portanto, são desejados altos índices de disponibilidade de um SD, cuja interpretação associativa natural é de que, para essa finalidade, exista a necessidade da dotação de maiores quantitativos de recursos orçamentários para a sua manutenção. A metodologia da GCVSD se apresenta como uma alternativa para a resolução desse binômio, por meio do acompanhamento ativo do CV do SD.

Este conceito de GCVSD, amplamente abordado em publicações da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), bem como em seus países integrantes, recentemente está sendo adaptado à realidade das Forças Armadas brasileiras por meio de Manuais de Boas Práticas publicados pelo Ministério da Defesa (MD). De forma geral, a GCVSD possui seis fases: Concepção, Desenvolvimento, Produção, Operação, Apoio e Desfazimento (Brasil, 2019), que serão resumidas e apresentadas no apêndice A.

O objetivo da GCVSD (Brasil, 2019) é planejar, obter, manter e otimizar as Capacidades Militares de Defesa considerando desempenho, segurança, qualidade e custo ao longo de todo o CV de um SD. Assim, as decisões quanto aos requisitos, definidos durante as fases iniciais, provocarão consequências e procedimentos que deverão ser observados no apoio logístico e no processo de tomada de decisões por todo o seu CV, sob o risco de descontrole de custos ou da entrega de baixos índices de disponibilidade durante a fase de Operação.

Em conformidade com a Estratégia Nacional de Defesa (END), adotar a metodologia e utilizar as boas práticas da GCVSD contribuem para o alcance de uma abordagem integrada, com aplicações diretas ao contido nesta publicação. Dentre as Estratégias de Defesa (ED) e Ações Estratégicas de Defesa (AED) previstas no documento, a GCVSD atende diretamente a três delas.

Diante do cenário de restrições orçamentárias, que será igualmente mencionado na abordagem de CCV deste trabalho, a GCVSD possibilita a maximização da disponibilidade do SD, de forma a manter uma Capacidade Militar, o que cumpriria o previsto na AED-8, que designa em dotar o País de Forças Armadas modernas, bem equipadas, adestradas e em estado de permanente prontidão, capazes de desencorajar ameaças e agressões (Brasil, 2023b). A alta disponibilidade de um SD pressupõe o referido pronto emprego, bem como caracteriza a aptidão oriunda da Capacidade Militar, cuja consequência é de justamente inibir ameaças internas e externas ao país.

Outro resultado proporcionado pela GCVSD se refere à minimização dos custos de manutenção dos meios operativos. A otimização logística é refletida diretamente em menores gastos para a Força, o que atende a ED-3, que se refere a regularidade orçamentária, estabelecendo que o Setor de Defesa deva racionalizá-la, tornando os gastos em defesa mais eficientes (Brasil, 2023b) e proporcionando melhores condições em planejar o emprego de recursos orçamentários.

Com isso posto, a consolidação da metodologia de GCVSD, na combinação de seus resultados de maximização da disponibilidade e de otimização logística, atende diretamente o disposto na AED-20:

AED-20 Dotar as Forças Armadas de recursos adequados a uma pronta resposta, materializada por meio da disponibilidade de seus meios e de itens de suprimento necessários ao cumprimento de sua missão constitucional (Brasil, 2023b, p. 65).

Outra iniciativa, na área de defesa, que se encontra no campo da END, é a preocupação quanto ao desenvolvimento e capacitação da BID. No caso de sucesso da parceria estratégica de defesa do projeto do KC-390 Millennium, descrito no capítulo 4, entre a FAB e a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (Embraer), a adoção da metodologia de GCVSD contribuiu igualmente, como externalidade positiva, de acordo com o previsto na ED-8 e AED vinculadas, que abrange a promoção da sustentabilidade da cadeia produtiva da BID. Esse dispositivo tem o intuito de proporcionar condições de estabilidade às atividades de financiamento, pesquisa, desenvolvimento, produção e venda de produtos de defesa brasileiros, oferecendo condições de sustentabilidade à cadeia produtiva (Brasil, 2023b).

No âmbito da Força, com relação ao Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040), a aplicação do GCVSD é amparada em algumas Ações Estratégicas Navais (AEN), principalmente na AEN - ADM3, que estimula o aprimoramento da gestão de custos no âmbito da MB, possibilitando o apoio à tomada de decisão, pela Administração Naval (Brasil, 2020a). Em complemento ao previsto nesta Ação Estratégica, será observado, no capítulo 5, uma proposta de contribuição à nova sistemática do PROGEM, cuja consolidação da metodologia, combinada com a utilização de *softwares* de CCV, podem retratar resultados oportunos no processo decisório da MB.

A AEN - ADM6, que tem o objetivo de estabelecer níveis de serviço em patamares adequados e compatíveis com as disponibilidades orçamentárias para o SAbM (Brasil, 2020a), de igual maneira se direciona aos benefícios da consolidação

da referida metodologia. Algumas iniciativas estão sendo adotadas quanto a sua modernização e aprimoramento, podendo ser citada a condução do processo de aquisição do novo Sistema de Informações Gerenciais do Abastecimento (SINGRA) GCV, em substituição ao SINGRA legado³, e a possibilidade de adoção de *softwares* de CCV. Este assunto, entretanto, será abordado no capítulo 5 deste trabalho.

Em face do acima exposto, os gestores das Forças Armadas vêm empregando ações quanto à utilização dos preceitos da metodologia de GCVSD nos projetos estratégicos de grande porte, tendo em vista a possibilidade de usufruir das vantagens oferecidas de um acompanhamento ativo do projeto. Ademais, de forma a unificar conceitos e de possibilitar a interoperabilidade entre SD, Forças e países, resolveu-se por desenvolver uma metodologia própria, adaptada à realidade brasileira e baseada na atualmente praticada na OTAN.

2.1 A METODOLOGIA DA ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE

Conforme descrito na Política da OTAN para a GCVSD, seu objetivo é de otimizar as capacidades de defesa ao longo do CV dos SD, levando em consideração o desempenho, o custo, o cronograma, a qualidade, os ambientes operacionais, o ALI e a obsolescência (OTAN, 2015). Para isso, desenvolveu diferentes publicações com orientações genéricas e adaptáveis para utilização de suas Agências e Nações, no intuito de estreitar a cooperação entre seus componentes.

Em virtude de o Brasil possuir parcerias de grandes programas de defesa com países OTAN, pela familiaridade devido à participação, com essas nações, em operações da Organização das Nações Unidas e por ser membro do Comitê Aliado de Catalogação⁴ da OTAN, o MD optou por aderir a metodologia de GCVSD da OTAN e efetuou gestões para integrar o Comitê Aliado de GCV (AC/327) dessa Organização.

Para fins de esclarecimento, o AC/327 é o grupo da OTAN responsável por discutir e atualizar a metodologia de GCVSD, composto por representantes dos países

³ O SINGRA legado encontra-se em operação desde 1998 e será substituído, após o devido processo de aquisição, pelo SINGRA GCV. Apesar da referência à metodologia, o sistema não terá a funcionalidade dos *softwares* de CCV que são objetos dessa pesquisa.

⁴ A Catalogação é o ato de atribuir uma identificação denominada *NATO Stock Number (NSN)* a um sobressalente, geralmente de fabricação nacional, no Sistema OTAN de Catalogação (SOC). O Brasil ocupa a posição de Tier-2 no SOC, sendo capacitado a realizar consultas e cadastramentos de produtos no Sistema, concebendo visibilidade desses itens, e das empresas fabricantes, a todos os países componentes da Organização.

componentes, aliados e de representantes das indústrias de defesa. São realizadas três reuniões anuais na sede da OTAN, em Bruxelas, onde deliberam, por meio de votação, sobre as ações estratégicas que envolvam a metodologia.

Em março de 2017, o Brasil criou uma subcomissão, no MD, para conduzir os estudos sobre o tema e os procedimentos de ingresso no referido Grupo. Ao ser admitido por votação plenária, passou a instituir iniciativas em aderir sua metodologia, no intuito de aperfeiçoar a gestão de grandes programas de defesa conduzidos pelas Forças Armadas.

Assim, o MD desenvolveu Manuais de Boas Práticas de GCVSD, utilizando os conhecimentos adquiridos nas reuniões do AC/327 e nas publicações sobre o assunto da OTAN, de forma a nortear uma metodologia comum a ser adotada pelas FS (Brasil, 2019). Essa tarefa está incumbida ao Centro de Apoio a Sistemas Logísticos de Defesa (CASLODE), que possui representantes em subgrupos daquela Organização referentes às principais áreas da GCVSD, denominados *Working Groups* (WG). Os representantes participam de cerca de três reuniões anuais de WG e possuem a atribuição de adequar a sistemática obtida em publicações adaptadas para a realidade brasileira. Atualmente, o Manual de Boas Práticas para a Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (MD40-M-01) está sendo revisado, com previsão de conclusão ainda em 2024.

Para fins conceituais, a metodologia da GCVSD pode ser dividida em seis fases, que ocorrem em três etapas diferentes do CV, denominadas Pré-Investimento, Investimento e Pós-Investimento, conforme o MD40-M-01 (Brasil, 2019) e resumidamente apresentadas no apêndice A.

