



CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES

CAP ART CORDOVA NAMUCHE HAMET PAUL A.

INTEGRAÇÃO DA SIMULAÇÃO NA GESTÃO DE SUPRIMENTO E MANUTENÇÃO

**Formosa – GO
2024**



CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES

CAP ART CORDOVA NAMUCHE HAMET PAUL A.

INTEGRAÇÃO DA SIMULAÇÃO NA GESTÃO DE SUPRIMENTO E MANUTENÇÃO

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a especialização do curso de Gerente Logístico do Sistema de Mísseis e Foguetes.

**Formosa – GO
2024**



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO MILITAR DO PLANALTO
CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE MÍSSEIS E FOGUETES
DIVISÃO DE DOCTRINA E PESQUISA**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: CAP ART CORDOVA NAMUCHE HAMET PAUL ARISTIDES

TÍTULO: INTEGRAÇÃO DA SIMULAÇÃO NA GESTÃO DE SUPRIMENTO E MANUTENÇÃO

Trabalho acadêmico apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, como requisito para a Gerente Logístico do Sistema de Mísseis e Foguetes.

APROVADO EM ____/____/2024

CONCEITO: _____

BANCA EXAMINADORA

Membro	Menção Atribuída

INTEGRAÇÃO DA SIMULAÇÃO NA GESTÃO DE SUPRIMENTO E MANUTENÇÃO

Cordova Namuche Hamet Paul A.

RESUMO

Este trabalho explora a integração de simuladores na gestão de suprimento e manutenção nas forças armadas, com foco em como essas ferramentas podem otimizar a eficiência das operações logísticas. O estudo baseia-se numa análise qualitativa de casos selecionados de potências militares que implementaram tecnologias de simulação nos seus sistemas de gestão. Através da revisão de documentos e estudos de caso, são examinadas as estratégias utilizadas por estes países, bem como os benefícios e desafios associados à adoção de simuladores. Os resultados indicam que a simulação pode melhorar significativamente o planeamento e a execução de operações críticas, facilitando uma melhor alocação de recursos e reduzindo custos operacionais. No entanto, também são identificados obstáculos como a resistência à mudança e as complexidades técnicas inerentes à implementação destas tecnologias. Com base nos resultados, são propostas recomendações para a integração eficaz de simuladores na gestão da logística militar. Esta pesquisa contribui para o campo da logística militar ao fornecer um arcabouço conceitual e prático para a adoção de simulação na gestão de manutenção e abastecimento.

Palavras-chave: simulação; logística militar; suprimento; manutenção; tecnologia de simulação.

RESUMEN

Este trabajo explora la integración de simuladores en la gestión de mantenimiento y abastecimiento dentro de las fuerzas militares, con un enfoque en cómo estas herramientas pueden optimizar la eficiencia de las operaciones logísticas. El estudio se basa en un análisis cualitativo de casos seleccionados de potencias militares que han implementado tecnologías de simulación en sus sistemas de gestión. Mediante la revisión de documentos y estudios de caso, se examinan las estrategias utilizadas por estos países, así como los beneficios y desafíos asociados con la adopción de simuladores. Los resultados indican que la simulación puede mejorar significativamente la planificación y ejecución de operaciones críticas, facilitando una mejor asignación de recursos y reduciendo los costos operativos. No obstante, también se identifican obstáculos como la resistencia al cambio y las complejidades técnicas inherentes a la implementación de estas tecnologías. A partir de los hallazgos, se proponen recomendaciones para la integración efectiva de simuladores en la gestión de la logística militar. Esta investigación contribuye al campo de la logística militar proporcionando un marco conceptual y práctico para la adopción de simulación en la gestión de mantenimiento y abastecimiento.

Palabras clave: simulación, logística militar, abastecimiento, mantenimiento, tecnología de simulación.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Constatações sobre a capacidade logística da JDLM.....	23
Figura 2	- Regiões de consumo JDLM.....	24
Figura 3	- Captura de tela do Global Combat Support System-Army mostra como as informações sobre a disponibilidade de peças de reparo e outros suprimentos são fornecidas ao usuário.....	26
Figura 4	- Captura de tela mostra o painel Team Health, que permite aos usuários visualizar o status da equipe de uma organização específica com base nas funções e permissões definidas.....	27
Figura 5	- Imagens VBS 3 (Bohemian Interactive Simulations)	28
Figura 6	- Sistema de apoio logístico de fluxo autônomo baseado em PHM.....	29
Figura 7	- Virtual Maintenance Trainer (VMT).....	32
Figura 8	- Pessoal do Quartel-General do Exército e do Centro de Guerra Terrestre fazendo uso de ICAVS.....	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	08
1.1	Problema.....	08
1.2	Objetivo.....	09
1.3	Justificativa e contribuições.....	10
2	METODOLOGIA	10
2.1	Revisão de literatura.....	11
2.2	Coleta de dados.....	11
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
3.1	Simulação no contexto militar.....	12
3.1.1	Início da simulação em operações militares.....	12
3.1.2	Tipos de simulação no campo militar.....	13
3.1.3	Principais aplicações da simulação na gestão militar.....	15
3.1.4	Desafios e limitações da simulação no campo militar.....	16
3.2	Gestão da manutenção nas forças militares.....	16
3.2.1	Desafios na gestão da manutenção militar.....	18
3.2.2	Inovações na gestão da manutenção militar.....	18
3.2.3	Impacto da manutenção na eficiência operacional.....	19
3.3	Gestão do suprimento nas forças militares.....	20
3.3.1	Desafios na gestão de suprimento Militar.....	20
3.3.2	Estratégias avançadas em gestão do suprimento militar.....	21
3.3.3	Impacto da tecnologia na gestão de abastecimento militar.....	21
3.4	Estudos de casos internacionais.....	22
3.4.1	Estudo de caso: Forças Armadas dos Estados Unidos.....	22
3.4.1.1	Joint Deployment and Logistics Model (JDLM).....	22
3.4.1.2	LOGSIM: Logistics Simulation Tool.....	24
3.4.1.3	Global Combat Support System-Army (GCSS-Army).....	25
3.4.1.4	Virtual Battlespace 3 (VBS3).....	27
3.4.2	Estudo de Caso: Forças de Defesa de Israel.....	30
3.4.2.1	Main Battle Tank (MBT) Simulation and Training Centers.....	31
3.4.2.2	Simulador de Gestão Logística – LOGSENSE.....	31
3.4.3	Estudo de Caso: Exército Britânico.....	31

3.4.3.1	Simulador de manutenção preditiva – VR Maintenance Trainer.....	31
3.4.3.2	ICAVS(D) (Interim Combined Arms Virtual Simulation Deployable)	32
3.4.3.3	Joint Theater Level Simulation – Global Operations (JTLS-GO).....	33
3.5	Desafios e barreiras na integração de simulação.....	34
3.5.1	Altos custos iniciais e resistência à mudança organizacional.....	34
3.5.2	Custos de treinamento e desenvolvimento de competências.....	35
3.5.3	Complexidade na Implementação de simuladores.....	35
3.5.4	Confiabilidade e precisão dos modelos de simulação.....	35
3.5.5	Rápida evolução da tecnologia.....	36
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

No domínio militar, a eficiência operacional é crucial para garantir a capacidade de resposta e a segurança nacional. As forças militares dependem fortemente da eficácia dos seus sistemas de manutenção e abastecimento para garantir que os equipamentos e recursos estejam disponíveis e em condições ideais quando necessário (Banks et al., 2014). No entanto, a complexidade das operações logísticas e as crescentes exigências num ambiente global cada vez mais incerto exigem soluções inovadoras para gerir estes processos de forma mais eficaz (Christopher, 2010).

A simulação emergiu como uma ferramenta poderosa para enfrentar esses desafios. Conforme Davis (2017), a simulação permite que as organizações modelem e analisem cenários complexos antes que eles ocorram, otimizando o planejamento e a tomada de decisões. Em contextos militares, onde a margem de erro pode ser extremamente pequena, a capacidade de prever e mitigar problemas antes que se materializem é inestimável (Rand Corporation, 2020). No entanto, apesar do seu potencial, a integração de simuladores na gestão de manutenção e abastecimento ainda enfrenta vários desafios, desde a resistência organizacional até às barreiras tecnológicas (Tolk et. al, 2013).

