



**ESCOLA DE SARGENTOS DE LOGÍSTICA E COLÉGIO MILITAR DA VILA MILITAR
CURSO DE GESTÃO DE MATERIAL BÉLICO PARA OFICIAIS DO QUADRO DE MATERIAL BÉLICO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**



2º TEN DÊNIS FELIPE BARBOZA LEDUINO

1º TEN WILLIAM LUNA BATISTA (ORIENTADOR)

**CICLO DE VIDA DE MATERIAL BÉLICO E SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO DA
FORÇA**

RIO DE JANEIRO

2024

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE NATUREZA
PROFISSIONAL**

TÍTULO DO TRABALHO: CICLO DE VIDA DE MATERIAL BÉLICO E SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO DA FORÇA

AUTOR: DÊNIS FELIPE BARBOZA LEDUINO
--

Este trabalho, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado de minha propriedade.

Autorizo a Escola de Sargentos de Logística e Colégio Militar da Vila Militar – EsSLog/CMVM a utilizar meu trabalho para uso específico no aperfeiçoamento e evolução da Força Terrestre, bem como a divulgá-lo por publicação em revista técnica da Escola ou outro veículo de comunicação do Exército.

A Escola de Sargentos de Logística e Colégio Militar da Vila Militar – EsSLog/CMVM poderá fornecer cópia do trabalho mediante ressarcimento das despesas de postagem e reprodução. Caso seja de natureza sigilosa, a cópia somente será fornecida se o pedido for encaminhado por meio de uma organização militar, fazendo-se a necessária anotação do destino no Livro de Registro existente na Biblioteca.

É permitida a transcrição parcial de trechos do trabalho para comentários e citações desde que sejam transcritos os dados bibliográficos dos mesmos, de acordo com a legislação sobre direitos autorais.

A divulgação do trabalho, em outros meios não pertencentes ao Exército, somente pode ser feita com a autorização do autor ou da Direção Escola de Sargentos de Logística e Colégio Militar da Vila Militar – EsSLog/CMVM.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____.

2º Ten Dênis Felipe Barboza Leduino

2º TEN DÊNIS FELIPE BARBOZA LEDUINO

**CICLO DE VIDA DE MATERIAL BÉLICO E SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO DA
FORÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Sargentos de Logística e Colégio Militar da Vila Militar – EsSLog/CMVM como requisito parcial de conclusão do Curso de Gestão de Material Bélico para Oficiais do Quadro de Material Bélico.
Orientador: 1º Ten William Luna Batista.

RIO DE JANEIRO

2024

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me guiou por este caminho, me mostrando e permitindo que fossem feitas as escolhas ideais para chegar ao momento atual. Também dedico a meus pais e minha irmã que sempre me deram todo o suporte e motivação necessários durante esse Curso, proporcionando a conclusão com êxito dos meus desafios.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me mostrar o caminho e a oportunidade de realizar um curso de especialização especificamente para oficiais do Quadro de Material Bélico, me permitindo concluí-lo com êxito.

Agradeço a minha família e minha namorada que, sem dúvidas, foram parte fundamental durante toda a minha trajetória, acreditando na minha capacidade e me motivando nas mais diversas situações, devo tudo a eles, pelo apoio e crença em minha capacidade de concluir o curso.

Agradeço aos meus companheiros e minhas companheiras, que tiveram um papel fundamental, trazendo discussões e conhecimentos muito relevantes para oficiais logísticos poderem aplicar durante toda a carreira no período de tropa e em nossas Organizações Militares.

Agradeço à todos os instrutores que não mediram esforços para oferecer todo o suporte, disponibilizando o seu conhecimento, material e, principalmente, tempo, para concluir este trabalho e o curso com êxito e aproveitamento necessário.

RESUMO

CICLO DE VIDA DE MATERIAL BÉLICO E SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO DA FORÇA

AUTOR: Dênis Felipe Barboza Leduno

ORIENTADOR: William Luna Batista

Este trabalho aborda o ciclo de vida do material bélico e seu impacto no orçamento da Força, com base em uma pesquisa bibliográfica do tipo qualitativa, onde verificou-se que o ciclo de vida do material bélico compreende várias etapas, desde a concepção e produção até a utilização, manutenção e desativação. Cada fase desse ciclo implica custos significativos, que devem ser considerados no planejamento orçamentário da Força. A análise revela como a escolha de materiais, a eficiência na gestão de recursos e a inovação tecnológica influenciam não apenas a eficácia operacional, mas também a sustentabilidade financeira das operações militares. O objetivo geral foi analisar o ciclo de vida de material bélico e seu impacto no orçamento do Exército Brasileiro, identificando e propondo estratégias de gestão que promovam a eficiência financeira e operacional. O estudo conclui que uma abordagem integrada na gestão do ciclo de vida pode resultar em economias substanciais e maior eficiência, ressaltando a importância de políticas orçamentárias que levem em conta todos os aspectos do ciclo de vida do material bélico. Justifica-se a escolha do tema devido à necessidade de aprimorar a gestão do ciclo de vida de material bélico, visando a otimização do uso dos recursos orçamentários, a manutenção da capacidade operacional das forças armadas e a garantia de que as novas aquisições tecnológicas sejam eficazes e economicamente viáveis.