Assim sendo, na etapa de pré-investimento são incluídos os custos relacionados ao desenvolvimento do projeto, abrangendo todas as atividades realizadas antes da produção, como pesquisas e estudos de viabilidade, referente às fases de Concepção e Desenvolvimento. Na etapa de investimento, que abrange a fase de Produção, são abarcados os custos associados à obtenção ou desenvolvimento do sistema. Por fim, na etapa do pós-investimento, estão incluídos os custos relacionados às fases de Operação, Apoio e Desfazimento do sistema.

Portanto, percebe-se que adquirir ou desenvolver um novo SD, utilizando a metodologia de GCVSD, não é uma tarefa simples, pois depende da avaliação de diversos fatores gerenciais que devem ser integralmente acompanhados durante todo o CV de um SD. Nesse contexto, apesar das características operacionais e de

desempenho apresentarem grande peso nos processos decisórios, o critério orçamentário demanda avaliação rigorosa nos quesitos logísticos. Tal fato detém relevada importância pois, em média, a soma dos custos da etapa de Pós-Investimento atinge cerca de 50 (cinquenta) a 70% (setenta por cento) do custo total do CV (Brasil, 2021), o que corresponde à maior parcela dos CCV e, conseqüentemente, demandam maior atenção por parte da Força. Assim, adquirir um SD por um baixo valor de aquisição e não considerar os altos custos ocultos atrelados ao Pós-Investimento inviabilizará a disponibilidade do SD em sua fase operativa.

Com isso posto, salienta-se a importância de elaborar boas estimativas de custos à cada fase, de forma a apoiar os processos decisórios vinculados, e mensurar o valor e o quantitativo de recursos financeiros que estão sendo empregados em um SD. Devido à relevância do assunto ao trabalho, o conceito de CCV será desenvolvido a seguir.

2.2 CUSTOS DE CICLO DE VIDA

Nos últimos anos, as Forças Armadas vêm enfrentando uma considerável redução orçamentária, com os contratos de aquisição ou desenvolvimento de SD absorvendo grande fatia desse montante. Nos últimos cinco anos, verifica-se um leve incremento no orçamento, partindo de R\$ 110,8 bilhões, em 2020, para R\$ 121 bilhões, em 2023, entretanto, quando esses valores são comparados com o Produto Interno Bruto (PIB)⁵ brasileiro, verifica-se uma redução gradativa de 1,46%, em 2020, para 1,11% em 2023 (Brasil, 2024a). Apesar do aumento nominal do orçamento, o MD e, conseqüentemente, as FS, vêm perdendo seu poder aquisitivo.

Além dessa redução da capacidade orçamentária, é cabida uma análise quanto à sua composição. No orçamento de 2023, cerca de 86% dos recursos destinaram-se a despesas com pessoal, restando apenas 6,2% (R\$ 7,5 bilhões) para o custeio das Forças, que envolve o pagamento das atividades diárias das Organizações Militares, manutenções e operações, e 6,6% (R\$ 8 bilhões) para investimentos (Brasil, 2024a), que são empregados nos Projetos Estratégicos de Defesa, a exemplo do KC-390 da FAB e do PROSUB da MB. Esses projetos serão desenvolvidos nos capítulos 4 e 5, respectivamente, dada a relevância ao tema deste trabalho.

⁵ O PIB é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos em um país.

Apresentado o cenário orçamentário, é possível compreender a relevância de um efetivo gerenciamento dos custos nas Forças Armadas. Combinado a estimativas confiáveis, são essenciais para as decisões em todos os níveis: estratégico, tático e operacional. A alocação do orçamento depende de uma compreensão das opções propostas, visando a adoção da melhor relação custo-benefício. Ademais, as parcelas voltadas para custeio e investimento são demasiadamente comprimidas em face da real necessidade de reaparelhamento e da manutenção dos SD já existentes. Portanto, até que haja uma reversão desse cenário histórico de provisionamento orçamentários para a Defesa, são necessárias iniciativas e gestões eficazes para o emprego desses limitados recursos de forma realmente eficiente.

Uma das motivações da adesão do Brasil à metodologia de GCVSD da OTAN foi a constatação do custo do pós-investimento ser uma parcela consideravelmente maior nos CCV de um SD. Segundo Jones *et al.* (2014), o *Institute for Defense Analyses* produziu um documento em que os tipos de SD são classificados em termos de seus custos de: pesquisa e desenvolvimento; aquisição/produção; e de operação, apoio e desfazimento (Jones *et al.*, 2014). A tabela representada na Figura 1 resume essas informações, referentes a SD tradicionalmente utilizados nas Forças Armadas.

Figura 1 - Tabela de Composição de CCV de um SD

Tipo de Sistema de Defesa	Percentual de Custos por Fase		
	Concepção e Desenvolvimento	Produção	Operação, Apoio e Desfazimento
<i>Espacial</i>	18%	66%	16%
<i>Aeronave de Asa Fixa</i>	20%	39%	41%
<i>Aeronave de Asa Rotativa</i>	15%	52%	33%
<i>Mísseis</i>	27%	33%	39%
<i>Eletrônicos</i>	22%	43%	35%
<i>Navios</i>	1%	31%	68%
<i>Veículos de Superfície</i>	9%	37%	54%

Fonte: Jones *et al.*, 2014, p. 449.

Analisando a tabela, conclui-se que os custos do pós-investimento dos SD classificados como “navios” correspondem à proporção de 70% do CCV. Essas informações retomam ao fato de que os recursos orçamentários destinados ao investimento, que atualmente requerem substancial incremento, serão convertidos em custos ainda maiores de custeio quando os SD entrarem na fase de operação.

Portanto, o gerenciamento de estimativas de CCV contribui no processo de tomada de decisão em relação à GCVSD, por ser um dos principais fatores de

comparação da análise custo-benefício no apoio logístico de um projeto de SD. Com estimativas de custos bem delineadas, as FS terão subsídios para avaliar as gestões orçamentárias plurianuais de seus SD e o nível de disponibilidade operativa desejada, minimizando os percalços financeiros e otimizando o emprego de seus recursos.

A MB, pertencente ao cenário orçamentário destinado à Defesa, vem superando desafios significativos nas últimas décadas, resultando em consideráveis restrições na capacidade logística da Força. Estas restrições impactam diretamente nos recursos destinados ao recompletamento de estoque de itens sobressalentes, que é uma das responsabilidades atribuída ao SAbM. Para fins conceituais, “sobressalentes” são definidos como itens destinados ao recompletamento das dotações de bordo e reparos de 1º e 2º escalões, aos períodos de manutenção e revisões programadas dos meios navais e aeronavais (Brasil, 2020c).

Atualmente, há uma lacuna metodológica para calcular, com relevante precisão, a dotação de sobressalentes e a sua manutenção em níveis ótimos, que impacta diretamente na disponibilidade operacional dos SD que compõem. Esse hiato prejudica o processo de decisão relacionada ao recompletamento do estoque, que resulta em reduzida disponibilidade e prontidão operacional, especificamente nas fases de Operações e Apoio da GCVSD. Portanto, é fundamental dispor de uma ferramenta robusta e eficaz para apoiar e aprimorar a gestão logística da MB, oferecendo possibilidades importantes para prever e calcular essas necessidades, objetivando a otimização de estoques e maiores disponibilidades, que garantam a efetiva prontidão dos SD a custos aceitáveis.

Conforme mencionado, a GCVSD acompanha todo o CV de um SD. Desde a concepção até o seu desfazimento, o SD se encontrará em diversas situações em que passará por processos decisórios críticos, tais como aqueles voltados para a manutenção, atualização e descontinuidade do meio operativo, intimamente atreladas à custos. Contudo, uma GCVSD bem aplicada requer a capacidade de tomada de decisões substanciadas, mesmo em situações de alta incerteza. Essa lacuna poderá ser preenchida por meio de ferramentas de modelagem e simulação de cenários de suporte logístico, funcionalidade de *softwares* de CCV, que contribuem com a comparação de diferentes soluções em direção a uma decisão otimizada, em concordância com o desenvolvido no capítulo adiante.

3 SOFTWARES DE CUSTOS DE CICLO DE VIDA

Os *softwares* de CCV desempenham papel relevante na implementação de estimativas paramétricas, fornecendo ferramentas para a coleta, análise e modelagem de dados (OTAN, 2022). São instrumentos computacionais essenciais que auxiliam na estimativa, análise e otimização de processos em diversas áreas, incluindo logística, engenharia, economia, finanças e gestão orçamentária. Essas ferramentas permitem a criação de modelos digitais que replicam o comportamento de sistemas complexos, possibilitando a realização de testes e experimentações em um ambiente virtual antes da implementação no mundo real. Algumas funcionalidades comuns desses *softwares* incluem a análise de cenários, previsão de demandas, otimização de estoques e planejamento de recursos, contribuindo sobremaneira a uma efetiva estimativa de CCV otimizada.

O método de Estimativa de Custos Paramétricos é uma técnica robusta de previsão de CCV que utiliza equações matemáticas, derivadas de dados históricos, para estimar os custos de novos sistemas e comumente utilizado por *softwares* de CCV. De acordo com o *NATO Life Cycle Costs Common Methodology* (ALCCP-1.1), é particularmente útil na fase de Concepção, quando as informações detalhadas são escassas, mas há uma necessidade de prever custos para fins de orçamento e planejamento (OTAN, 2022).