A integração de simuladores na gestão militar não só oferece a possibilidade de melhorar a eficiência operacional, mas também representa uma oportunidade para reduzir custos e maximizar a disponibilidade de recursos críticos (Peltz; Robbins; McGovern, 2005). Este estudo é relevante porque aborda uma área que, embora tenha apresentado progressos, ainda não foi totalmente explorada. À medida que as tecnologias de simulação continuam a evoluir, é essencial compreender como podem ser eficazmente aplicadas na manutenção e na gestão de abastecimento para melhorar a resiliência e a capacidade operacional das forças militares (Nikolic, 2020).

1.1 Problema

À medida que as operações militares se tornam mais complexas e exigentes, a capacidade de antecipar e gerir eficazmente estes processos logísticos torna-se cada vez mais crucial. Contudo, a falta de ferramentas avançadas que permitam um planeamento preciso e uma gestão abrangente destes recursos pode comprometer a

eficácia operacional, afetando diretamente a capacidade de resposta em cenários de conflito.

A gestão ineficiente na manutenção e abastecimento pode ter consequências significativas durante as operações; portanto, antecipar e resolver problemas de forma proativa pode levar a tempos de inatividade não planejados em equipamentos críticos, o que, por sua vez, reduz a capacidade operacional em momentos cruciais. Além disso, a falta de uma gestão eficiente pode resultar na utilização inadequada de recursos, aumentando desnecessariamente os custos operacionais e reduzindo a eficácia global das operações militares.

Dado o impacto potencialmente grave da manutenção inadequada e da gestão de abastecimento, é imperativo explorar como a simulação pode ser eficazmente integrada nestes processos. A simulação oferece a possibilidade de modelar e analisar diferentes cenários antes que eles ocorram, permitindo um planejamento mais informado e tomadas de decisões estratégicas mais robustas. Contudo, para que a simulação seja aproveitada em todo o seu potencial, é necessário identificar e superar os desafios que atualmente dificultam a sua implementação nas forças militares. **A simulação conseguiu ser integrada de forma eficiente ao planejamento e execução nos processos de manutenção e abastecimento?**

1.2 Objetivo

O principal objetivo será analisar como a simulação foi integrada na gestão de manutenção e abastecimento nas forças militares para melhorar a eficiência e eficácia operacional. Além disso, serão avaliados os desafios atuais na manutenção militar e gestão de abastecimento, observando alguns modelos de simulação de países que já estão em desenvolvimento e buscando otimizar o planejamento e execução dos processos de manutenção e abastecimento. Durante a revisão da literatura será também examinado o impacto da simulação na redução de custos e na melhoria da tomada de decisão e, por fim, serão observados os desafios que surgem na integração da simulação na gestão militar.

1.3 Justificativa e contribuições

A justificativa para esta pesquisa reside na necessidade urgente de melhorar a eficiência operacional das forças militares, reduzindo custos, melhorando a disponibilidade de equipamentos e otimizando a tomada de decisões estratégicas. Dado que a segurança nacional depende em grande parte da capacidade dos militares para operarem eficazmente, esta investigação tem implicações significativas tanto a nível teórico como prático. Além disso, num ambiente com recursos limitados, a capacidade de maximizar a eficiência é mais crucial do que nunca.

A implementação de simulações avançadas pode proporcionar às forças armadas uma vantagem competitiva, permitindo-lhes antecipar problemas logísticos, planejar de forma mais eficaz e adaptar as suas estratégias em tempo real. Isto não só melhoraria a operabilidade das forças, mas também poderia ter um impacto positivo na gestão de recursos, contribuindo para uma melhor alocação e utilização dos recursos.

2 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem qualitativa com o objetivo de analisar como as principais potências militares têm conseguido integrar simuladores na gestão de manutenção e abastecimento. O objetivo é compreender as estratégias, desafios e melhores práticas utilizadas por estes países para otimizar a eficiência operacional através do uso de simulações. Serão selecionadas potências militares como as Forças Armadas dos Estados Unidos, as Forças de Defesa de Israel e o Exército Britânico, forças que foram reconhecidas pelas suas capacidades avançadas na integração de tecnologias de simulação nas suas operações logísticas. Uma abordagem comparativa será empregada para analisar as práticas de cada nação, identificando as principais semelhanças e diferenças na integração do simulador. Procuraremos compreender como os contextos nacionais, as doutrinas militares e os desafios específicos influenciaram a adoção e adaptação da simulação.

2.1 Revisão de literatura

A integração de simuladores na gestão de manutenção e logística tem-se revelado um avanço significativo nas forças armadas, nomeadamente nas Forças Armadas dos Estados Unidos, no Exército Britânico e nas Forças de Defesa de Israel, simuladores que têm permitido otimizar as cadeias de abastecimento, reduzindo a pressão arterial, tempo de inatividade e melhorando a disponibilidade operacional. Além disso, o uso de simuladores tem ajudado a reduzir custos, minimizando o armazenamento excessivo de peças de reposição e melhorando a precisão na distribuição de recursos (Peltz; Robbins; McGovern, 2005).

Apesar dos benefícios, existem desafios na implementação de simuladores, como a complexidade na integração com os sistemas logísticos existentes e a resistência à mudança organizacional em ambientes hierárquicos como o militar (Rand Arroyo Center, 2006; Foltin et al., 2015). A adoção desses sistemas requer treinamento adequado e capacidade de adaptar constantemente os modelos às mudanças nas condições operacionais.

Em resumo, a literatura destaca o potencial da simulação para transformar a logística militar, mas também enfatiza a necessidade de superar barreiras tecnológicas e organizacionais para maximizar os seus benefícios. A investigação futura poderá centrar-se na integração da inteligência artificial para melhorar a previsão e a adaptabilidade dos simuladores.

2.2 Coleta de dados

A recolha de dados nesta tese centrar-se-á na obtenção de informação relevante através de diversas fontes. Os dados foram coletados principalmente por meio de estudos de caso, revisões bibliográficas e documentação técnica de simuladores utilizados na manutenção militar e gestão de suprimentos. Foram incluídos relatórios e estudos realizados por instituições como Rand Corporation, Elbit Systems e ROLANDS & Associates Corporation com foco na aplicação de simuladores como LOGSIM, LOGSENSE, Virtual Battlespace 3, ICAVS(D) (Interim Combined Arms Virtual Simulation Deployable) e Joint Simulação em Nível de Teatro – Operações Globais (JTLS-GO) em operações logísticas militares.

Adicionalmente, foram consideradas pesquisas acadêmicas e relatórios oficiais das Forças Armadas, analisando o impacto desses simuladores na redução do tempo de inatividade e na otimização de recursos. A coleta desses dados foi apoiada por estudos anteriores que mostraram como o uso de simuladores melhora a capacidade operacional e reduz custos (Rand Arroyo Center, 2006; Foltin et al., 2015). A informação foi organizada de forma a permitir a identificação de padrões e tendências relevantes no contexto militar.

A coleta foi realizada de forma sistemática, selecionando apenas fontes confiáveis e relevantes. Foi dada prioridade à obtenção de dados que permitissem uma análise clara do impacto da simulação na logística militar e que fornecessem uma base sólida para as conclusões da investigação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Simulação no contexto militar

3.1.1 Início da simulação em operações militares

O uso da simulação na logística militar tem sido um avanço fundamental na melhoria do planejamento, da eficiência e da tomada de decisões em operações complexas. Este processo começou a ganhar relevância durante o século XX, particularmente após a Segunda Guerra Mundial, quando as Forças Armadas de várias nações enfrentaram desafios logísticos sem precedentes. As crescentes demandas de coordenação de transporte, fornecimento e manutenção de equipamentos em cenários de guerra globais motivaram o desenvolvimento de novos métodos e ferramentas para a gestão destes recursos.

A entrada da simulação na logística militar não foi imediata, mas progressiva, produto da convergência entre os avanços tecnológicos e as crescentes necessidades militares. Durante a década de 1940, foram introduzidos conceitos como pesquisa operacional (PO), que se baseava em modelos matemáticos e análise de dados para resolver problemas estratégicos no campo de batalha e em operações logísticas. Estas primeiras aplicações de simulação centraram-se na otimização das rotas de transporte, na gestão de munições e inventários de abastecimento, e na maximização

da utilização eficiente de recursos como combustível e alimentos (Morse; Kimball, 1962).