Palavras-chave: Ciclo de vida. Material bélico. Impacto no orçamento. Exército Brasileiro.

ABSTRACT LIFE CYCLE OF WAR MATERIALS AND ITS IMPACT ON THE FORCE'S BUDGET

AUTHOR: Dênis Felipe Barboza Leduino

ACADEMIC ADVISOR: William Luna Batista

This work addresses the life cycle of war material and its impact on the Force's budget, based on qualitative bibliographical research, where it was found that the life cycle of war material comprises several stages, from conception and production to use, maintenance and deactivation. Each phase of this cycle involves significant costs, which must be considered in the Force's budget planning. The analysis reveals how the choice of materials, efficiency in resource management and technological innovation influence not only operational effectiveness, but also the financial sustainability of military operations. The general objective was to analyze the life cycle of war material and its impact on the Brazilian Army's budget, identifying and proposing management strategies that promote financial and operational efficiency. The study concludes that an integrated approach to life cycle management can result in substantial savings and greater efficiency, highlighting the importance of budgetary policies that take into account all aspects of the life cycle of war material. The choice of the topic is justified due to the need to improve the management of the life cycle of war material, aiming to optimize the use of budgetary resources, maintain the operational capacity of the armed forces and ensure that new technological acquisitions are effective and economically viable.

Keywords: Life cycle. Military material. Impact on the budget. Brazilian Army.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de Vida do Produto.....	15
Figura 2 – Ciclo de vida de materiais de emprego militar.....	16
Figura 3 – Curva da Banheira.....	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COLOG	Comando Logístico
COTER	Comando de Operações Terrestres
CVP	Ciclo de Vida do Produto
DEC	Departamento de Engenharia e Construção
DCT	Departamento de Ciência e Tecnologia
EB	Exército Brasileiro
EME	Estado-Maior do Exército
GCV	Gestão do Ciclo de Vida
IG	Instrução Geral
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MEM	Materiais de Emprego Militar
MTTF	Tempo Médio até a Falha
OM	Organização Militar
RAMS	<i>Reliability, Availability, Maintainability and Safety</i>
ROB	Requisitos Operacionais Básicos
RTB	Requisitos Técnicos Básicos
SIPLEx	Sistema de Planejamento do Exército
SMEM	Sistemas de Material de Emprego Militar

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos.....	12
1.2 Referencial Teórico	13
1.3 Referencial Metodológico.....	13
1.3.1 Tipo de Pesquisa	13
1.3.2 Método.....	13
1.3.2.1 Método de Pesquisa Bibliográfico.....	13
2. DESENVOLVIMENTO	14
2.1 Aspectos objetivos/subjetivos dos produtos e introdução ao mercado comercial.....	14
2.2. Análise perante o uso dos materiais bélicos no Exército Brasileiro.....	17
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

É fundamental que o ciclo de vida de material bélico tenha uma gestão eficiente para garantir a prontidão e eficácia operacional das Forças Armadas. Ademais, considerando a complexidade e os altos custos que envolvem as diversas fases do ciclo de vida de material bélico (concepção, desenvolvimento, aquisição, utilização, manutenção e descarte dos produtos), é necessário analisar e compreender tais processos, a fim de garantir a otimização dos recursos financeiros.

A considerar o cenário global em que as demandas de segurança e defesa nacional estão em constante evolução, as Forças Armadas enfrentam desafios diversos, como equilibrar a necessidade de atualização tecnológica com as condições orçamentárias possíveis. A falta de uma gestão eficiente e séria, ou de uma concreta análise sistemática sobre os investimentos e gastos, pode resultar em desperdícios ou uso ineficaz dos recursos, atrasos de substituição de equipamentos e comprometimento da operacionalidade.

Dessa forma, a relevância do presente estudo consiste na necessidade de transparência e responsabilidade na utilização dos recursos públicos, em consideração aos princípios da administração. Ao identificar áreas de otimização e implementar práticas de gestão financeiras concretas e eficazes, o Exército Brasileiro apresenta um compromisso com a responsabilidade, eficiência e sustentabilidade, que se justificam perante uma forma clara e objetiva dos investimentos de segurança.

O tema justifica-se pela necessidade de aprimorar a gestão do ciclo de vida de material bélico, o qual tem o objetivo de otimizar o uso dos recursos orçamentários, promover a manutenção da capacidade operacional da Força e garantir que novas aquisições de produtos tecnológicos sejam eficazes, necessárias e economicamente viáveis.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o ciclo de vida de material bélico e seu impacto no orçamento do Exército Brasileiro.

1.1.2 Objetivos específicos

Identificar e propor estratégias de gestão que promovam a eficiência financeira e operacional, fornecendo um entendimento detalhado das diferentes fases do ciclo de vida,

avaliando os custos associados e sugerindo práticas de otimização que possam contribuir para a sustentabilidade econômica e a prontidão operacional.

1.2 Referencial teórico

O presente estudo apresenta uma análise de conceitos abordados por outros pesquisadores, bem como das concepções integradas pelo Controle Patrimonial do Exército Brasileiro, visando entender como o ciclo de vida dos materiais bélicos influenciam o orçamento fiscal.