Portanto a estimativa de custos paramétrica é amplamente utilizada em situações que as decisões de investimento são tomadas com base em informações preliminares, como nas indústrias de defesa, aeroespacial e de infraestrutura (OTAN, 2022). Essa abordagem permite que as organizações possam planejar seus recursos de maneira mais eficaz e tomem decisões fundamentadas no desenvolvimento e na aquisição de novos SD.

A estimativa paramétrica utiliza, como referência, a relação estatística entre variáveis conhecidas, como características técnicas e físicas de um SD, e o seu custo associado. Essas variáveis, denominadas *cost drivers*, são identificadas mediante análise de regressão e outras técnicas estatísticas aplicadas pelos *softwares*. A precisão do modelo depende da qualidade e quantidade dos dados históricos disponíveis, além da relevância desses dados para o SD que está sendo estimado (OTAN, 2022). Um exemplo simplório, para fins de compreensão do conceito, seria estimar, gradualmente, o aumento de CCV no desenvolvimento de um navio, caso o

tamanho do motor variasse. Ou seja, o tamanho do motor do navio seria um *cost driver* diretamente proporcional ao seu CCV. Uma equação matemática que relacionasse o CCV com o tamanho do motor seria delineada por regressão linear, a partir do banco de dados, e utilizada, então, para os cálculos e simulações.

Assim, o desenvolvimento de modelos paramétricos desses *softwares* funciona aplicando métodos de regressão para desenvolver modelos matemáticos que correlacionam variáveis de entrada (como tamanho, peso, complexidade técnica) com custos. Esses modelos são ajustados e validados, cuja precisão é frequentemente verificada por meio de métodos como a validação cruzada e a análise de resíduos (Mislick; Nussbaum, 2015).

Além da funcionalidade básica da estimativa paramétrica, esses *softwares* são frequentemente utilizados para coletar e reunir dados de projetos anteriores e formular análises estatísticas (OTAN, 2022). Suas ferramentas podem manipular grandes volumes de informações, permitindo a identificação de padrões e correlações que podem não ser aparentes. Ou seja, uma característica que, inicialmente pode parecer que não influenciará no CCV de um SD, pode ser identificado pelo *software* como um *cost driver* crítico.

Os *softwares* que possuem ferramentas que permitem simulações de diferentes cenários ajudam a prever custos em condições variadas, incluindo a capacidade de realizar análises de sensibilidade para entender como mudanças em determinadas variáveis impactam o custo total (GAO, 2020). Além disso, possibilitam, ainda, a execução de análises de métodos probabilísticos e de sensibilidade⁶, como a Simulação de Monte Carlo⁷, para avaliar a incerteza e o risco associado às estimativas de custo.

Outrossim, esses *softwares* possuem, igualmente, relevância na automatização do processo de documentação das suposições, regras de negócio e dados utilizados no processo de estimativa. Essas funcionalidades são essenciais na garantia da transparência e da rastreabilidade dos resultados, permitindo que outras

⁶ A análise de sensibilidade refere-se a como mudanças nas variáveis independentes afetam a variável dependente (ou resposta) do modelo. É utilizada para entender a robustez do modelo, se ele é realmente aplicável.

⁷ A simulação de Monte Carlo é uma técnica estatística utilizada para entender o impacto da incerteza nesses modelos de estimativas. Ela envolve a geração, por *software*, de um grande número de amostras aleatórias de variáveis de entrada, calculando os resultados correspondentes para analisar a pertinência do modelo.

partes interessadas revisem e validem as estimativas de custo (OTAN, 2022).

Portanto, além da praticidade proporcionada pelos *softwares* devido às suas funcionalidades e resultados decorrentes de cálculos estatísticos complexos, o Manual de CCV da OTAN (2022) apresenta algumas vantagens e desvantagens em sua utilização, que serão destacadas e desenvolvidas, resumidamente, a seguir.

3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ESTIMATIVA PARAMÉTRICA

Realizar uma estimativa de custos, em concordância com o exposto até o momento, é uma tarefa complexa e demorada. Portanto, a utilização de modelos paramétricos, que é automatizado pela utilização de *softwares* de CCV, permite uma rápida obtenção de estimativas de custo, com elevado grau de precisão, o que é particularmente útil nas fases de Concepção e Desenvolvimento (OTAN, 2022), quando as decisões precisam ser tomadas com tempestividade, promovendo grande eficiência no processo.

Os *softwares* garantem que as estimativas de CCV sejam realizadas com todas as variáveis relevantes e consideradas de maneira uniforme (OTAN, 2022). Ademais, realizam a tarefa de testar estatisticamente os modelos, garantindo elevada consistência. A metodologia é, ainda, aplicável a uma ampla gama de projetos, desde pequenos sistemas até grandes programas complexos, graças à capacidade de ajustar os modelos para diferentes escalas de dados (OTAN, 2022).

Entretanto, a eficiência das estimativas paramétricas está diretamente relacionada à qualidade e relevância dos dados utilizados (OTAN, 2022). Dados imprecisos, ou não representativos, podem afetar negativamente o modelo de custos, resultando em previsões enviesadas. Assim, esses *softwares* possuem considerável dependência de dados de qualidade para a apresentação de resultados confiáveis.

Por fim, devido à complexidade dos cálculos matemáticos e estatísticos, essas estimativas e modelos apresentam elevada complexidade. Dependendo do tamanho do projeto, a interpretação e validação dos cenários podem não ser tão simples, especialmente se incluírem muitas variáveis e interações (OTAN, 2022).

Mediante as atribuições apresentadas das estimativas paramétricas, serão desenvolvidas, adiante, as funcionalidades desejáveis dos *softwares* de CCV em sua aplicabilidade no ambiente militar.

3.2 FUNCIONALIDADES DOS SOFTWARES DE CUSTOS DE CICLO DE VIDA

Além da empregabilidade nas fases iniciais da GCVSD para a estimativa de custo e na contribuição da formação do ALI no CV de um SD, especialmente na MB, como abordado por Nogueira (2017), a utilização de *softwares* de simulação é devidamente apropriada, igualmente, na gestão eficiente de peças sobressalentes e sistemas de manutenção (Nogueira, 2017), durante as fases de Operação e Apoio da GCVSD. O objetivo principal é maximizar a disponibilidade operacional de SD por meio da determinação otimizada dos níveis de estoque de componentes críticos. No mercado, existem *softwares* consagrados que utilizam a metodologia *Readiness-Based Sparing* (RBS) e técnicas estatísticas de otimização e gerenciamento de estoques, que detêm significativa relevância para contextos de sistemas complexos.

O RBS é uma técnica de modelagem para determinar os requisitos de estoque de peças sobressalentes necessárias para manter a prontidão operacional de SD com o menor custo possível. Esse modelo se baseia na análise detalhada de demandas, previsão de necessidades futuras, identificação de peças críticas e estabelecimento de políticas de reposição (Nogueira, 2017). Para a MB, o RBS é particularmente importante devido ao alto custo e imprevisibilidade de demanda de sobressalentes para SD complexos, fatores essenciais para manter a capacidade operativa durante conflitos armados e adestramentos. Ele se diferencia de modelos tradicionais, que se baseiam em previsões de demanda histórica, ao priorizar a disponibilidade operacional, utilizando uma análise minuciosa e lançamentos estatísticos dos tempos médios entre falhas (MTBF)⁸ e tempos médios para reparo (MTTR)⁹ dos sobressalentes que compõem determinado SD, para a definição dos níveis de estoque, otimizando recursos e minimizando custos (Nogueira, 2017). O objetivo final, mais uma vez, é atingir a máxima prontidão operacional com o mínimo de investimento.

De acordo com Nogueira (2017), o RBS é o exemplo mais comum de aplicação desses *softwares* de modelagem e simulação, onde são utilizadas técnicas estatísticas complexas de otimização para calcular a quantidade necessária de peças

⁸ *Mean Time Between Failures* (MTBF): Tempo médio entre falhas. Um MTBF alto significa que o sistema é menos propenso a falhas frequentes.

⁹ *Mean Time to Repair* (MTTR): Tempo médio para reparo, ou seja, o tempo médio necessário para reparar um sistema ou componente após uma falha. Um MTTR baixo é desejável, pois significa que o sistema pode ser restaurado rapidamente à condição operacional.

sobressalentes que devem ser mantidas em estoque, visando atender a uma meta de disponibilidade do sistema com o menor custo possível (Nogueira, 2017).

Portanto, partindo do contexto de aplicação do RBS na utilização desses *softwares* de CCV, algumas funcionalidades complementares, descritas no ALCCP-1.1, são desejáveis no escopo desse trabalho. Dentre elas, a modelagem e simulação de cenários se apresenta de forma fulcral, pois permite a criação de modelos detalhados de sistemas complexos e a simulação de diferentes cenários operacionais, onde é possível identificar possíveis falhas e avaliar o impacto de diversas estratégias de manutenção e logística. Essa ferramenta foi empregada na POC realizada pela Diretoria de Abastecimento da Marinha (DAbM), que será detalhado no capítulo 5.