Mais tarde, com o desenvolvimento dos computadores, nas décadas de 50 e 60, a simulação começou a evoluir para ferramentas mais sofisticadas. Neste período começaram a ser criados modelos computacionais que permitiram emular a dinâmica dos sistemas logísticos militares. De acordo com Robinson (2004), esses primeiros simuladores foram usados principalmente para prever cenários e reduzir a incerteza no planejamento logístico em larga escala. Isto aplicava-se a áreas como o envio de tropas, distribuição de suprimentos e manutenção de equipamentos, permitindo assim uma melhor tomada de decisões.

Um dos marcos mais relevantes na história da simulação em logística militar ocorreu durante a Guerra Fria, quando o aumento das tensões geopolíticas e o desenvolvimento de armas nucleares forçaram os exércitos a refinar os seus sistemas de planeamento. Nesse período, as simulações foram ampliadas para considerar cenários de guerra em larga escala, estimulando maiores investimentos em tecnologia e refinamento de modelos matemáticos. Conforme Robinson (2004), foi nesta época que os primeiros modelos de simulação de eventos discretos (DES) foram integrados, permitindo analisar fluxos logísticos, tempos de resposta e disponibilidade de recursos com uma precisão sem precedentes.

Ao longo dos anos, a simulação consolidou-se como uma ferramenta indispensável na logística militar, permitindo não só otimizar a utilização de recursos, mas também antecipar possíveis gargalos e falhas logísticas antes que estes ocorram na realidade. Atualmente, simuladores avançados são utilizados para avaliar o desempenho de sistemas de abastecimento e manutenção, integrando técnicas de simulação distribuída e multiagente que oferecem representações detalhadas e dinâmicas de sistemas logísticos militares (Banks, 2001).

3.1.2 Tipos de simulação no campo militar

Existem vários tipos de simulação utilizados na área militar, cada um com aplicações específicas dependendo do tipo de operação ou processo a ser modelado; classificando-os em três modalidades principais: presencial, construtiva e virtual. Cada uma dessas modalidades desempenha um papel crucial no planejamento, treinamento e otimização das operações logísticas e de manutenção. A combinação

dessas formas de simulação permite que as forças armadas conduzam treinamentos mais realistas, avaliem táticas e estratégias e melhorem a tomada de decisões no campo de batalha.

Simulação ao vivo: A simulação ao vivo envolve o uso de pessoal e equipamentos militares reais em ambientes operacionais ou de treinamento. Nesta modalidade, os soldados participam de exercícios físicos utilizando armas e veículos reais, enquanto interagem com cenários controlados que replicam situações de combate ou condições críticas de operação. Conforme Balci (2004), a simulação ao vivo é uma das formas mais realistas de treinamento, pois envolve a utilização de recursos militares reais no terreno e permite que os soldados enfrentem situações próximas da realidade.

Este tipo de simulação é essencial para preparar as tropas para missões reais, pois permite-lhes ensaiar táticas e procedimentos sob pressão, melhorando a sua capacidade de resposta e tomada de decisão em tempo real. No entanto, a simulação ao vivo pode ser dispendiosa devido à utilização de equipamento militar real e à logística envolvida na organização destes exercícios.

Simulação Construtiva: A simulação construtiva baseia-se na criação de cenários fictícios gerados por computadores, nos quais soldados ou equipes reais não participam diretamente. Em vez disso, modelos e algoritmos simulam o comportamento das forças militares e dos elementos do ambiente, permitindo aos planejadores e comandantes observar e analisar os resultados de várias táticas ou estratégias num ambiente controlado. Conforme Dunnigan (2000), esse tipo de simulação é amplamente utilizado para avaliar a eficácia das operações logísticas, bem como para realizar exercícios de planejamento estratégico em nível de comando.

Um dos principais benefícios da simulação construtiva é que ela permite aos militares modelar conflitos e operações em grande escala, sem incorrer nos custos e riscos associados à mobilização de tropas ou equipamentos. Além disso, uma ampla gama de variáveis pode ser ajustada, como condições climáticas, resposta inimiga e restrições logísticas, facilitando a identificação de pontos fracos na estratégia e a preparação para uma variedade de cenários possíveis.

Simulação Virtual: A simulação virtual combina elementos do mundo real com ambientes gerados por computador, criando um espaço de interação imersivo no qual os soldados interagem com um ambiente virtual enquanto utilizam dispositivos como simuladores de voo, veículos ou armas. Este tipo de simulação é particularmente útil para treinar soldados em tarefas técnicas ou na operação de equipamentos específicos, como aviões ou tanques, sem os riscos ou custos que estariam envolvidos na utilização de equipamentos reais (Lyndall, 2020). Conforme Lyndall (2020), esta modalidade é especialmente útil para reduzir custos e riscos operacionais, ao mesmo tempo que oferece um ambiente controlado onde os pilotos podem cometer erros e aprender com eles sem consequências graves.

Conforme Dunnigan (2011), a integração dessas modalidades permite aos exércitos reduzir custos de treinamento, minimizar riscos e melhorar a prontidão das tropas para uma variedade de missões e cenários. Além disso, a simulação permite que comandantes e planejadores avaliem e ajustem estratégias antes da implementação em campo, aumentando a eficácia operacional e a capacidade de resposta a situações imprevistas.

3.1.3 Principais aplicações da simulação na gestão militar

Formação e treinamento: A simulação transformou o treinamento militar, proporcionando aos soldados e oficiais a oportunidade de praticar em ambientes virtuais que reproduzem situações reais de combate. Este tipo de formação é crucial para desenvolver competências críticas sem os riscos inerentes às operações reais. Conforme Prensky (2001), os simuladores permitem que os militares treinem sob diversas condições climáticas e geográficas, preparando-os melhor para enfrentar qualquer eventualidade em campo.

Planejamento Logístico e Gestão de Manutenção: Na gestão de logística e manutenção, a simulação permite otimizar a cadeia de suprimentos e prever as necessidades de manutenção antes que se tornem problemas críticos. Por exemplo, o uso de simuladores para modelar a logística de abastecimento no Exército dos Estados Unidos reduziu o tempo de inatividade do equipamento e melhorou a prontidão operacional (Peltz; Robbins; McGovern, 2005).

Simulação para tomada de decisões estratégicas: Os líderes militares utilizam simuladores para avaliar as possíveis consequências de diferentes estratégias antes de tomar decisões cruciais. Esta capacidade de prever resultados e de se adaptar rapidamente às mudanças no ambiente operacional é crítica em contextos onde a incerteza e a complexidade são a norma (Davis; Blumenthal, 1991). A simulação não só melhora a eficiência operacional, mas também aumenta a confiança nas decisões tomadas, o que é vital em situações de alta pressão.

3.1.4 Desafios e limitações da simulação no campo militar

Apesar dos seus benefícios, a integração de simuladores na gestão militar também enfrenta vários desafios:

Resistência à Mudança: A adoção de novas tecnologias, como a simulação, encontra frequentemente resistência dentro das organizações militares, especialmente aquelas que dependem de procedimentos tradicionais e estruturados (Alberts; Hayes, 2003).

Interoperabilidade de Sistemas: A compatibilidade entre diferentes sistemas de simulação e infra-estruturas existentes pode ser um problema, dificultando a integração efectiva destas ferramentas em processos operacionais (Zeigler et al., 2000).

Custo de Implementação: Embora a simulação possa reduzir os custos a longo prazo, a implementação inicial destes sistemas pode ser dispendiosa e requer um investimento significativo em recursos e formação (Davis, 2002).

3.2 Gestão da manutenção nas forças militares

A gestão da manutenção nas forças armadas é um processo crucial que garante a operacionalidade contínua de equipamentos e sistemas essenciais às operações militares. Dado que a disponibilidade e o desempenho do equipamento podem determinar o sucesso de uma missão, a gestão eficaz da manutenção é vital para a segurança nacional e a eficácia operacional.

No ambiente militar, a manutenção dos equipamentos não só garante a sua operacionalidade, mas também prolonga a sua vida útil e otimiza a utilização dos recursos disponíveis. Conforme Peltz; Robbins e McGovern (2005), a eficácia da manutenção militar influencia diretamente a capacidade das forças armadas de realizar operações sustentadas, especialmente em situações de conflito prolongado.