Apresenta-se a tese que correlaciona os integrantes do Exército Brasileiro para melhor dinâmica de aproveitamento dos materiais perante a contraposição de teoria e prática.

1.3 Referencial Metodológico

1.3.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa foi realizada por meio de investigação bibliográfica e exploração documental, perante uma abordagem qualitativa sobre produtos, seu ciclo de vida, marketing, integração desses ao Exército Brasileiro e utilização dos materiais bélicos perante as incorporações.

1.3.2 Método

1.3.2.1 Método de Pesquisa Bibliográfico

Por ser um estudo conceitual e abstrato, com diversas fontes de consulta, foi necessário realizar uma pesquisa sobre legislações do exército brasileiro; livros e artigos que apresentam os aspectos objetivos e subjetivos de produto, comercialização/marketing; tal como verificar o uso finalístico dos materiais bélicos no Exército Brasileiro, visando o melhor uso dos recursos financeiros, garantindo uma gestão correta e benéfica.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Aspectos objetivos/subjetivos dos produtos e introdução ao mercado comercial

A teoria do ciclo de vida do produto (CVP) é um conceito fundamental em marketing e gestão de produtos que descreve as diferentes fases pelas quais um produto passa desde sua introdução no mercado até sua eventual descontinuação. Este ciclo é geralmente dividido em quatro etapas principais: introdução, crescimento, maturidade e declínio (Keller; Kotler, 2018).

Na fase de introdução, o produto é lançado no mercado, as vendas são inicialmente baixas, e os esforços de marketing se concentram em criar conscientização e atrair os primeiros consumidores. Nesse estágio, os custos são altos devido ao investimento em desenvolvimento e marketing, e os lucros tendem a ser negativos ou muito baixos.

À medida que o produto ganha aceitação, entra na fase de crescimento, momento em que as vendas começam a aumentar rapidamente, impulsionadas pela crescente demanda e pela recomendação dos consumidores. As empresas frequentemente investem mais em publicidade e distribuição para capitalizar sobre esse crescimento. Os lucros começam a aumentar, à medida que os custos fixos são diluídos entre um maior volume de vendas.

A maturidade é a terceira fase, onde o crescimento das vendas começa a desacelerar, o mercado se torna saturado, e a concorrência intensifica-se. As empresas precisam buscar maneiras de diferenciar seus produtos, seja através de inovações, promoções ou redução de preços e a rentabilidade geralmente atinge seu pico durante essa fase, mas a pressão competitiva pode levar a uma diminuição gradual dos lucros.

Na fase de declínio, as vendas e os lucros começam a cair, podendo ocorrer devido a mudanças nas preferências dos consumidores, inovações tecnológicas ou a entrada de novos concorrentes. As empresas devem decidir se irão descontinuar o produto, relançá-lo com modificações ou buscar novos mercados.

Figura 1 – Ciclo de Vida do Produto

Etapas do ciclo de vida do produto



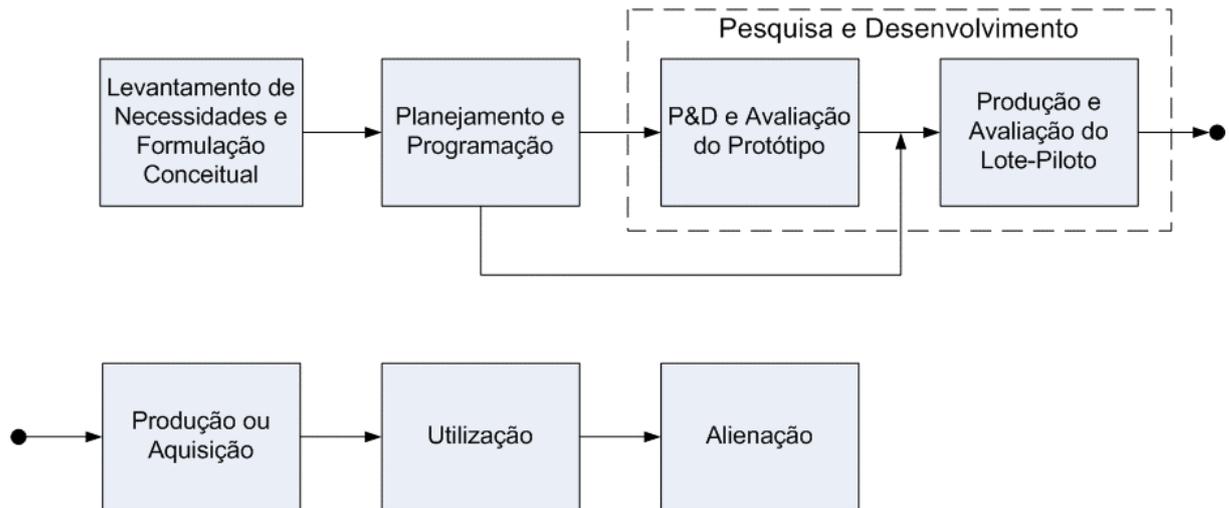
Fonte: Labone (2024)

Compreender o ciclo de vida do produto é de grande importância para o desenvolvimento de estratégias eficazes de marketing e gestão. As empresas que conseguem identificar em qual fase um produto se encontra podem ajustar suas táticas, alocar recursos adequadamente e maximizar os lucros ao longo do tempo, desta forma, a teoria do ciclo de vida do produto fornece uma estrutura para a tomada de decisões, ajudando as organizações a se adaptarem a um ambiente de mercado em constante mudança.