De igual modo, a otimização de inventário, por meio do emprego de algoritmos avançados para a determinação dos níveis ótimos de estoque de sobressalentes (OTAN, 2022), contribui no balanceamento dos custos de armazenamento e na necessidade de estoque desses itens para alcançar determinada disponibilidade do SD. Destaca-se, também, a previsão de demanda, que se baseia em dados históricos e modelos estatísticos para prever a demanda futura de peças sobressalentes, ajudando na tomada de decisões sobre compras e reposição de estoque.

Por fim, a funcionalidade de análise de custo-benefício permite avaliar o retorno sobre investimento de diferentes estratégias de gestão de estoque (OTAN, 2022), o que contribui para identificar as soluções mais eficientes em termos de custos. Em face à importância das questões de gestão de estoques de sobressalentes, bem como das possibilidades de sua aplicação, o assunto será desenvolvido na seção adiante.

3.3 GESTÃO DE ESTOQUE DE SOBRESSALENTES POR *SOFTWARES*

É importante mencionar, além de corresponder ao resultado racional lógico, que um nível de estoque de sobressalentes mais elevado possui uma probabilidade maior em garantir a disponibilidade imediata de itens necessários para determinada manutenção e, conseqüentemente, a atingir maiores graus de prontidão de um SD. No entanto, essa medida resulta em custos elevados, incluindo despesas com armazenamento, risco de obsolescência e custos de gerenciamento. Em contrapartida, manter estoques menores pode incrementar sobremaneira o risco da falta de peças, principalmente dependendo do critério de seleção dessa reserva, o que pode afetar

negativamente a mencionada prontidão. O objetivo do apoio logístico é encontrar o equilíbrio ideal entre a disponibilidade operacional e os custos associados à manutenção dos estoques e, para tanto, os algoritmos do RBS, de um *software* de CCV, são projetados para identificar, para cada ponto de estoque, seja ele de suprimento ou manutenção, a combinação de sobressalentes de menor custo que ainda atenda ao nível de prontidão operacional exigido para o sistema (Nogueira, 2017).

No intuito de ilustrar, exemplificar e facilitar os conceitos no entendimento do *trade off* entre o índice de disponibilidade de um meio e o estoque de sobressalentes, de maneira simples e pertinente, é possível realizar uma analogia a um carro particular para uma análise de menores proporções. Ao utilizá-lo no cenário de uma via urbana asfaltada, em condições adequadas¹⁰, por exemplo, é possível atingir um alto índice de disponibilidade, em alguns casos próximo a 100%, mantendo estocados, como “sobressalentes”, um pneu estepe e poucas ferramentas para a sua troca.

Outra condição para a manutenção desse elevado nível de disponibilidade é que sejam realizadas as manutenções previstas no Manual do Fabricante. Cada um desses procedimentos possui um custo em que os proprietários, na maioria das vezes, tentam reduzir, geralmente ao fim do período de garantia. Para otimizar o uso de sobressalentes e economia nos serviços, optam por manutenções de menor custo, onde são substituídas as revisões nas concessionárias pela mão de obra de oficinas especializadas e, por vezes, optando pela realização de um menor número de procedimentos, tais como vincular as trocas de óleo à quilometragem do carro, em vez do tempo de posse do veículo.

Em alguns modelos, o estoque de sobressalentes foi otimizado de forma a gerar menos custos ao fabricante: em substituição a um estepe de tamanho normal, é recebido um pneu de medidas reduzidas, ou apenas um líquido químico com a capacidade de reparar temporariamente um furo.

Todos esses procedimentos foram oriundos de análises, testes e simulações de cenários, seja por experiência própria, profissional ou realizado pela montadora (por meio de *softwares* ou testes físicos), de forma a minimizar os custos com

¹⁰ Utilizar as sugestões que geralmente estão previstas nos manuais do fabricante: número correto de passageiros, uso normal do motor, calibração dos pneus, utilização de combustível de qualidade, dentre outros.

sobressalentes e manutenções daquele meio, entretanto apresentando altos índices de disponibilidade.

Porém, um SD crítico e complexo, como um navio ou submarino, possui estrutura e funcionalidades mais complexas do que um carro particular em diversos aspectos. Ele é formado por um número muito maior de componentes, o que envolve um quantitativo robusto de sobressalentes. O ambiente em que operam geralmente é hostil, o que causa maior dano a esses meios operativos e resulta em maiores demandas de manutenção.

Outrossim, O SD não pode apresentar determinados tipos de avarias, sob o risco de queda de uma aeronave ou do naufrágio de um navio ou submarino, colocando vidas humanas em risco ou comprometendo a missão que estiver envolvido. Ele irá operar em diversos terrenos, climas e condições adversas do território nacional, ou estrangeiro, e para isso deverão ser providas estruturas de apoio logísticos nas cercanias, com sobressalentes suficientes para sua manutenção, apesar da escassez natural de mercado para atendimento desses sistemas.

Assim, outra necessidade relevante de otimização logística seria quanto a alocação de determinado conjunto de peças de reposição que deva ser disponibilizada em determinado depósito, ou base, no território nacional. Esses *softwares* possuem, de igual maneira, a capacidade de simular esses cenários e apresentarem soluções otimizadas, conforme a finalidade que for inserida, tais como economicidade, disponibilidade ou a otimização ideal. Os *softwares* também permitem modelar alternativas no caso de alteração de alguma variável, por exemplo, calculando os incrementos ou quedas de eficiência e de custos em comparação com a variação de preços de sobressalentes ou de suas taxas de falha.

Aliado ao fato de que os custos de operação e apoio atingem, em média, cerca de 70% dos custos totais de um navio, depreende-se que o emprego de ferramentas automatizadas, como *softwares* de CCV, na otimização do processo de manutenção de SD, é essencial no processo decisório de sua GCV em diversos níveis, pois proporciona uma abordagem baseada em dados fundamentados, na gestão de recursos, e objetiva a prontidão operacional da Força. Isto posto, a implementação de metodologias como a RBS pode resultar em economias significativas, assim como na manutenção de elevados níveis de disponibilidade de SD críticos (Nogueira, 2017), e demonstrado no estudo de caso da MB elaborado por Nogueira (2017). As simulações permitem, ainda, a identificação do impacto de diferentes níveis de estoque na

disponibilidade operacional, podendo ser adequado à necessidade do setor operativo de acordo com a capacidade orçamentária da Força.

Adequando à metodologia de GCVSD como instrumento integrante da gestão logística, esses *softwares* podem ser adotados em todas as fases do CV de um SD, consoante com o apresentado neste trabalho. De forma genérica, nas fases de Concepção e Desenvolvimento, podem ser realizadas análises de viabilidade logística, auxiliando na formulação do ALI do novo SD. Por meio de modelagens de cenários, seria possível avaliar o impacto nos requisitos de apoio, custos de operação e disponibilidade de peças sobressalentes.

Na fase de Aquisição, poderá ser utilizado na elaboração de planos de aquisição de materiais e nos contratos com fornecedores, analisando o risco e a seleção com base em critérios logísticos, como capacidade de entrega, qualidade e custo.

Durante as fases de Operação e Apoio, poderá contribuir sobremaneira com o SAbM na otimização das operações logísticas ao longo da GCVSD, sugerindo níveis de estoque de sobressalentes mediante diferentes cenários orçamentários e de operação do SD.

Finalmente, na fase de Desfazimento, pode auxiliar no planejamento da desmilitarização, apoiando o descarte de equipamentos e materiais obsoletos em conformidade com regulamentações ambientais, auxiliando na avaliação de opções de desativação, como venda de ativos, reciclagem e descarte militar.

A partir do referencial teórico e da pesquisa conduzida sobre o tema, no próximo capítulo destaca-se um exemplo de caso bem-sucedido na combinação do emprego da GCVSD com a utilização de *software* de CCV nas Forças Armadas brasileira. Será apresentado o projeto da aeronave KC-390 Millennium, oriundo de uma parceria entre a FAB e a Embraer, em que, além de usufruir das utilidades da metodologia no desenvolvimento e manutenção de um SD complexo, observou-se, de igual forma, a externalidade positiva do fomento da BID, quanto ao desenvolvimento de tecnologia nacional de alto nível, proporcionando, inclusive, exportações desse meio operativo.

4 KC-390 MILLENNIUM – A EXPERIÊNCIA DA FORÇA AÉREA BRASILEIRA

O KC-390 Millennium é uma aeronave de transporte militar, encomendada pela FAB em substituição ao antigo C-130 Hercules, e desenvolvida pela Embraer¹¹. Projetada para realizar uma ampla gama de missões, incluindo transporte de carga e tropas, reabastecimento aéreo, evacuação médica e combate a incêndios, seu contrato de desenvolvimento abrangeu o quantitativo de 28 aeronaves, pela FAB, totalizando R\$ 7,2 bilhões (Air Force Technology, 2022). O início do projeto teve, como objetivo, atender as necessidades específicas da Força, porém a aplicação dos conceitos da metodologia de GCVSD foram essenciais para o seu sucesso e na consolidação da aeronave como uma opção de transporte multipropósito para as Forças Aéreas de diversos países.