A manutenção militar pode ser classificada em três categorias principais: preventiva, corretiva e preditiva. Cada uma destas categorias desempenha um papel importante na gestão global dos meios militares:

Manutenção Preventiva: Refere-se às tarefas programadas que são realizadas regularmente com o objetivo de prevenir falhas nos equipamentos e prolongar sua vida útil. Esse tipo de manutenção inclui inspeções, ajustes, limpeza, testes e substituição de peças com base em cronograma pré-determinado ou de acordo com a estimativa de vida útil do equipamento. A manutenção preventiva é realizada antes que ocorra uma falha, o que ajuda a minimizar interrupções operacionais e custos imprevistos (Moblely, 2002).

Manutenção Corretiva: Este tipo de manutenção é realizado após a ocorrência de uma falha, com o objetivo de restaurar o equipamento ao seu estado operacional. Ao contrário da manutenção preventiva, a manutenção corretiva tem como foco a resolução de problemas inesperados, o que muitas vezes acarreta custos mais elevados devido à urgência dos reparos e paradas dos equipamentos. Esta estratégia é reativa e pode resultar em menor eficiência operacional, embora seja indispensável em situações onde as falhas não podem ser completamente previstas ou evitadas (Dhillon, 2002).

Manutenção Preditiva: utiliza técnicas avançadas, como análise de vibração, termografia e monitoramento de condições, para prever falhas antes que elas ocorram. Conforme Mobley (2002), a manutenção preditiva é uma evolução da manutenção preventiva e oferece uma abordagem mais precisa à gestão de ativos, permitindo intervenções antes que as falhas causem um impacto significativo.

3.2.1 Desafios na gestão da manutenção militar

A gestão da manutenção nas forças armadas enfrenta múltiplos desafios, desde a complexidade e diversidade dos equipamentos até às limitações logísticas e orçamentais. Um dos principais desafios é gerir a diversidade de sistemas e plataformas utilizadas pelas forças armadas. Cada tipo de equipamento, seja um caça, um veículo blindado ou um sistema de comunicações, possui requisitos específicos de manutenção que devem ser gerenciados de forma coordenada para garantir a disponibilidade operacional de todos os ativos (Peltz; Robbins; McGovern, 2005).

Além disso, a disponibilidade de peças sobressalentes e recursos é outro desafio crítico. A falta de peças sobressalentes pode atrasar significativamente os reparos, afetando a disponibilidade do equipamento. De acordo com Blanchard (2014), o gerenciamento eficaz do estoque de peças de reposição é essencial para minimizar o tempo de inatividade e garantir que o equipamento esteja pronto para implantação quando necessário.

Outro desafio é a coordenação e sincronização das atividades de manutenção em contextos operacionais. Durante as operações militares, especialmente em situações de combate, a capacidade de realizar a manutenção no campo de forma rápida e eficiente é crucial. A logística de manutenção deve estar perfeitamente alinhada às necessidades operacionais para evitar interrupções nas missões (Peltz; Robbins; McGovern, 2005).

3.2.2 Inovações em gestão de manutenção militar

Com o avanço da tecnologia, a gestão da manutenção nas forças armadas começou a incorporar ferramentas digitais e analíticas avançadas que melhoram a precisão e a eficiência da manutenção. A simulação e a análise preditiva são duas das inovações mais significativas que estão transformando a forma como a manutenção militar é gerenciada.

A simulação permite que os gerentes de manutenção modelem diferentes cenários e estratégias de manutenção antes de implementá-los no mundo real. Isso ajuda a identificar a melhor forma de programar e executar atividades de manutenção, otimizando o uso de recursos e minimizando o tempo de inatividade (Banks et al., 2014). Conforme Peltz, Robbins e McGovern (2005), o uso de simuladores para

planejar manutenções preventivas e preditivas tem se mostrado eficaz na redução de custos e na melhoria da disponibilidade dos equipamentos.

A manutenção preditiva utiliza tecnologias de monitoramento em tempo real para avaliar continuamente a integridade dos equipamentos e prever quando é provável que ocorram falhas. Esta abordagem proativa permite que intervenções sejam feitas antes que ocorram falhas graves, evitando interrupções operacionais dispendiosas. Como observa Mobley (2002), a manutenção preditiva baseada em dados pode prolongar significativamente a vida útil do equipamento e melhorar a confiabilidade operacional.

A integração da análise de dados e algoritmos preditivos na gestão da manutenção está permitindo que as forças militares prevejam com mais precisão as necessidades de manutenção e otimizem as decisões operacionais. Conforme Blanchard (2014), a utilização de ferramentas analíticas avançadas proporciona uma visão mais completa da condição dos ativos, permitindo que os gestores de manutenção tomem decisões mais informadas e estratégicas.

3.2.3 Impacto da manutenção na eficiência operacional

O impacto de uma gestão eficaz da manutenção na eficiência operacional das forças militares não pode ser subestimado. A manutenção bem gerida garante que o equipamento esteja disponível e em condições ideais de utilização, o que é fundamental para o sucesso das operações militares. Conforme Peltz; Robbins e McGovern (2005), a capacidade de manter elevados níveis de prontidão operacional através de uma manutenção eficiente é uma diferenciadora chave na capacidade de resposta das forças militares.

Além disso, a implementação da manutenção preditiva e o uso de simulações para planejar e executar estratégias de manutenção não apenas melhoram a disponibilidade dos equipamentos, mas também reduzem os custos operacionais de longo prazo. A capacidade de identificar e corrigir problemas antes que se tornem falhas graves permite às forças militares maximizar a vida útil dos seus recursos e reduzir a necessidade de reparações de emergência dispendiosas (Mobley, 2002).

3.3 Gestão do suprimento nas forças militares

O abastecimento militar não se limita apenas à aquisição de suprimentos, mas também abrange o planejamento, armazenamento, distribuição e gestão de fluxo de materiais críticos, como munições, combustível, alimentos e peças sobressalentes de equipamentos. Conforme Zsidisin et al. (2020), um sistema de abastecimento bem gerido é vital para a sustentabilidade das operações militares, pois garante que as forças armadas possam manter as suas operações sem interrupção, mesmo em cenários de conflito prolongado.

O planejamento do abastecimento nas forças armadas deve considerar vários factores-chave, incluindo a antecipação da procura, a logística de transporte e a segurança do abastecimento. Estas áreas são essenciais para evitar perturbações na cadeia de abastecimento, que podem comprometer a capacidade operacional das forças armadas em momentos críticos (Christopher, 2016).

3.3.1 Desafios na gestão de suprimento militar

A gestão de abastecimento em contextos militares enfrenta desafios únicos devido à natureza complexa e dinâmica do ambiente operacional. Um dos maiores desafios é a variabilidade na procura, que pode flutuar dramaticamente com base nas necessidades operacionais e nas condições ambientais (Simchi-Levi, 2013). Por exemplo, durante as operações de combate, a procura de determinados fornecimentos, como munições e combustível, pode aumentar exponencialmente, exigindo uma capacidade de resposta ágil e eficiente.

Outro desafio significativo é a logística em ambientes hostis. As operações militares ocorrem frequentemente em áreas de difícil acesso ou em regiões com infraestruturas limitadas, complicando a distribuição e o reabastecimento de abastecimentos (Kress, 2002). A necessidade de manter a segurança das rotas de abastecimento também acrescenta uma camada adicional de complexidade, uma vez que qualquer perturbação nestas rotas pode ter consequências graves para as operações das forças no terreno.

Além disso, a gestão de inventário nas forças armadas é particularmente desafiadora devido à necessidade de equilibrar a disponibilidade de fornecimento com os custos de armazenamento e o risco de obsolescência. Conforme Blanchard (2014),

manter níveis de estoque adequados sem incorrer em custos excessivos é crucial para a eficiência do sistema de abastecimento militar. Este equilíbrio é ainda mais difícil de alcançar em situações de emergência, onde a rapidez na distribuição dos recursos pode ser tão importante quanto o montante disponível.

3.3.2 Estratégias avançadas em gestão de suprimentos militares

Em resposta a estes desafios, os militares adoptaram estratégias avançadas de gestão da cadeia de abastecimento, incluindo logística baseada em tempo real e a utilização de tecnologia avançada para otimizar o fluxo de materiais. Por exemplo, a integração de sistemas de informação logística permite às forças armadas monitorizar o estado dos abastecimentos em tempo real, facilitando a tomada de decisões mais rápida e eficaz (Dombrowski; Gholz, 2006).