Segundo Brasil (2021), o ciclo de vida do material militar começa com a aquisição realizada pelos setores responsáveis pelas compras no Exército, que, através de uma cadeia de suprimentos, distribui e integra o material ao Sistema Corporativo de Controle Patrimonial das Organizações Militares.

A partir desse ponto, todo o controle é executado para preservar a vida útil de cada item adquirido pela Força Terrestre até que os materiais se tornem inservíveis, o que indica o encerramento do ciclo, marcando o início do processo administrativo chamado descarga, onde os itens inservíveis são removidos da lista de controle e enviados para as Organizações Militares de Logística, que, na maioria das vezes, são responsáveis pelo importante trabalho de eliminação dos materiais militares (BRASIL, 2010).

Figura 2 – Ciclo de vida de materiais de emprego militar



Fonte: Carvalho (2004)

A Figura 2 ilustra o ciclo de vida dos Materiais de Emprego Militar (MEM) no Exército de forma sucinta. Inicialmente, realiza-se a formulação conceitual, onde são identificadas as necessidades, condições e especificações. Após a análise das opções disponíveis, decide-se o método de obtenção. Neste estágio, o ciclo pode seguir para pesquisa e desenvolvimento, com a criação e teste de um protótipo. Se o protótipo atende às especificações, o material avança para a produção e avaliação de um lote-piloto. Caso a opção seja pela aquisição direta, o ciclo segue imediatamente para a avaliação do lote-piloto. Se o lote-piloto cumprir os requisitos, o ciclo continua para produção ou aquisição de demais lotes, em seguida, para a fase de utilização. O ciclo é concluído quando o material é desativado. Em cada etapa, diferentes órgãos atuam como responsáveis ou executores.

É importante destacar que a escolha de cada método de obtenção traça um caminho distinto no ciclo de vida dos MEM. O Exército Brasileiro utiliza enormes quantidades de materiais, portanto, as decisões relacionadas à forma de obtenção dos materiais podem impactar significativamente a alocação de recursos entre os diferentes órgãos do Exército.

Allison (1969) desenvolveu um método de análise que examina a tomada de decisão sob três perspectivas distintas. A primeira perspectiva considera a escolha de alternativas como fruto de decisões racionais, a segunda sugere que a decisão é o resultado de um processo organizacional, influenciado pelas normas, crenças e padrões de comportamento que predominam na instituição. Por fim, o terceiro modelo, de natureza política, propõe que a decisão emerge de negociações entre os diversos participantes dentro de uma organização.

2.2. Análise perante o uso dos materiais bélicos no Exército Brasileiro

No âmbito Exército Brasileiro, para a condução eficaz da atividade de Gestão do Ciclo de Vida (GCV) dos Sistemas de Material de Emprego Militar (SMEM), são definidos um conjunto de procedimentos para as atividades e eventos que acontecem ao longo do processo. Ele designa responsabilidades específicas a diferentes entidades envolvidas nessas atividades e eventos, estabelecidas pelo Art. 3º das Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018).

Entre as organizações mencionadas nesse documento, o Estado-Maior do Exército (EME) desempenha um papel central. O EME é responsável por conduzir e monitorar as atividades relacionadas aos processos decisórios, expedindo diretrizes gerais e supervisionando todas as etapas do ciclo de vida dos materiais (BRASIL, 2024). De acordo com a supracitada Instrução Geral (IG), o EME também é incumbido de elaborar, revisar e publicar manuais, garantindo que as operações e o desenvolvimento do material bélico sigam padrões estabelecidos.

Além do EME, o Comando de Operações Terrestres (COTER) é encarregado de produzir doutrinas que influenciam a obtenção de Materiais de Emprego Militar (MEM) e de supervisionar o desenvolvimento de sistemas de material em alinhamento com as diretrizes doutrinárias (BRASIL, 2024). O COTER também participa ativamente no planejamento e supervisão das avaliações operacionais, fundamentais para validar doutrinas e garantir a eficácia do material empregado.

Outro ator importante no processo é o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT), que supervisiona e coordena atividades de desenvolvimento e produção, bem como testes e avaliações dos protótipos e dos lotes-piloto (BRASIL, 2024). O DCT também é responsável pela modernização e revitalização do material bélico, sempre buscando garantir a eficiência operacional e tecnológica.

A colaboração entre esses órgãos garante que todas as fases do ciclo de vida sejam executadas de maneira coordenada e eficiente. O Comando Logístico (COLOG) e o Departamento de Engenharia e Construção (DEC) desempenham os papéis de coordenar atividades relacionadas ao apoio logístico e à obtenção de materiais de prateleira (BRASIL, 2024). Estes departamentos asseguram que os materiais estejam disponíveis e sejam devidamente distribuídos para as unidades que deles necessitam.