De posse dos preceitos necessários oriundos da metodologia, no intuito de garantir a eficácia e eficiência de suas operações, bem como o estabelecimento do plano de ALI desse SD, a FAB e a Embraer utilizaram um *software* de CCV de mercado e, por meio de seu conjunto de ferramentas avançadas de modelagem e simulação de cenários logísticos, realizaram uma análise detalhada de previsões sobre a operação e manutenção do KC-390. O projeto, que se iniciou em 2009 e teve o seu primeiro voo em 2015, combina um preço inicial competitivo e CCV mais baixos em comparação com seus concorrentes. Além dos custos de aquisição reduzidos, o diferencial do SD se dá, inclusive, durante a etapa de pós-investimento, caracterizada como o período da GCVSD com maiores despesas, de acordo com o exposto no capítulo 3. Portanto, com sua velocidade e desempenho, eficiência operacional, baixos custos ao longo do CV e alta disponibilidade (Embraer, 2022), o KC-390 Millennium, além de atender, prontamente, as necessidades da FAB, oferece uma competitividade atrativa no mercado internacional.

Este fato foi possível, sobretudo, devido ao acompanhamento ativo, pela FAB e Embraer, quanto aos requisitos da GCVSD, dos custos logísticos e das ações decorrentes que concretizassem as necessidades do CV do projeto, assim como os resultados simulados no *software* de CCV, contribuindo significativamente para o seu sucesso no Brasil e gerando oportunidades de exportação para Forças estrangeiras.

¹¹ Empresa brasileira de capital aberto, criada em 1969 com o apoio do governo. Terceira maior fabricante de jatos comerciais do mundo, líder no segmento de até 130 assentos, possui 18 mil empregados e mais de 8 mil aeronaves entregues (Embraer, 2024b).

4.1 VANTAGENS DE SOFTWARES DE CUSTOS DE CICLO DE VIDA

De acordo com a imprensa especializada, a utilização de *software* de CCV tem demonstrado uma redução significativa nos custos de manutenção e operação, ao otimizar a gestão de estoques e melhorar a eficiência logística (Embraer, 2024a) na GCV da aeronave. De acordo com dados da Embraer, a frota da FAB atingiu uma disponibilidade operacional de 80%, com uma taxa de cumprimento de missões acima de 99% (Embraer, 2023), que foram proporcionados devido à capacidade de análise preditiva, assim como na otimização de inventário, possibilitando a pronta entrega de sobressalentes quando necessário.

A simulação logística e as ferramentas de análise de custo permitiram uma gestão mais precisa e eficiente do CV, reduzindo o tempo de inatividade das aeronaves e aumentando a produtividade das operações (Air Force Technology, 2022), ajudando a prever o desempenho operacional e a identificação de gargalos e pontos críticos. O *software* contribuiu, ainda, com a modelagem de diferentes cenários de missão, considerando variáveis como tempo de voo, de manutenção, e com a disponibilidade de recursos para simular operações em condições extremas, tais como operações em pistas curtas e não preparadas, comuns em missões de ajuda humanitária e evacuação médica.

O uso desse *software*, no gerenciamento da GCVSD do KC-390 pela FAB e Embraer, trouxe melhorias significativas em termos de redução de custos, aumento da disponibilidade operacional e eficiência logística, resultando em diminuição significativa do tempo de inatividade da aeronave e aumentando sua taxa de cumprimento de missões.

Ao considerar todo o CCV do projeto KC-390 Millennium, desde a aquisição até a desfazimento, a Embraer pôde identificar oportunidades de redução de custos e otimização de recursos. Essa abordagem permitiu que a aeronave se tornasse competitiva em termos de preço, inclusive no mercado internacional, facilitando sua exportação para vários países.

4.2 SUCESSO DO PROJETO E EXPORTAÇÕES

O sucesso do projeto do KC 390 fez com que, além do cronograma de entregas da FAB, até 2033, outros países também demonstrassem interesse na aeronave

(Vinholes, 2023a), principalmente aqueles componentes da OTAN¹². A capacidade do *software* de simular e prever o desempenho em diversos cenários operacionais, decorrentes dos subsídios oriundos da implantação da GCVSD, se refletiu em um diferencial competitivo, demonstrando aos clientes potenciais a robustez e a flexibilidade do KC-390. Ademais, as entregas da FAB, somadas às exportações, garantem um mercado consumidor de longo prazo para a Embraer, fomentando a BID, o que se reverte em receitas para produtos de defesa brasileiros, na geração de empregos e em possibilidades de desenvolvimento de novos projetos com tecnologia nacional.

Quanto às exportações, Portugal adquiriu cinco unidades, com a primeira entrega ocorrendo em 2022, enquanto a Hungria também encomendou duas aeronaves, estando a primeira já em testes de voo (Johnson, 2023). A Holanda adquiriu cinco unidades e a Áustria quatro, totalizando nove aeronaves. Essa compra conjunta permitiu uma redução, ainda, nos custos de aquisição e logística (Aviacionline, 2024).

Outro destaque é a Coreia do Sul, que se tornou o primeiro país asiático a adquirir o KC-390, embora o número exato de unidades ainda não tenha sido divulgado (Johnson, 2023). Outras nações como Argentina, Colômbia, Chile, Estados Unidos, República Tcheca, Suécia, Egito, África do Sul e Ruanda também estão em negociações ou demonstraram interesse pela aeronave (Vinholes, 2023b). As iniciativas da metodologia de GCVSD, que possibilitaram a utilização do *software* de CCV, combinadas com a credibilidade oriunda das aquisições da FAB¹³, revelaram as potencialidades do SD e contribuíram para a conjuntura favorável percebida pelo mercado, alavancando a BID por meio de demanda sustentável de longo prazo para a Embraer, e consolidando como um caso de sucesso das ferramentas de estudo desse trabalho.

Com isso posto, será analisada, no capítulo a seguir, uma proposta para utilização desses instrumentos no apoio logístico do PROSUB, pelo SAbM, atendendo a uma prova de conceito realizada no *software* de CCV contratado pela FAB e empregado na condução da GCVSD do KC-390.

¹² Como o projeto utiliza a metodologia de GCVSD da OTAN, o processo de exportação é simplificado, pois são atendidos requisitos tais como a catalogação de itens sobressalentes e aplicação de cláusulas contratuais de Garantia Governamental da Qualidade.

¹³ Geralmente, os países importadores só costumam adquirir um SD, de uma empresa da BID, quando as Forças Armadas dos países exportadores o possuem, pois transmite “credibilidade”.

5 O PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE SUBMARINOS

O Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) é uma iniciativa estratégica da MB, iniciada em 2008 em parceria com a França, que inclui a construção de quatro submarinos convencionais, da classe Riachuelo, e um submarino com propulsão nuclear, o Álvaro Alberto. Ademais, visa a construção de uma infraestrutura industrial e de apoio para operação e manutenção dos submarinos, incluindo estaleiros e uma Base Naval (Brasil, 2023b), localizados em Itaguaí, no Estado do Rio de Janeiro.

A transferência de tecnologia e a nacionalização de componentes são aspectos centrais do programa, promovendo o fomento da BID brasileira e a capacitação de mão de obra especializada em território nacional (Brasil, 2023b). Assim, o PROSUB busca garantir a soberania do Brasil sobre suas águas jurisdicionais, conhecidas como "Amazônia Azul", e proteger os recursos naturais e rotas marítimas estratégicas, porém com a preocupação de capacitar e apoiar a indústria brasileira, desenvolvendo tecnologia e profissionais nacionais altamente qualificados.

Os submarinos convencionais do programa são o Riachuelo (S-40), em operação desde 2020, o Humaitá (S-41), que teve o comissionamento em janeiro de 2024, o Tonelero (S-42), lançado ao mar em março de 2024 e atualmente em fase de testes, e o Angostura (S-43), com prontificação prevista para 2025. O submarino nuclear Álvaro Alberto (SN-10) é o principal projeto do PROSUB e está em fase de desenvolvimento avançado, com previsão de lançamento em 2033 (Brasil, 2024b).

O programa tem um orçamento total estimado em aproximadamente R\$ 40 bilhões, abrangendo a construção dos submarinos e a infraestrutura associada. Cada submarino convencional tem um custo estimado entre R\$ 1,2 a 1,5 bilhões (Brasil, 2024b). Além de fortalecer a defesa nacional, o PROSUB também gera significativo impacto econômico, com a criação de cerca de 60 mil empregos diretos e indiretos (Brasil, 2024b), que após a sua conclusão, incluirá o Brasil como o sétimo país detentor de submarinos nucleares.

5.1 PROVA DE CONCEITO

A MB, diante de desafios relacionados à disponibilidade de seus meios operativos devido às restrições orçamentárias, oriundas dos recursos destinados à

Defesa, bem como partindo de uma iniciativa de otimizar a gestão de sobressalentes do SAbM, realizou uma POC, com *software* de CCV, no Instituto de Logística da Aeronáutica (ILA). A FAB já possui a *expertise* de funcionamento desses *softwares* desde 2010, oriunda da experiência de sua aplicação em seus projetos estratégicos, como o KC-390 Millennium, descrito no capítulo 4 deste trabalho, e no F-39 Gripen. Para destacar a importância do uso desses sistemas para a Força, sua operação é módulo de ensino no processo de formação de Engenheiros no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA).