Uma estratégia fundamental na gestão de abastecimento militar é a logística baseada em previsões, que utiliza modelos preditivos para antecipar a procura futura de abastecimento e planear em conformidade. Isto é particularmente importante em situações em que a procura pode ser extremamente volátil. Conforme Lee; Padmanabhan e Whang (2014), modelos de previsão baseados em dados históricos e análises preditivas podem melhorar significativamente a precisão das estimativas de demanda, reduzindo o risco de escassez ou excesso de estoque.

Outra inovação neste campo é a utilização de redes de abastecimento ágeis, que permitem às forças militares adaptar-se rapidamente às mudanças nas condições operacionais. Estas redes caracterizam-se pela sua flexibilidade e capacidade de reconfiguração de acordo com as necessidades emergentes, o que é essencial para manter a continuidade do fornecimento em situações de elevada incerteza (Christopher; Holweg, 2011).

3.3.3 Impacto da tecnologia na gestão de suprimentos militares

A tecnologia desempenhou um papel transformador na gestão de suprimentos militares. A adopção de sistemas de gestão da cadeia de abastecimento baseados em tecnologia permitiu aos militares otimizar a logística de abastecimento e melhorar a visibilidade na cadeia de abastecimento. Conforme Christopher (2016), o uso da tecnologia RFID (Identificação por Radiofrequência) e GPS (Sistema de

Posicionamento Global) melhorou a capacidade de rastrear e gerenciar suprimentos desde sua origem até seu destino final, o que é crucial para garantir que os recursos cheguem ao combate. unidades de maneira oportuna e segura.

Além disso, a implementação de sistemas de planeamento de recursos empresariais (ERP) nas forças armadas facilitou uma melhor integração dos processos logísticos, permitindo um planeamento e execução mais coerentes das operações de abastecimento. Estes sistemas ajudam a coordenar as atividades dos diferentes departamentos e unidades, garantindo que todos os elementos da cadeia de abastecimento estejam alinhados com os objetivos operacionais globais (Simchi-Levi, 2013).

3.4 Estudos de casos internacionais

3.4.1 Estudo de caso: Forças armadas dos Estados Unidos

As Forças Armadas dos Estados Unidos (US Armed Forces) lideraram a adoção de tecnologias avançadas na manutenção militar e na gestão de abastecimento. A utilização de simuladores tem sido crucial para otimizar estes processos, melhorando a capacidade operacional e logística em cenários complexos. Através de uma série de simuladores avançados, as forças armadas dos EUA conseguiram melhorar a previsão, manutenção e distribuição de suprimentos, reduzindo tempo e custos.

3.4.1.1 Joint Deployment and Logistics Model (JDLM)

Um dos simuladores mais importantes é o Joint Deployment and Logistics Model (JDLM). Este modelo é utilizado para planejar a logística de desdobramento e o fornecimento de recursos em operações conjuntas entre diferentes ramos das Forças Armadas (Exército, Marinha, Aeronáutica). O JDLM permite simular e avaliar rotas logísticas, necessidades de transporte e capacidades de armazenamento em diferentes cenários. De acordo com Zsidisin et al. (2020), o JDLM melhorou significativamente a capacidade das forças de coordenar a logística em operações globais, otimizando a entrega de suprimentos e reduzindo os tempos de resposta.

O JDLM também avalia o impacto de factores externos, tais como ataques a comboios ou perturbações de infra-estruturas, permitindo aos comandantes planear

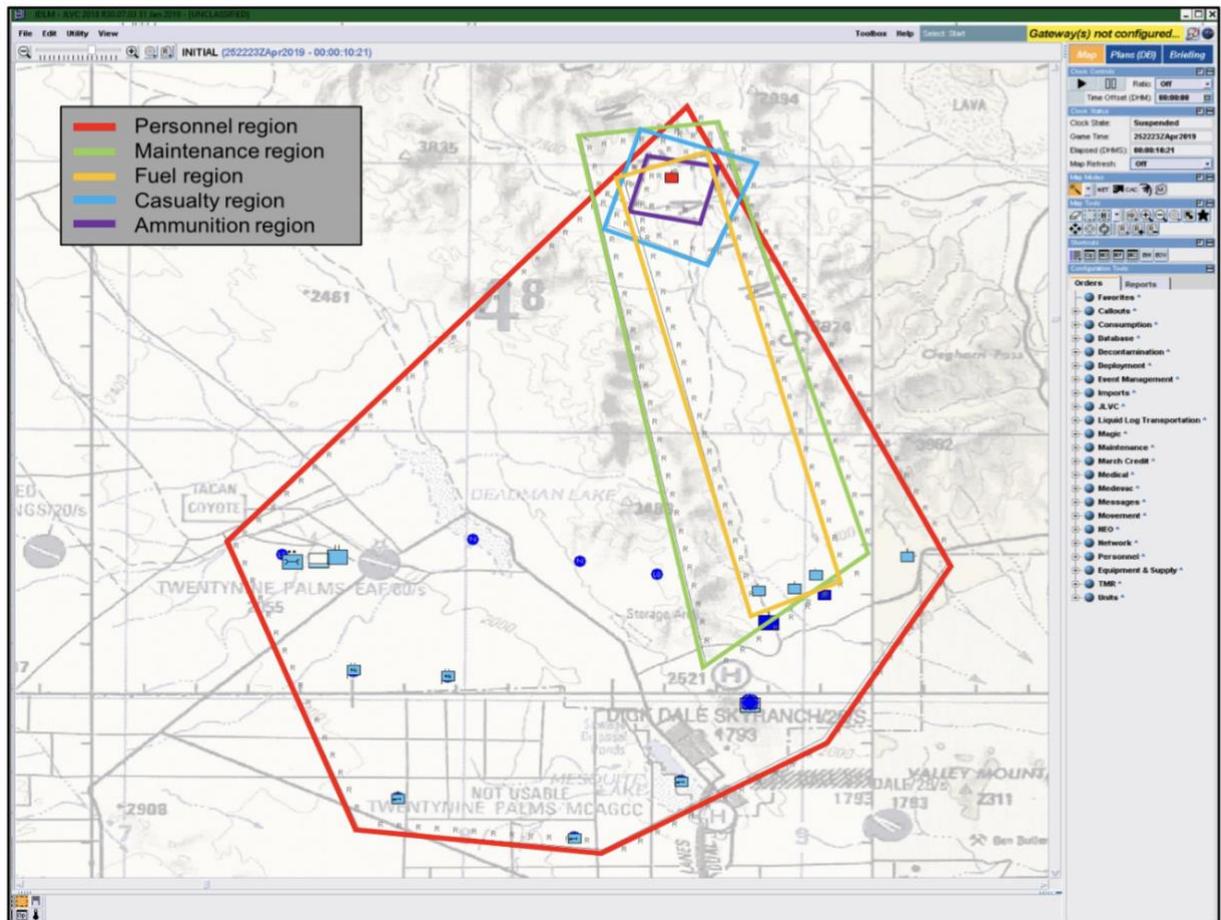
rotas mais seguras e eficientes. Isto tem sido fundamental nas missões no Iraque e no Afeganistão, onde a segurança das rotas logísticas é essencial para o sucesso das operações (Peltz, et al., 2005).

Figura 1 - Constatações sobre a capacidade logística da JDLM

Supply				
Class I	MRE	Water (gallons)	UGR	Dimensions
Class III	Petroleum (JP5 gallons)	Oil/lubricants	NIIN	Dimensions
Class IV	Horizontal materials	Vertical Materials	NIIN	Dimensions
Class V	DODIC	Dimensions	Explosive Category	
Class VII	TAMCN	Status	Serial Number	Dimensions
Class VIII	Med. Supplies	Blood	NIIN	Dimensions
Class IX	SECREP	Oth. Class IX	NIIN	Dimensions
Maintenance				
Inspection/Classification	Inspection Time	Specific Condition	Parts Required	
Repair	Repair Time	Parts Required	Mechanics Required	
Recovery/Evacuation	Recovery	Evacuation	Evacuation Level	
Health Services				
Health Maintenance	Routine Casualty	Disease		
Casualty Collection	CCP	Transportation		
Treatment and Triage	Injury Specifics	Med. Sup. Reqmt.	Med. Pers. Reqmt.	Level of care
Temp. Casualty Holding	Bed spaces	Med. Pers. Reqmt.		
Casualty Evacuation	Ground CASEVAC	Air CASEVAC		
Transportation				
Motor Transport	TAMCN	In Transit Visibility	Weight/Dimension lim.	
Air Delivery	Air Delivery	Weight/Dimensions		
MHE	MHE Operation	TAMCN	Weight lim.	
General Engineering				
Hor./Vert. Construction	Bridge	Road	Runway	Supplies Required
Obstacle Removal	Removal Time	Equipment Required		
EOD	Blown in Place	Equipment Required	Explosives Required	
Other Services				
Personnel Tracking	Name	Status	MOS	ID number
Mortuary Affairs	Evacuation Points			

Fonte: Thomerson, 2019

Figura 2 - Regiões de consumo JDLM



Fonte: Thomerson, 2019

3.4.1.2 Logistics Simulation Tool (LOGSIM)

LOGSIM (Logistics Simulation Tool) é uma ferramenta essencial em simulação logística para as Forças Armadas dos EUA, utilizada para modelar o fluxo de suprimentos e materiais em cenários operacionais complexos. O LOGSIM permite aos gestores logísticos otimizar a cadeia de abastecimento, identificando gargalos e ajustando as estratégias de distribuição de forma dinâmica. Conforme Peltz; Robbins e McGovern (2005), a implementação do LOGSIM contribuiu significativamente para reduzir a ineficiência na distribuição de recursos, melhorando tanto a disponibilidade como a precisão no fornecimento de materiais críticos como combustível, munições e alimentos.