O usuário finalístico, representado pelos comandos militares de área, desempenha um papel fundamental na utilização do material bélico. Eles são responsáveis pelo planejamento do emprego do material e pela inserção de registros nos sistemas de acompanhamento doutrinário e de lições aprendidas, além de avaliar o desempenho operacional e logístico dos materiais sob sua jurisdição (BRASIL, 2024).

O modelo abrange desde a identificação da necessidade até a disposição do material, levando em conta tanto os casos de pesquisa e desenvolvimento quanto aqueles relacionados à aquisição de produtos já elaborados por empresas, sejam elas nacionais ou estrangeiras.

Os MEM são divididos em seis categorias que visam contemplar todas as situações possíveis:

MEM Tipo A – material novo a ser pesquisado e/ou desenvolvido, no país ou no exterior, pelo exército, ou por empresa nacional, ou por empresa estrangeira, ou por conjunto dessas organizações, mediante convênios, contratos ou acordos de cooperação com o Exército; MEM Tipo B – material em uso corrente no Exército em processo de modernização ou aperfeiçoamento; MEM Tipo C – material em uso corrente no Exército, de origem nacional ou estrangeira; MEM Tipo D – material em uso corrente, no país ou no exterior, em processo de nacionalização; MEM Tipo E – material em pesquisa ou desenvolvimento ou já desenvolvido, por empresa nacional ou estrangeira, por iniciativa própria, de interesse do Exército; MEM Tipo F – material em pesquisa ou desenvolvimento ou já desenvolvido, por empresa nacional ou estrangeira, por iniciativa própria, sem interesse imediato do Exército (BRASIL, 1994, p. 2-4).

A primeira etapa do ciclo de vida começa com a identificação das necessidades presentes e futuras do Exército em relação aos Materiais de Emprego Militar. Em seguida, o Sistema de Planejamento do Exército (SIPLEX), fundamentado nas estratégias do Exército, estabelece quais necessidades devem ser priorizadas. Depois disso, são elaborados os requisitos operacionais e técnicos, permitindo o desenvolvimento de soluções viáveis e sua implementação (BRASIL, 1994).

Segundo Lima (2007), os processos de preparação sinalizam o início da fase de Planejamento e Programação. Com base nas análises e pareceres produzidos, os líderes do EME, COLOG, DCT e COTER determinam se o material deve ser adquirido no mercado ou se deve ser pesquisado e desenvolvido internamente pelo Exército. Após a primeira Reunião Decisória, são designadas as responsabilidades aos Órgãos de Direção Setorial, além de serem definidos os quantitativos e a inclusão do projeto de aquisição no SIPLEX.

Na fase de pesquisa e desenvolvimento, busca-se desenvolver um protótipo e, em seguida, um lote piloto que atenda às características técnicas e operacionais especificadas

nos Requisitos Operacionais Básicos (ROB) e Requisitos Técnicos Básicos (RTB), ou, quando aplicável, nas Diretrizes para Modernização, Aperfeiçoamento ou Nacionalização, junto com suas complementações técnicas, ou nas especificações do fabricante. Essa fase é liderada pelo Departamento de Ciência e Tecnologia e consiste em quatro subfases: Pesquisa e Desenvolvimento do Protótipo; Avaliação do Protótipo; Produção do Lote Piloto; e Avaliação do Lote Piloto (LIMA, 2007).

Na fase de produção e aquisição, busca-se garantir que o MEM seja obtido em qualidade e quantidade adequadas para atender à necessidade original identificada pelo EME ou pelo Departamento Logístico. O processo se inicia com a licitação e a celebração do contrato de produção ou aquisição, seguindo as normas do EME e a legislação vigente sobre licitações e contratos no âmbito do Governo Federal. Esses contratos incluem cláusulas relacionadas a suprimento, manutenção e garantias, e a fase se conclui com o recebimento, armazenamento e distribuição do MEM produzido ou adquirido. Ao mesmo tempo, são executadas ações paralelas nas áreas de manutenção, suprimento, instrução, estrutura organizacional, manuais de campanha e manuais técnicos, assegurando que, ao ser entregue às tropas, o MEM esteja em perfeitas condições de uso e manutenção (LIMA, 2007).

Na fase de utilização, as OM que receberam o MEM devem, sempre que necessário, relatar suas deficiências. O COLOG, por meio de suas Chefias, realiza uma busca sistemática para identificar possíveis deficiências relevantes. Após a análise e consolidação dessas deficiências, pode surgir a necessidade de reciclar o MEM para aprimorá-lo. Quando os aperfeiçoamentos já não são viáveis, seja por questões técnicas ou econômicas, quando a situação militar exige mudanças na doutrina ou no MEM, ou ainda quando o material mostra sinais de desgaste, este é levado à Quarta Reunião Decisória para determinar seu futuro: modernização, aprimoramento, nacionalização ou alienação. Se a decisão for modernizar, aprimorar ou nacionalizar, o MEM retorna à Fase de Levantamento das Necessidades e Formulação Conceitual; caso contrário, se a decisão for alienar, o MEM passa para a Fase de Alienação (LIMA, 2007).

A fase de alienação começa com o Ato de Desativação, seguido pela remoção do MEM do inventário, seu recolhimento e venda (LIMA, 2007).