O *software* de CCV, em questão, é uma ferramenta de mercado avançada na modelagem e simulação, por toda a GCVSD, aplicada no auxílio da otimização de estoques de peças sobressalentes e na gestão logística, com foco em maximizar a disponibilidade operacional a menores custos, utilizando cenários comparativos para, dentre outras funcionalidades, serem aplicados no processo decisório de emprego do meio operativo.

A POC foi conduzida com o objetivo de avaliar a viabilidade e os benefícios do uso desse *software* no aprimoramento da logística e na manutenção de SD da MB, com destaque para o uso da metodologia RBS, descrita no capítulo 3 deste trabalho. Esta abordagem permite que decisões de gestão de estoques sejam baseadas na relação entre disponibilidade e custo, garantindo a preparação adequada para missões críticas e contribuindo para o processo decisório de emprego do SD.

A escolha do Submarino Riachuelo, como objeto de estudo, se deve à disponibilidade de dados detalhados no seu "*Logistics Data Set*" (LDS)¹⁴, oriundos da formação do ALI nas fases iniciais da GCVSD do projeto, essencial para realizar análises precisas com o *software*. Quanto menor o acompanhamento da GCV de um SD, no tocante ao banco de dados de manutenção, logístico ou de perfis de operações, mais complicada é sua empregabilidade, o que pode comprometer a qualidade de seus resultados. Por isso, não é pertinente utilizar os dados de um SD qualquer que a Força possua.

O foco inicial compreendeu a análise de 1.599 itens, possibilitando a simulação de diferentes cenários de disponibilidade e manutenção do submarino. O método

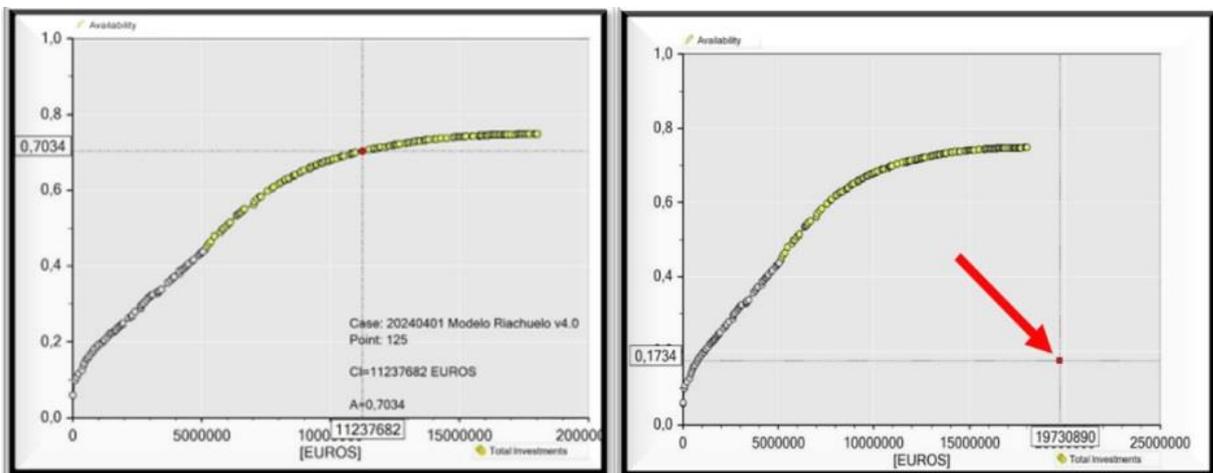
¹⁴ *Logistics Data Set* (LDS): Conjunto de dados logísticos que inclui informações detalhadas sobre sistemas, componentes, peças sobressalentes e histórico de manutenção. O LDS é essencial para análises de disponibilidade e para a aplicação de metodologias como o RBS, além de pré-requisito para aplicação de softwares de CCV.

permite vincular esses itens ao desempenho do sistema, apresentando uma gama de soluções possíveis (como a curva de custo/efetividade) e otimiza o estoque de peças sobressalentes, proporcionando o desempenho mais eficiente por unidade monetária.

Os Submarinos da Classe Riachuelo incluem entregáveis de ALI, como o Registro de Análise de Apoio Logístico (RAAL), devido à adoção dos novos processos oriundos da metodologia de GCVSD e do ALI, desde o início do projeto (Brasil, 2013). Portanto, quanto mais cedo a decisão de implantação de iniciativas de apoio logístico no CV de um SD, preferencialmente nas fases de Concepção e Desenvolvimento, melhores resultados serão alcançados nas fases posteriores de maturação do projeto.

Então, durante a POC, foram conduzidas simulações para avaliar diferentes configurações de estoque e estratégias de manutenção. A metodologia RBS foi aplicada para criar curvas de disponibilidade em comparação ao custo, utilizando dados de MTBF e MTTR, oriundos do Setor Operativo, fornecendo uma visão de como variações nos níveis de estoque, em euros, influenciam a prontidão operacional do Submarino Riachuelo, em termos percentuais, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Curvas de disponibilidade em comparação ao custo e posição do estoque atual na Curva



Fonte: POC da DAbM

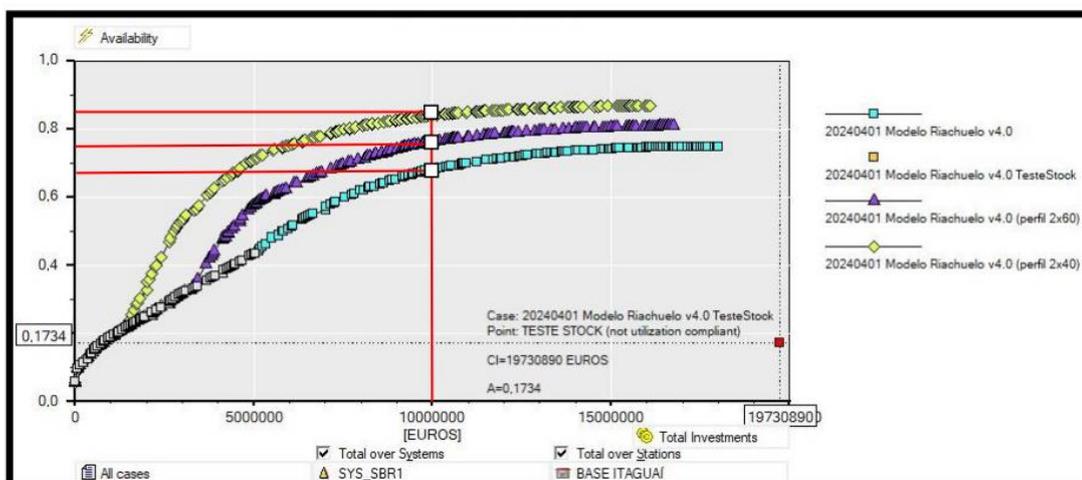
Analisando os gráficos, consideram-se pontos otimizados aqueles que se encontram sobre a curva gerada pelo algoritmo do *software*, que seriam as melhores correspondências entre a disponibilidade e custo. O eixo vertical indica a disponibilidade, enquanto o horizontal representa os custos de sobressalentes correspondentes. Portanto, o valor para estoque otimizado deve estar sobre a curva, pois apresentará a maior disponibilidade possível comparada ao custo, propondo um

estoque de sobressalentes para esse cenário. A título de exemplo, o resultado do gráfico à esquerda apresentou uma disponibilidade de aproximadamente 70% aos custos de sobressalentes em cerca de € 11 milhões. No entanto, conforme o gráfico à direita, ao alimentar o *software* com os dados da dotação de base estipulados no LDS do Submarino, a disponibilidade recua para 17,34% e o custo atinge cerca de o dobro do anterior, em quase € 20 milhões, se afastando da curva de pontos ótimos. Percebe-se que a composição atual, previsto no LDS, está longe da ideal, indicando, portanto, que alguma adequação deverá ser feita, utilizando os pontos da curva otimizada gerada pelo *software*, para obter maiores disponibilidades a menores custos.

Outra funcionalidade pertinente que pode apoiar o processo decisório é quanto ao achatamento da curva, observado no intervalo de disponibilidade (eixo vertical) entre 70% e 80%. Percebe-se que pequenos incrementos de disponibilidade geram uma variação muito grande no custo de sobressalentes (eixo horizontal), o que leva a crer que, no cenário simulado, os custos da cesta de sobressalentes cuja disponibilidade é 70,34%, apresentaria um custo-benefício adequado.

Para analisar a capacidade de modelagem de cenários de missões e avaliar o SD em diferentes condições, foi utilizada a funcionalidade de simulação de desempenho operacional, sendo inseridos, no *software*, mais dois perfis de missões. Um deles, descrito pela curva roxa, representa um perfil de duas missões de 60 dias por ano. O outro, uma curva amarela, representa duas missões de 40 dias por ano. A curva azul descreve o perfil inicial, de duas missões de 80 dias por ano. A simulação pode ser verificada na Figura 3.