Este simulador não só melhora a tomada de decisões estratégicas, mas também ajuda a prevenir atrasos no fornecimento durante operações militares críticas, o que

é vital para manter a capacidade operacional em cenários de alta demanda logística (Peltz; Robbins e McGovern, 2005).

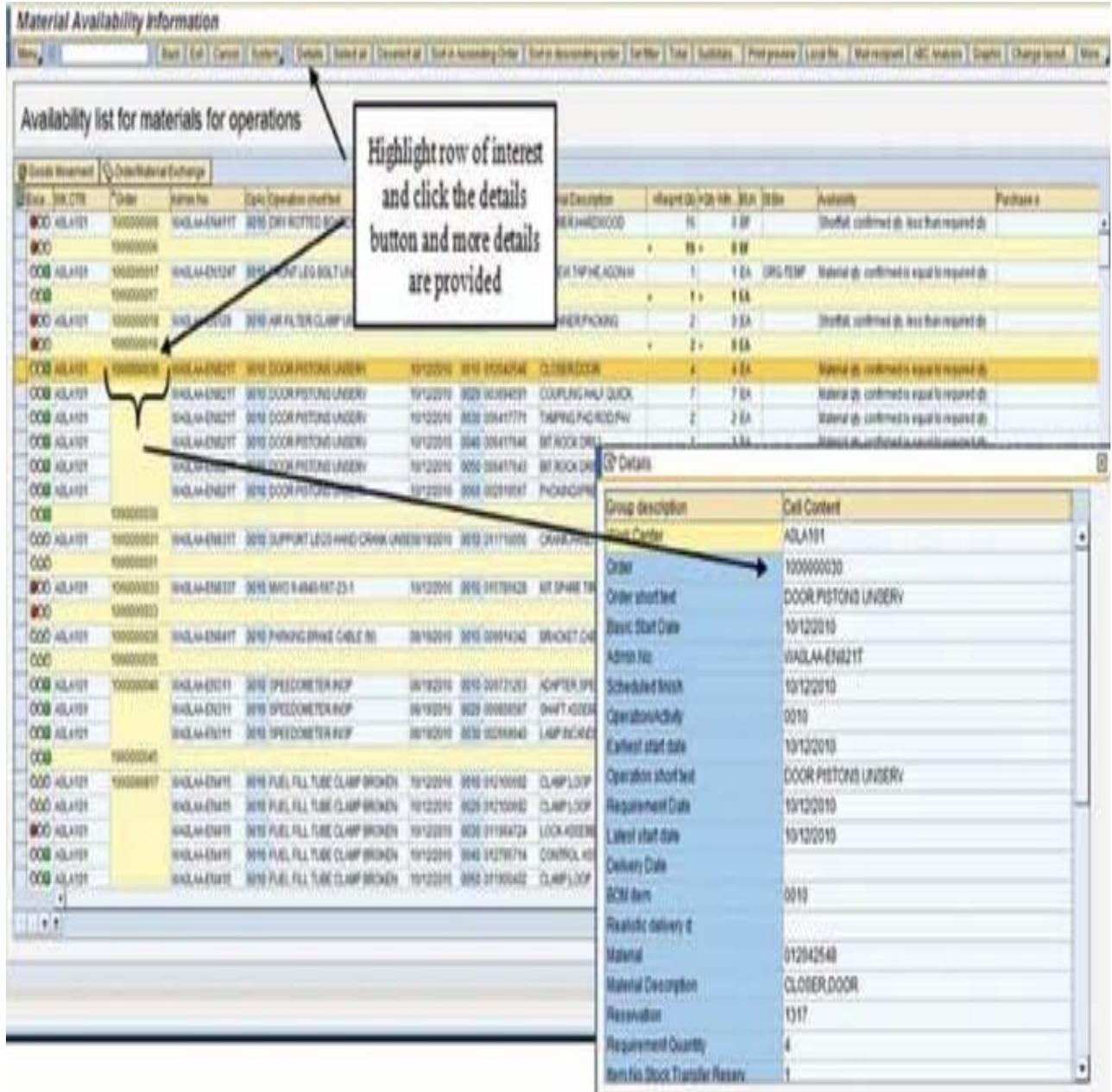
Além disso, o LOGSIM é utilizado para antecipar flutuações na demanda, facilitando o planejamento de estoque e a alocação de recursos em tempo real. Conforme Dombrowski e Gholz (2006), esta ferramenta tem sido essencial para garantir que as forças implantadas em diferentes teatros de operações recebam suprimentos adequados sem gerar excesso de estoque que aumente os custos logísticos.

3.4.1.3 Global Combat Support System-Army (GCSS-Army)

O Global Combat Support System-Army (GCSS-Army) é uma plataforma digital avançada que gerencia manutenção e logística em tempo real dentro do Exército dos Estados Unidos. Este sistema integra dados de manutenção e fornecimento, permitindo total visibilidade do estado dos equipamentos, da disponibilidade de peças de reposição e das necessidades logísticas. O Department of Defense (2018) destaca que o GCSS-Army melhorou significativamente a capacidade de resposta do Exército em termos de manutenção preditiva, pois consegue identificar quando as intervenções de manutenção são necessárias antes que ocorram falhas.

O GCSS-Army também facilita o planejamento e execução de operações logísticas, fornecendo aos comandantes as informações necessárias para gerir eficientemente os recursos, garantindo que o equipamento permaneça operacional durante missões prolongadas. Conforme o Department of Defense (2018), a implementação do GCSS-Army permitiu melhorar a tomada de decisões logísticas, o que reduziu o tempo de inatividade dos equipamentos e os custos associados à manutenção.

Figura 3 - Captura de tela do Global Combat Support System-Army mostra como as informações sobre a disponibilidade de peças de reparo e outros suprimentos são fornecidas ao usuário.



Fonte: Huckabee, 2012

Figura 4 - Captura de tela mostra o painel Team Health, que permite aos usuários visualizar o status da equipe de uma organização específica com base nas funções e permissões definidas.

The screenshot displays a 'Maintenance Level' panel with a table of equipment status. The table has columns for 'Op. Sts', 'Op. StsIcon', 'TechStsIcon', 'Tech. Sts', and 'Status Def'. Callouts point to specific icons and status values:

- Equipment is in a maintenance status:** Points to a green circle with a white 'M' icon.
- Equipment is in a supply status:** Points to a green circle with a white 'S' icon.
- Equipment is operational with a deficiency:** Points to a green circle with a white 'D' icon.
- Equipment is not dispatchable:** Points to a red 'X' icon.
- Equipment has exceeded service tolerance:** Points to a red circle with a white 'X' icon.
- Equipment is dispatchable:** Points to a green circle with a white 'D' icon.
- Equipment is deadlined:** Points to a red circle with a white 'D' icon.