Para o Exército Brasileiro, a manutenção é de suma importância, estando relacionada diretamente ao ciclo de vida do material bélico e por consequência, ao impacto no orçamento

da Força, tendo em vista que, materiais que duram mais não exigem gastos para reposição de peças, ou substituição dos mesmos, atendendo ao princípio da economicidade.

A manutenção é definida pela norma NBR 5462 da ABNT (1994 apud PASQUA, 1999, p.12), como “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desenvolver uma função requerida”.

De acordo com Siqueira (2005), a origem da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) relaciona-se aos processos tecnológicos e sociais que se desenvolveram após a Segunda Guerra Mundial, sendo que a mesma tem por objetivo aumentar a operacionalidade dos equipamentos, melhorar a segurança e reduzir os custos de manutenção.

Quando nos referimos à confiabilidade estamos nos referindo ao conjunto de parâmetros confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança que representa a RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability and Safety*), onde Oliveira (2007, p. 4) diz que “o conceito RAMS representa a confluência dos quatro assuntos, uma vez que a Confiabilidade, a Disponibilidade, a Manutenibilidade e a Segurança estão interligadas, costumam ser implementadas em conjunto e possuem a mesma base teórica fundamentada na estatística.”

A manutenção se interessa pela chance de um item continuar funcionando em um determinado período (como tempo, ciclo, distância, etc.). Essa chance de funcionamento contínuo é chamada de confiabilidade (SIQUEIRA, 2005). Para aprimorar a confiabilidade, é necessário considerar as falhas como eventos e o tempo como uma variável aleatória contínua. No entanto, é fundamental primeiro definir o que é falha.

Segundo Siqueira (2005), de forma geral, uma falha é a interrupção ou modificação da habilidade de um item em realizar uma função exigida ou esperada. Evitar e corrigir falhas são os principais objetivos da manutenção. Para isso, é fundamental entender como os sistemas falham. O estudo das falhas é uma parte essencial da Manutenção Centrada na Confiabilidade, após a identificação e documentação das funções.

Depois de compreender o que é uma falha, é necessário entender características importantes relacionadas a ela. Entre essas características estão os sintomas, os efeitos, os modos, os mecanismos e as causas das falhas. No contexto da distribuição de Confiabilidade, a média é representada pelo termo MTTF, que significa Tempo Médio até a Falha.

De acordo com Leitch (1995), essa média está relacionada à primeira falha de um item que pode ser reparado, ou seja, se o item é reparável após uma falha, a média indicará apenas o tempo de operação esperado até que a primeira falha ocorra.

A manutenibilidade é a probabilidade de que um sistema com falha seja restaurado ao seu estado de funcionamento dentro de um tempo específico e sob condições determinadas. Os principais desafios no modelamento da manutenibilidade estão relacionados aos procedimentos humanos. Ela depende de diversos fatores, como a qualificação da força de trabalho, o acesso a recursos de reparo, como ferramentas e peças de reposição, além de sistemas de orientação, como manuais de diagnóstico e reparo (LEITCH, 1995).

A variação nas distribuições de reparo tende a ser significativa, dependendo da qualificação e do acesso a recursos de reparo. A manutenibilidade também se baseia em estatísticas, sendo possível modelar seu comportamento com as mesmas funções. A função de manutenibilidade ou probabilidade acumulada de tempo de reparo indica a chance de um reparo ser concluído em um determinado período. A função de taxa de reparo mostra a probabilidade de que um item com defeito seja consertado no próximo intervalo de tempo. O termo TTR – "*Time To Repair*" (tempo para reparo) representa o tempo esperado para diagnóstico e reparo (LEITCH, 1995).

Segundo Souza (2008), o conceito de disponibilidade refere-se ao tempo em que os equipamentos estão prontos para operar de forma eficaz. O tempo disponível de um equipamento é a soma do tempo em que ele está em operação e o tempo em *standby*. Já o tempo de indisponibilidade é quando o equipamento está sendo reparado ou aguardando manutenção.

De acordo com a RELIASOFT BRASIL (2006), os usuários desejam produtos prontos para uso quando necessário. Isso está relacionado à "disponibilidade", ou seja, a capacidade de um item desempenhar sua função designada quando solicitado. "A disponibilidade de um produto depende do número de falhas que ocorrem (confiabilidade), do tempo necessário para corrigir essas falhas (manutenibilidade) e do suporte logístico disponível para manutenção" (SOUZA, 2008, p. 16).

Guimarães (2003, apud OLIVEIRA, 2007, p. 38) afirma que, "segurança é a habilidade de uma entidade para prevenir, dentro de condições específicas, eventos críticos para sua operação ou desastrosos para seus operadores e o meio ambiente."

A segurança também pode ser avaliada como uma probabilidade, que depende do tempo, da ocorrência de eventos catastróficos, e frequentemente dos parâmetros de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade (OLIVEIRA, 2007).

A manutenção é uma forma de aumentar o ciclo de vida de um material bélico. O termo manutenção tem origem histórica no contexto militar, significando a preservação das tropas e equipamentos de combate em condições operacionais (FERREIRA, 2010).