Figura 3 – Curvas de diferentes perfis de operação



Fonte: *Software* de Modelagem e Simulação

Para simplificar a análise do gráfico resultante, supõe-se que o orçamento destinado para o Submarino seja de € 10 milhões. O resultado dos índices de disponibilidade, de acordo com o perfil de missão, encontra-se na tabela da Figura 4.

Figura 4 – Tabela de Comparação dos perfis de missão com Custo fixo e Disponibilidade fixa

CUSTO	2 X 80 DIAS	2 X 60 DIAS	2 X 40 DIAS
€ 10.000.000,00	68%	76%	85%
DISPONIBILIDADE	2 X 80 DIAS	2 X 60 DIAS	2 X 40 DIAS
68%	€ 10.000.000,00	€ 7.100.000,00	€ 4.600.000,00

Fonte: POC da DAbM

Ainda na tabela, seria possível, igualmente, realizar uma simulação fixando a disponibilidade em 68%, por exemplo, onde o *software* calcula os custos relacionados. De forma lógica, quanto maior o emprego do meio, maiores são os dispêndios.

Os resultados destacaram a eficiência do *software* em gerar simulações que correlacionam a disponibilidade operacional dos SD com os custos de manutenção, permitindo identificar configurações de estoque que garantam a disponibilidade dos submarinos a um custo otimizado. Mostrou, ainda, que utilizando a proposta de dotação de base oriundo da LDS, os resultados são aquém dos desejáveis.

Quanto a pertinência de contratação do *software*, ainda com as apurações do cenário inicial da POC, estima-se que a economia gerada com sua utilização para a otimização logística, já descontado o custo de sua aquisição, atinge a ordem de 3.690%, ou 37 vezes o valor do sistema, propiciando um alto retorno sobre investimento. Suas funcionalidades proporcionariam, ao SAbM, possibilidades de melhorias significativas de sua atuação, oferecendo a capacidade de otimizar estoques de diferentes SD, simular cenários de desempenho em operações e analisar o CCV na adequabilidade dos recursos orçamentários vinculados a disponibilidades de emprego do meio operativo. Contribuiria, ainda, no processo de tomada de decisões para o planejamento das missões a serem realizadas em um exercício financeiro ou mediante contingenciamentos, definindo qual seria a disponibilidade de um meio, por exemplo, a determinada capacidade orçamentária. Essas informações poderiam, ainda, ser exploradas na nova sistemática do PROGEM, que será descrita a seguir.

5.2 NOVA SISTEMÁTICA DO PROGRAMA GERAL DE MANUTENÇÃO

A nova sistemática de gestão de manutenção da MB, conforme descrita na Circular nº 9/2023 do Estado-Maior da Armada (EMA), busca aprimorar o gerenciamento dos meios operativos navais, aeronavais e de fuzileiros navais. Ela prevê que essa mudança é motivada por uma necessidade de eficiência da gestão frente à redução de pessoal e restrições orçamentárias, e inclui melhorias nos processos, otimização do uso de mão de obra e capacitação (Brasil, 2023a). A Circular cria, ainda, o Comitê Técnico de Gestão da Manutenção (CTGeMan) e o Conselho de Gestão da Manutenção (CoGeMan), dois colegiados fundamentais nesta nova estrutura para o processo de tomada de decisão.

O CTGeMan é responsável pela gestão técnica dos processos de manutenção, incluindo a formulação e análise de diretrizes para o planejamento e execução do PROGEM e das Manutenções Correntes (Brasil, 2023a). Ele avalia as necessidades orçamentárias, condições operativas e critérios técnicos apresentados em reunião, confeccionando uma Proposta Técnica do PROGEM, a ser analisado pelo CoGeMan.

O CoGeMan, por sua vez, é um órgão consultivo e deliberativo que assessora o Chefe do Estado-Maior da Armada (CEMA) nas questões relacionadas à gestão dos processos de manutenção. Ele é responsável por estabelecer diretrizes, supervisionar a execução do PROGEM, analisar a realidade orçamentária e as capacidades operativas necessárias (Brasil, 2023a). O CoGeMan seria o colegiado de mais alto nível, formado por Almirantes e assessores de diversos setores da MB.

Com isso exposto, algumas iniciativas são incentivadas pela sistemática:

Nesse sentido, observa-se que, **para o aprimoramento desse Sistema, faz-se necessário atuarem diversas frentes**, que vão desde a capacitação de pessoal até a **utilização de ferramentas modernas de gerenciamento, passando pelo aperfeiçoamento do planejamento, revisão da sistemática de alocação de recursos financeiros**, modernização da infraestrutura, padronização e fiscalização dos contratos de manutenção, **refinamento da sistemática de fornecimento de sobressalentes** e melhorias no Sistema de Manutenção Planejada (SMP). **Adicionalmente, a aplicação de modernos conceitos e ferramentas de Gestão de Projetos, baseados em boas práticas reconhecidas internacionalmente, tornou-se fundamental para a racionalização dos processos e economia de recursos** (materiais, humanos e financeiros) (Brasil, 2023a, p. 2, grifo próprio).

Dessa forma, destaca-se que a utilização de *software* de CCV encontra-se em alinhamento com as citadas frentes de atuação previstas na nova sistemática do PROGEM, pois é uma ferramenta de gerenciamento e de gestão de projetos, baseada em boas práticas internacionais, que aplica metodologia de GCVSD dos países OTAN, e contribui, por meio de seus cenários de perfis operativos e otimização logística, para o processo decisório das autoridades no que tange ao aperfeiçoamento, ao planejamento, à revisão da alocação de recursos financeiros e à melhor gestão do orçamento.

A Circular ainda aponta a importância em restabelecer os níveis de atuação dos diversos setores quanto à manutenção dos meios operativos, possibilitando oportunidades de melhoria na sistemática (Brasil, 2023a). Os resultados dos *softwares* seria uma oportunidade, do setor da Secretaria Geral da Marinha (SGM), por meio do SAbM, em contribuir com a já mencionada otimização logística.

Os produtos dessa ferramenta poderiam ser apresentados, por representante do Abastecimento, conforme competência prevista no Anexo F da Circular, quanto a assuntos relacionados ao planejamento e execução do controle físico-financeiro do abastecimento de sobressalentes destinados aos Projetos de Manutenção, bem como na coordenação e execução de suas atividades da cadeia de suprimento de sobressalentes (Brasil, 2023a). Os gráficos oriundos dos *softwares* poderiam ser analisados e apresentados, com efeitos ilustrativos e relatório descritivo, sobre cada possível cenário de disponibilidade e custo atrelado a determinado perfil de operações, conforme sugestão do setor operativo, para considerações, nas reuniões do CTGeMan. Posteriormente, poderiam ser traçadas Linhas de Ação de emprego do SD, levadas para conhecimento e deliberação no CoGeMan, que decidiria, no PROGEM, de acordo com os interesses estratégicos e a necessidade operativa da Força em contrapartida com a realidade orçamentária.

Portanto, existem prerrogativas para a viabilidade de implantação do procedimento na nova sistemática, o que proporcionaria mais um benefício decorrente da aplicação da GCVSD, combinado ao uso de *software* de CCV, na MB.

6 CONCLUSÃO

A presente monografia se propôs a efetuar uma análise quanto à contribuição da metodologia de GCVSD para a otimização logística de apoio a um SD, o incremento de sua disponibilidade operativa e o racionamento de custos, principalmente com a utilização de *softwares* de CCV, apresentando, ainda, a externalidade positiva de fortalecimento da BID brasileira. No contexto de sua aplicação ao PROSUB, mostrou cenários otimizados da relação entre disponibilidade e custos, como opções a serem empregadas no apoio logístico do submarino Riachuelo, conforme necessidade operativa. Se mostrou, igualmente, como uma alternativa viável e pertinente para auxiliar no processo decisório da nova sistemática do PROGEM, cuja proposta prevê que o SAbM seja incumbido de apresentar cenários de operações dos SD, subsidiados pelo setor operativo, atrelado aos referidos planos otimizados de apoio logístico.

Em face do acima exposto, esta pesquisa teve por objetivo geral descrever e analisar a aplicação da metodologia de GCVSD, desenvolvida pelo *Life Cycle Management Group* da OTAN e aderida pelo Brasil, com foco na utilização de *softwares* de CCV e seu impacto no PROSUB. Para alcançar o objetivo estabelecido, foi conduzida uma revisão da literatura sobre a GCVSD e a análise de casos e trabalhos sobre aplicação de modelagem e simulação de cenários, por meio de *softwares* de CCV, com ênfase na experiência do KC-390 Millennium e quanto a possibilidade de seu emprego no apoio logístico do PROSUB.

Retornando à questão de pesquisa, no caso em tela, de como a metodologia da GCVSD, adotada no Brasil, é aplicada por meio de *softwares* de CCV, no CV do SD, a resposta se apresenta como: uma solução promissora para enfrentar os desafios logísticos, de manutenção e orçamentários impostos ao longo do CV dos SD que atendem à metodologia, por meio da utilização de ferramentas de modelagem e simulação, oferecendo propostas de otimização, apresentando cenários de operações e previsão de desempenho, de forma a maximizar a disponibilidade operacional dos meios operativos. Ademais, é um recurso relevante no processo de tomada de decisão durante todo o CV de um SD. A adoção dessa metodologia contribui, ainda, com o impulso do desenvolvimento tecnológico nacional, promovendo a competitividade da BID e, assim, com a segurança e a soberania nacional.