Equipment ID	Op. Sts	Op. StsIcon	TechStsIcon	Tech. Sts	Status Def
EMC	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	NS	No Dispatch
EMC	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	NS	No Dispatch
EMC	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	NS	No Dispatch
WAOLAA-EN105	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	In Use (Dispatched)
WAOLAA-EN111	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	In Use (Dispatched)
WAOLAA-EN112	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	TICL	In Use (Dispatched)
WAOLAA-EN113	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	Available
WAOLAA-EN118	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	Available
WAOLAA-EN121	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	X	Available
WAOLAA-EN124M	NMCM	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	E	Available
WAOLAA-EN126M	NMCM	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	E	Available
WAOLAA-EN128	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	In Use (Dispatched)
WAOLAA-EN129	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	X	Available
WAOLAA-EN132	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	TICL	In Use (Dispatched)
WAOLAA-EN133	NMCS	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	X	Available
WAOLAA-EN211	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	TICL	In Use (Dispatched)
WAOLAA-EN212	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	Available
NMCS	NMCS	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	X	Available
EMC	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	TICL	Available
EMC	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	In Use (Dispatched)
EMC	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	TICL	Available
EMC	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	X	In Use (Dispatched)
WAOLAA-EN225M	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	Available
WAOLAA-EN229	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	In Use (Dispatched)
WAOLAA-EN231	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	TICL	Available
WAOLAA-EN232	NMCM	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	X	Available
WAOLAA-EN235	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	In Use (Dispatched)
WAOLAA-EN239	EMC	Green circle with checkmark	Green circle with checkmark	DI	In Use (Dispatched)

Fonte: Huckabee, 2012

3.4.1.4 Virtual Battlespace 3 (VBS3)

Virtual Battlespace 3 (VBS3) é um simulador amplamente utilizado pelos militares dos EUA para treinar em ambientes virtuais de combate e logística. Embora o VBS3 seja predominantemente uma ferramenta para treinamento tático, ele também foi adaptado para simular operações logísticas. De acordo com Bohemia Interactive Simulations (2017), o VBS3 permite que planejadores logísticos ensaiem a distribuição de suprimentos e a coordenação de comboios em cenários de combate virtuais. Esta simulação é útil para prever e gerir os riscos associados ao reabastecimento de tropas em zonas de conflito, melhorando assim a eficiência e a segurança nas operações logísticas.

O VBS3 também é usado para treinar soldados na tomada de decisões logísticas sob pressão, permitindo-lhes praticar a coordenação de comboios e o gerenciamento de recursos em ambientes desafiadores. Isto não só melhora a eficácia logística, mas também proporciona aos soldados uma experiência de treino realista, sem os riscos associados aos exercícios ao vivo (Bohemia Interactive Simulations, 2017).

Figura 5 - Imagens VBS 3 (Bohemia Interactive Simulations).



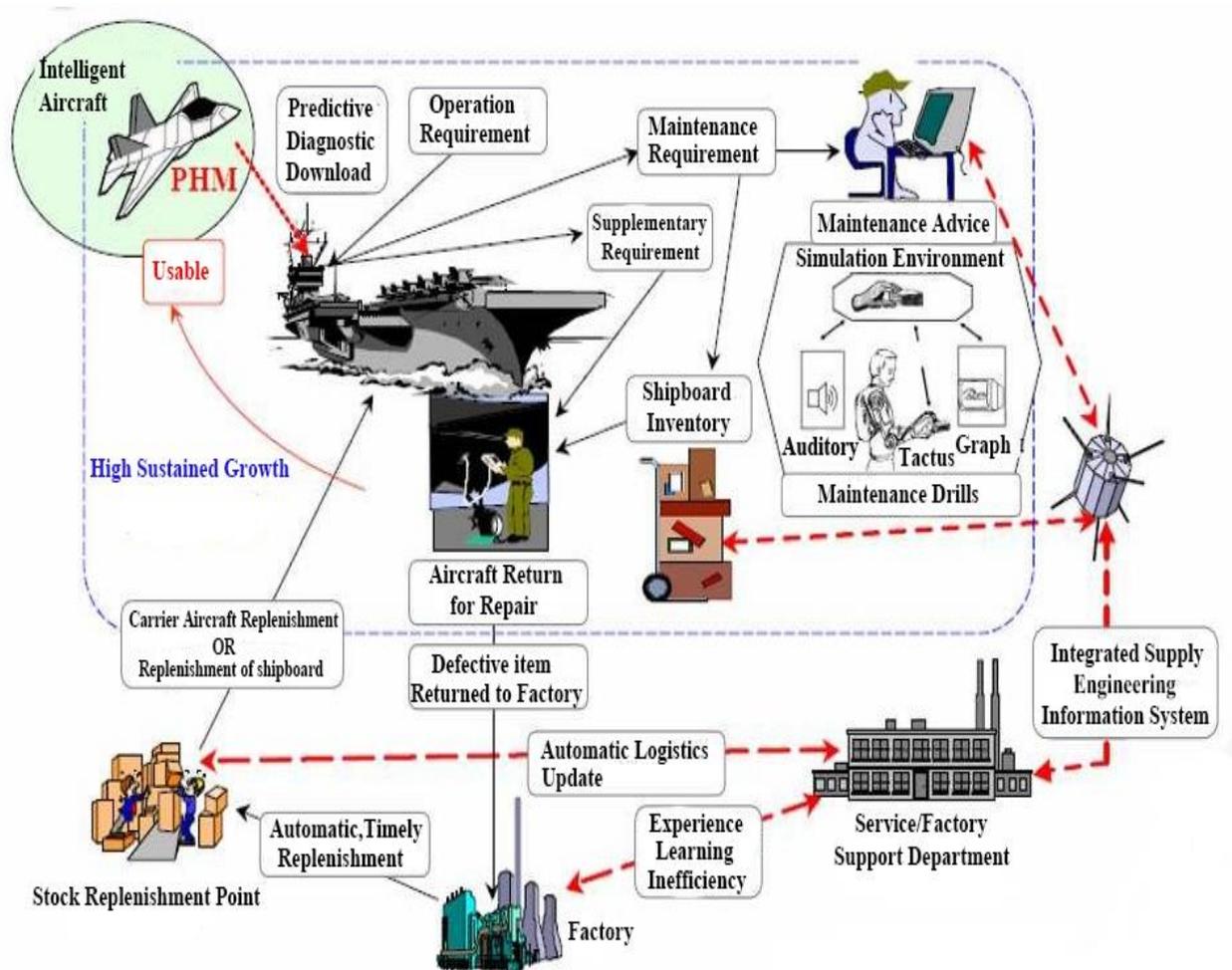
Fonte: Evensen, 2017

3.4.1.5 Prognostics and health management (PHM)

Na área de manutenção, as Forças Armadas dos EUA implementaram o sistema Prognostics and Health Management (PHM). Este sistema utiliza sensores embutidos em equipamentos militares para monitorar seu estado em tempo real, fornecendo informações detalhadas sobre o desempenho dos principais componentes. O PHM permite antecipar falhas e planejar a manutenção antes que problemas graves ocorram, melhorando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo o tempo de inatividade (Department of Defense, 2019).

A utilização de simulações preditivas dentro do sistema PHM tem sido essencial para otimizar o ciclo de vida dos equipamentos militares. De acordo com Department of Defense (2019), o PHM reduziu os custos de manutenção e melhorou a eficiência operacional ao prever com precisão quando serão necessárias intervenções de manutenção, facilitando um melhor planejamento das operações de manutenção preventiva.

Figura 6 – Sistema de apoio logístico de fluxo autônomo baseado em PHM.



Fonte: Jiang, 2022

As Forças Armadas dos Estados Unidos integraram uma ampla gama de simuladores e sistemas avançados em sua gestão de manutenção e abastecimento, permitindo-lhes otimizar suas operações logísticas, antecipar problemas e melhorar a disponibilidade de equipamentos. Desde ferramentas como JDLM e LOGSIM, que otimizam a logística de abastecimento, até sistemas como GCSS-Army e PHM, que

melhoram a eficiência da manutenção, estas tecnologias transformaram a forma como os militares planeiam e executam operações logísticas no campo de batalha.

3.4.2 Estudo de caso: Forças de Defesa de Israel

As Forças de Defesa de Israel (IDF) são pioneiras na aplicação de tecnologias avançadas na sua gestão operacional. A integração de simuladores específicos transformou a abordagem da IDF para manutenção e gestão de suprimentos, melhorando significativamente o planejamento logístico, a otimização de recursos e a redução de custos (Krees, 2016).

3.4.2.1 Main Battle Tank (MBT) Simulation and Training Centers

O Simulador de Manutenção de Veículos Pesados tem sido uma ferramenta essencial para a gestão preditiva de tanques Merkava, permitindo modelar seu desgaste e prever necessidades de manutenção. Este simulador utiliza dados de quilometragem, condições do terreno e histórico de manutenção para gerar previsões de falhas (Krees, 2016). Graças a este simulador, a IDF melhorou o planejamento da manutenção preventiva e reduziu o tempo de inatividade dos tanques (Krees, 2016).