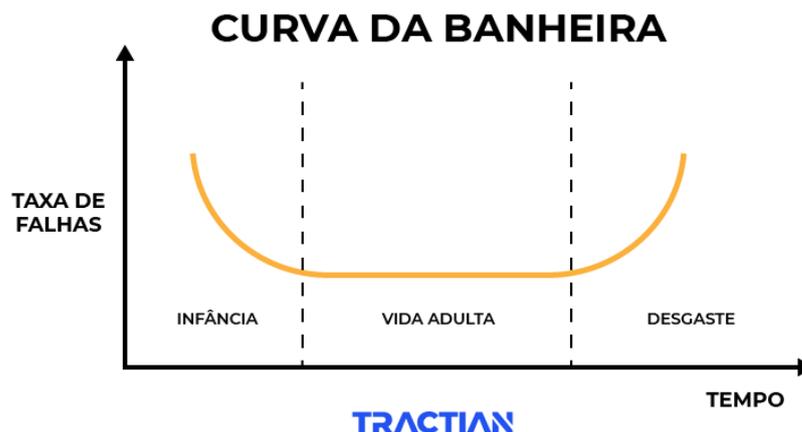
Piran et al. (2021) explicam que, além da manutenção, a escolha de materiais, a eficiência na gestão de recursos e a inovação tecnológica são de grande relevância para a eficácia operacional e a sustentabilidade financeira das operações militares. Em um cenário global cada vez mais complexo, a Força enfrenta o desafio de manter a prontidão e a eficácia, enquanto gerenciam orçamentos restritos e crescentes preocupações ambientais.

A escolha de materiais é um ponto de partida essencial, materiais avançados e duráveis, como ligas metálicas leves e compostos sintéticos, podem reduzir o peso e aumentar a resistência dos equipamentos militares, o que não apenas melhora a mobilidade e a resistência no campo de batalha, mas também reduz a necessidade de substituições frequentes, economizando recursos financeiros a longo prazo (PIRAN et al., 2021).

Segundo Guimarães et al. (2021), a eficiência na gestão de recursos é igualmente importante, desta forma, estratégias de logística aprimoradas, como o uso de sistemas de gestão de inventário em tempo real, permitem que o EB minimize o desperdício e maximizem a utilização dos recursos disponíveis. Um gerenciamento mais preciso dos suprimentos significa menos gastos desnecessários e uma maior capacidade de resposta às necessidades operacionais.

De forma a auxiliar a gestão de recursos é possível utilizar ferramentas como a “Curva da Banheira”: um modelo gráfico que representa a taxa de falhas de um equipamento ou sistema ao longo de seu ciclo de vida. Esta curva é amplamente utilizada nas engenharias nos campos da confiabilidade e manutenção para descrever o comportamento típico de falhas em componentes mecânicos e eletrônicos. O nome "Curva da Banheira" deriva de sua forma característica, que lembra o perfil de uma banheira, com uma fase inicial de alta taxa de falhas, seguida por um período de baixa taxa constante, e, por fim, uma fase de aumento progressivo das falhas.

Figura 3 – Curva da Banheira



Fonte: Marinelli (2022)

Segundo Leitch (1995), a Curva da Banheira é dividida em três fases principais: **mortalidade infantil**, **vida útil** e **desgaste**. Na fase inicial, conhecida como mortalidade infantil, a taxa de falhas é elevada devido a defeitos de fabricação, erros de instalação ou problemas de ajuste. Essa fase é caracterizada por falhas que ocorrem logo após a instalação do equipamento, e, à medida que os defeitos são identificados e corrigidos, a taxa de falhas tende a diminuir rapidamente.

Após essa fase inicial, o equipamento entra na fase de **vida útil**, onde a taxa de falhas se estabiliza e permanece relativamente baixa. De acordo com Siqueira (2005), essa é a fase mais longa e estável do ciclo de vida do equipamento, durante a qual a maioria das falhas é aleatória e associada ao desgaste normal dos componentes. Durante essa fase, o equipamento opera de maneira confiável, desde que seja submetido a manutenções preventivas adequadas.

Por fim, o equipamento atinge a fase de **desgaste**, onde a taxa de falhas começa a aumentar novamente devido ao envelhecimento natural dos componentes e ao esgotamento de sua vida útil. Segundo Pasqua (1999), nesta fase, o equipamento está mais propenso a falhas frequentes e necessita de intervenções mais intensivas, como substituição de peças ou até a substituição total do sistema.

Portanto, a Curva da Banheira oferece uma visão abrangente do comportamento de falhas ao longo do ciclo de vida de um equipamento, sendo uma ferramenta crucial para a formulação de estratégias de manutenção. Com base nas três fases da curva, é possível adotar medidas específicas para minimizar as falhas iniciais, manter a confiabilidade durante a vida

útil do equipamento e gerenciar o desgaste de forma eficiente, otimizando os recursos e reduzindo os custos operacionais.

A inovação tecnológica atua como um catalisador para ambos os elementos anteriores. Tecnologias emergentes, como a inteligência artificial e a automação, oferecem novas maneiras de otimizar operações e reduzir custos. Drones, por exemplo, podem realizar missões de reconhecimento sem o risco e o custo associados às missões tripuladas. Sistemas de informação avançados permitem o planejamento e a execução de operações com uma precisão sem precedentes, garantindo que cada recurso seja utilizado da maneira mais eficiente possível (GUIMARÃES et al., 2021).