Dado ao exposto, ao longo dos capítulos, foi possível identificar que a GCVSD é uma ferramenta valiosa para a gestão eficaz de um SD, uma vez que permite o planejamento minucioso dos requisitos e de estimativas de custos, desde a concepção até o desfazimento dos meios operativos.

A experiência da FAB, com o KC-390 Millennium, é um exemplo notável da eficácia dessa questão. A utilização desses *softwares* possibilitou a previsão de cenários logísticos complexos, permitindo a tomada de decisões baseadas em dados concretos e a adaptação a diferentes condições operacionais, proporcionando uma gestão mais eficiente, redução de custos e alta disponibilidade operacional. Assim, a aeronave tornou-se um caso de sucesso, o que possibilitou sua exportação para diversos países, principalmente a componentes da OTAN, fomentando a BID.

Quanto ao PROSUB, a POC realizada no submarino Riachuelo demonstrou que a metodologia de GCVSD, quando combinada com o emprego de *softwares*, pode ser uma alternativa capaz de otimizar a gestão de sobressalentes do SAbM e incrementar a prontidão operativa dos submarinos. As simulações realizadas permitiram identificar configurações de estoque que assegurassem maiores graus de disponibilidade do submarino a um custo reduzido, mostrando que uma abordagem técnica e detalhada pode gerar economias substanciais para a MB.

No horizonte de pesquisas futuras, sugere-se a ampliação do estudo para outros projetos estratégicos das Forças Armadas, avaliando o impacto desses *softwares* em outros SD. Outrossim, seria relevante analisar sua utilização no processo de tomada de decisão na nova sistemática do PROGEM, como a própria Circular que o regula prevê, quanto à busca de oportunidades de melhorias na manutenção dos meios operativos e na sistemática de fornecimento de sobressalentes, bem como na aplicação de modernos conceitos e ferramentas de gestão de projetos, baseadas em boas práticas internacionais, para a racionalização de processos e economia de recursos.

Portanto, esta pesquisa evidencia que a adoção da metodologia de GCVSD, aliada ao uso de ferramentas avançadas de modelagem e simulação de *softwares* de CCV, é fundamental para a gestão eficiente de grandes projetos estratégicos da MB e de Defesa. As implicações são vastas na garantia de que as Forças Armadas estejam preparadas e bem equipadas para defender os interesses nacionais, com impactos positivos na economia e na sociedade como um todo.

REFERÊNCIAS

AIR FORCE TECHNOLOGY. **KC-390 Medium Weight Transport Plane**. Airforce Technology, 2022. Disponível em: <https://www.airforce-technology.com/projects/kc-390/?cf-view>. Acesso em: 26 jul. 2024.

AVIACIONLINE. **New Embraer C-390 Millennium for Europe: Netherlands and Austria acquire nine aircraft in joint purchase**. Disponível em: <https://www.aviacionline.com/2024/06/netherlands-and-austria-acquire-nine-c-390-millennium-aircraft/>. Acesso em: 4 ago. 2024.

BAE SYSTEMS. **Embraer and BAE Systems announce collaboration for the C-390 Millennium and Eve eVTOL**. BAE Systems, 2022. Disponível em: <https://www.baesystems.com/en/article/embraer-and-bae-systems-announce-collaboration-for-the-c-390-millennium-and-eve-evtol>. Acesso em: 26 jul. 2024.

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

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **Circular nº 9, de 26 de abril de 2023**. Diretrizes gerais para a gestão da manutenção dos meios operativos da MB. Brasília, DF, 2023a.

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040)**. Brasília, DF, 2020a.

BRASIL. Marinha do Brasil. **Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB)**. 2023b. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/prosub/>. Acesso em: 13 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF, 2020b.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa**. 1ª ed. Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Normas para a Governança do Sistema de Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (NORGCV)**. 1ª ed. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Orçamento e Finanças**. 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/orcamento-e-financas-1>. Acesso em: 29 ago. 2024.

BRASIL. Presidência da República. **ProSub: conheça os detalhes do Programa de Desenvolvimento de Submarinos da Marinha do Brasil**. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2024/03/prosub-conheca-os-detalhes-do-programa-de-desenvolvimento-de-submarinos-da-marinha-do-brasil>. Acesso em: 13 ago. 2024.

BRASIL. Secretaria-Geral da Marinha. **SGM-201: Normas para Execução do Abastecimento**. 7ª ed. Brasília, DF, 2020c.

EMBRAER. **C-390 Millennium - Defesa Embraer**. Embraer, 2024a. Disponível em: <https://defense.embraer.com/air/c-390/>. Acesso em: 26 jul. 2024.

EMBRAER. **KC-390 - Re-Defining The Tactical Aerial Refuelling Space**. Aviation Week Network, 29 jun. 2022b. Disponível em: <https://aviationweek.com/defense-space/multi-mission-aircraft/kc-390-re-defining-tactical-aerial-refuelling-space>. Acesso em: 26 jul. 2024.

EMBRAER. **C-390 Millennium fleet operated by Brazilian Air Force completes 10,000 flight hours**. Portal Embraer, 2023. Disponível em: <https://embraer.com/global/en/news?slug=1207288-c-390-millennium-fleet-operated-by-brazilian-air-force-completes-10-000-flight-hours#:~:text=URL%3A%20https%3A%2F%2Fembraer.com%2Fglobal%2Fen%2Fnews%3Fslug%3D1207288,100>. Acesso em: 26 jul. 2024.

EMBRAER. **Sobre nós**. Embraer, 2024b. Disponível em: <https://embraer.com/br/pt/sobre-nos>. Acesso em 30 ago. 2024.

JOHNSON, Kimberly. **South Korea to Buy Embraer C-390 for Military Transport**. Flying Magazine, 2023. Disponível em: <https://www.flyingmag.com/south-korea-to-buy-embraer-c-390-for-military-transport/>. Acesso em: 4 ago. 2024.

JONES, G. L., WHITE, E. D., RYAN, E. T., & RITSCHER, J. D. **Investigation into the Ratio of Operating and Support Costs to Life-Cycle Costs for DoD Weapon Systems**. Defense Acquisition Research Journal, 2014: 21(1) 442-464.

MISLICK, G. K.; NUSSBAUM, D. A. **Cost Estimation: Methods and Tools**. John Wiley & Sons, Monterey, California, 2015.

NOGUEIRA, Régis M. **Analysis of a proposal to implement the readiness-based sparing process in the Brazilian Navy**. 2017. Tese (Mestrado em Administração de Negócios), Naval Postgraduate School, Monterey, California, 2017.

OTAN. **ALCCP-1.1 NATO Life Cycle Costs Common Methodology**. Edição A, Versão 1. Bruxelas, 2022.

OTAN. **AAP-20 NATO Programme Management Framework**. Edição C, Versão 1. Bruxelas, 2015.

OTAN. **AAP-48 NATO System Life cycle Processes**. Edição B, Versão 1. Bruxelas, 2013.

U.S. Government Accountability Office - GAO. **GAO Cost Estimating and Assessment Guide**. Washington, D.C., 2020.

VINHOLE, Thiago. **Eight countries are negotiating the acquisition of the KC-390, according to the commander of the Brazilian Air Force**. Air Data News, 2023a. Disponível em: <https://www.airdatanews.com/eight-countries-are-negotiating->

the-acquisition-of-the-kc-390-according-to-the-commander-of-the-brazilian-air-force/. Acesso em: 4 ago. 2024.

VINHOLES, Thiago. **Which countries can order the Embraer KC-390 Millennium?**. Air Data News, 2023b. Disponível em: <https://www.airdatanews.com/which-countries-can-order-the-embraer-kc-390-millennium/>. Acesso em: 4 ago. 2024.

APÊNDICE A - Fases da Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa

Fase	Propósito
Concepção	Avaliação das demandas para o SD, em que se desenvolvem estudos e modelos de engenharia que permitam estabelecer requisitos de sistema e a proposta uma solução conceitual viável.
Desenvolvimento	É realizado o desenvolvimento e validação completa da solução técnica proposta na fase de Concepção, mediante processo de projeto de engenharia. Deve ser detalhado até o nível em que seja possível iniciar as atividades da fase de produção.
Produção	Implementa, integra, verifica e valida o SD, produzindo evidências objetivas do cumprimento dos requisitos relacionados. Ao final, é realizada a avaliação operacional do SD, preparando sua operação.
Operação	Efetiva colocação do SD em operação, nos diversos ambientes operacionais, e garantia da efetividade continuada a um custo aceitável. Ocorre em paralelo com a Fase de Apoio.
Apoio	Provisão de serviços de suporte logístico que possibilitem sustentar a capacidade de operação do SD. A aplicação de <i>softwares</i> de modelagem e simulação possuem destacada importância nessa fase, que será devidamente abordada e detalhada no decorrer do trabalho.
Desfazimento	Consiste em desmilitarizar e retirar o SD, ao final da sua vida útil, do seu ambiente operacional, e encerrar os serviços operacionais e de apoio logístico.

Fonte: Brasil, 2019, p.21.