A incorporação de tecnologias verdes, como fontes de energia renovável e veículos elétricos, não só diminui a pegada de carbono, que é “a quantidade de gases do efeito estufa emitida na atmosfera por alguma atividade humana” (National Geographic, 2022) das operações militares, mas também reduz a dependência de combustíveis fósseis, resultando em economias financeiras significativas. A sustentabilidade não é apenas uma preocupação ambiental, mas também uma estratégia econômica de longo prazo (KALAR et al., 2021).

Portanto, a integração dessas três áreas (escolha de materiais, gestão de recursos e inovação tecnológica) não apenas reforça a eficácia operacional das Forças Armadas, mas também assegura a sustentabilidade financeira, essencial para enfrentar os desafios do futuro.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apontou que o ciclo de vida do material bélico e seu impacto no orçamento da Força destaca a importância de uma gestão eficiente em todas as fases desse ciclo. Desde a aquisição, onde decisões estratégicas podem influenciar significativamente os custos futuros, até a operação e manutenção, cada etapa demanda atenção cuidadosa para garantir a sustentabilidade financeira e operacional das forças armadas.

Os custos associados ao material bélico não se limitam apenas ao investimento inicial, mas se estendem a despesas contínuas com manutenção, treinamento e eventual desativação, assim sendo, uma abordagem integrada que considere o ciclo de vida completo é essencial para otimizar os gastos e maximizar a eficácia das operações militares. A implementação de práticas de gestão de ativos, aliada a tecnologias emergentes e a análise de dados, pode contribuir para uma melhor previsão de custos e uma alocação mais eficiente dos recursos.

É fundamental que as Forças Armadas adotem estratégias que promovam a inovação e a sustentabilidade, mitigando os impactos financeiros e ambientais associados à gestão de material bélico. A colaboração entre setores públicos e privados pode facilitar a adoção de soluções mais eficazes e sustentáveis.

Desta forma, a compreensão profunda do ciclo de vida do material bélico não apenas proporciona uma visão clara dos desafios financeiros enfrentados, mas também abre oportunidades para a melhoria contínua. Com uma gestão proativa e estratégica, é possível garantir que os recursos sejam utilizados de maneira eficaz, assegurando a prontidão e a capacidade operacional das Forças Armadas em um cenário global em constante evolução.

REFERÊNCIAS

ALLISON, G. T. **Conceptual Models and the Cuban Missile Crisis**. 1969. Disponível em: < <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/AD0674036.pdf>>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.

BRASIL. **EB10-IG-01.018: Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar**, 3ª edição. Brasília: Exército Brasileiro, 2024.

BRASIL. **IG 20-12: Modelo Administrativo do Ciclo de Vida dos Materiais de Emprego Militar**. Brasília: Exército Brasileiro, 1994.

BRASIL. Ministério do Exército . **Portaria no 232, de 06 de abril de 2010**. Aprova as Instruções Gerais para a Gestão de Material Inservível do Comando do Exército (IG 10-67) e dá outras providências, 2010.

BRASIL. Ministério do Exército . **Portaria no 1.555, de 09 de julho de 2021**. Aprova o Regulamento de Administração do Exército (RAE), EB10-R-01.003, 1a Edição, 2021.

GUIMARÃES, J. C. et al. **Gestão pública e eficiência: modelos, teorias e tendências sobre políticas públicas no Brasil**. São Paulo: CRV, 2022.

KALAR, B. et al. **Resource efficiency in the innovative and conservative stages of a firm's Evolution**. 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344920304298>>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.

KELLER, K. L.; KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 15ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

LEITCH, R. D. **Reliability Analysis for Engineers: An Introduction**. New York: Oxford, 1995.

LIMA, F. C. **O processo decisório para obtenção de materiais de emprego militar no Exército Brasileiro**. 2007. Disponível em: <<https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/53c5983b-db90-4972-9120-c5cc7fbfcbc2/content>>. Acesso em: 20 de agosto 2024.

MARINELLI, IGOR. Entenda o que é curva da banheira. Disponível em: <<https://revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/entenda-o-que-e-curva-da-banheira.html>>. Acesso em: 30 de agosto de 2024.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **O que é a pegada de carbono e como medi-la** - Conheça ferramentas e conselhos para identificar o impacto da pegada de carbono no planeta e o que pode ser feito para reduzir seus efeitos. 2022. Disponível em: < <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/05/o-que-e-a-pegada-de-carbono-e-como-medi-la>> Acesso em 30 de agosto de 2024.

OLIVEIRA, S. M. **A gestão de programas de desenvolvimento: aplicação de confiabilidade, manutenibilidade e segurança.** 2007. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001597304>>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.

PASQUA, M. C. **Desenvolvimento de uma sistemática para padronização e gerenciamento da programação da manutenção de equipamentos e instalações a partir dos conceitos da qualidade.** 1999. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001070542>>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.

PIRAN, F. S. et al. **Análise e gestão da eficiência: aplicação em sistemas produtivos de bens e serviços.** São Paulo: Folio Digital, 2021.

RELIASOFT BRASIL. **Manutenção Centrada em Confiabilidade.** 2006. Disponível em: <www.reliasoft.com.br>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implantação.** Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2005.