Figura 6 – Os novos sistemas de treinamento MBT da IDF incluirão torres de treinamento de plataforma de alta fidelidade e controladores de treinamento de plataforma de alta fidelidade com modelos físicos precisos (Fonte da imagem: Elbit Systems)



Fonte: Army Recognition, 2023

3.4.2.2 Simulador de Gestão Logística – LOGSENSE

LOGSENSE é um simulador que otimiza o fluxo logístico de peças de reposição, munições e combustível. Avalia fatores como prazos de entrega, rotas logísticas e níveis de inventário, permitindo ao IDF prever necessidades em tempo real e reagir a possíveis interrupções (Krees, 2016). Este simulador tem sido fundamental para manter a eficiência na cadeia de abastecimento, especialmente durante as operações de campo.

3.4.3 Estudo de caso: Exército Britânico

O Exército Britânico é reconhecido pela sua capacidade de adotar tecnologia avançada para melhorar as suas operações logísticas e de manutenção. A simulação desempenhou um papel crucial na otimização da cadeia de suprimentos e na manutenção de seu equipamento militar. Graças à implementação de simuladores específicos, o Exército Britânico conseguiu reduzir custos, melhorar a disponibilidade de equipamentos e responder de forma mais eficiente às exigências do campo de batalha (Foltin et al., 2015).

3.4.3.1 Simulador de Manutenção Preditiva – VR Maintenance Trainer

O VR Maintenance Trainer é um simulador de realidade virtual desenvolvido para treinar técnicos de manutenção na reparação e manutenção de veículos blindados e outros equipamentos críticos. Este simulador permite aos usuários interagir com representações virtuais dos equipamentos, o que facilita a identificação de problemas e sua resolução antes que ocorram falhas em situações reais (Foltin et al., 2015). O uso deste simulador permitiu ao Exército Britânico reduzir o tempo de treinamento e melhorar a precisão dos reparos, o que, por sua vez, reduz o tempo de inatividade do equipamento.

Figura 7 – Virtual Maintenance Trainer (VMT)



Fonte: MOODY AIR FORCE BASE, 2023

3.4.3.2 ICAVS(D) (Interim Combined Arms Virtual Simulation Deployable)

O ICAVS(D) é um dos simuladores mais avançados utilizados pelo Exército Britânico para treinar suas forças em logística e manutenção de equipamentos. Desenvolvido pela Elbit Systems UK em colaboração com a Bohemia Interactive, este sistema fornece um ambiente de simulação virtual que combina exercícios físicos e virtuais para melhorar a capacidade operacional das tropas. O simulador permite que soldados e comandantes treinem em situações que exigem gerenciamento preciso da cadeia de suprimentos, reparo de veículos e distribuição de suprimentos no campo de batalha, replicando condições realistas de combate (Army Technology, 2019; Defense Connect, 2021).

O ICAVS(D) foi projetado para integração com outros sistemas virtuais, criando um ambiente de simulação que permite avaliar a disponibilidade de recursos, otimizar estoques e praticar a distribuição eficaz de suprimentos sob diversas condições operacionais. Sua utilização tem permitido um melhor preparo das forças britânicas,

principalmente em operações logísticas, onde a rapidez e a precisão na tomada de decisões são cruciais para o sucesso nas missões militares (Defense Connect, 2021).

Figura 8 – Pessoal do Quartel-General do Exército e do Centro de Guerra Terrestre fazendo uso de ICAVS



Fonte: Ministry Of Defensa, 2022

3.4.3.3 Joint Theater Level Simulation – Global Operations (JTLS-GO)

Joint Theatre Level Simulation – Global Operations (JTLS-GO) é um simulador utilizado por diversas forças militares, incluindo o Exército Britânico, para o treinamento e análise de operações conjuntas e combinadas em cenários táticos e estratégicos. Este sistema oferece a capacidade de simular múltiplos tipos de operações, como aéreas, terrestres, marítimas e anfíbias, além de permitir a coordenação logística. Graças à sua flexibilidade, o JTLS-GO facilita o planejamento e a gestão dos recursos logísticos em tempo real, permitindo aos comandantes melhorar a tomada de decisões operacionais, otimizar o reabastecimento e a distribuição de suprimentos em missões simuladas (Rolands & Associates

Corporation, 2024). A sua capacidade de simular operações de assistência humanitária e de resposta a catástrofes torna-o uma ferramenta versátil em diferentes contextos operacionais.

O Exército Britânico aproveitou o uso de simuladores avançados, como o VR Maintenance Trainer, ICAVS(D) e JTLS-GO para melhorar significativamente a manutenção e o gerenciamento de suprimentos. Esses simuladores permitiram ao Exército reduzir custos, melhorar a disponibilidade de equipamentos e aumentar a eficiência logística em operações complexas. O caso do Exército Britânico demonstra o valor da simulação na otimização das operações militares.

3.5 Desafios e barreiras na integração de simulação

A integração da simulação na gestão de manutenção e fornecimento enfrenta uma série de desafios que devem ser enfrentados para maximizar os benefícios. Esses desafios vão desde questões de custos até barreiras organizacionais e tecnológicas.

3.5.1 Altos custos iniciais e resistência à mudança organizacional

Um dos principais desafios para a implementação de simulações é o custo inicial associado ao desenvolvimento e aquisição de simuladores avançados. A criação de modelos de simulação específicos e a aquisição do hardware necessário requerem um investimento significativo. Para organizações com orçamentos limitados, como algumas forças militares, este custo pode ser uma barreira significativa (Foltin et al., 2015). Além disso, também devem ser considerados os custos de manutenção e atualização dos sistemas de simulação, uma vez que os avanços tecnológicos exigem modernização constante dos sistemas para manter a sua eficácia.

Outro obstáculo comum na integração da simulação é a resistência à mudança dentro das organizações. Muitos funcionários, especialmente aqueles que trabalharam durante anos com métodos tradicionais de gestão e manutenção, podem estar relutantes em adotar novas tecnologias. Este tipo de resistência é motivado pela percepção de que a simulação substituirá a experiência pessoal ou exigirá uma curva de aprendizagem muito acentuada (Rand Arroyo Center, 2006). Em contextos

militares, esta resistência pode ser ainda mais pronunciada devido à estrutura hierárquica e à natureza conservadora das operações (Rand Arroyo Center, 2006).

3.5.2 Treinamento e desenvolvimento de habilidades

O uso eficaz de simuladores requer pessoal treinado e treinado para operar as ferramentas de simulação e analisar os resultados que elas fornecem. A falta de treinamento adequado pode limitar o uso eficiente dos simuladores e, portanto, os benefícios que eles podem oferecer. Muitas organizações devem investir não só em tecnologia, mas também em programas de formação para garantir que os funcionários estejam preparados para tirar o máximo partido destas ferramentas (Rand Arroyo Center, 2006). Em particular, o Exército Britânico tem enfrentado desafios relacionados com a formação de pessoal na utilização de simuladores avançados, o que retardou a plena adoção da simulação em algumas áreas operacionais (Rand Arroyo Center, 2006).

3.5.3 Complexidade na implementação de simuladores

A simulação avançada, especialmente em ambientes logísticos e militares, requer a integração de dados complexos e sistemas múltiplos. Esta integração nem sempre é fácil e podem surgir barreiras tecnológicas durante a implementação. Por exemplo, a integração de simuladores com sistemas de gestão logística existentes pode ser complicada e exigir adaptações significativas, aumentando o tempo e o custo de implementação (Rand Arroyo Center, 2006; Foltin et al., 2015). Além disso, os modelos de simulação devem ser constantemente adaptados para refletir as mudanças nas condições operacionais, o que acrescenta uma camada adicional de complexidade ao seu uso (Foltin et al., 2015).

3.5.4 Confiabilidade e precisão dos modelos de simulação

Embora os simuladores possam fornecer informações valiosas, a sua utilidade depende da precisão dos dados que alimentam os modelos. Se os dados inseridos estiverem incompletos ou incorretos, os resultados do simulador podem ser imprecisos ou enganosos, o que pode levar a decisões erradas nas operações de

manutenção ou logística. Em muitas organizações, a recolha de dados em tempo real pode ser um desafio, afetando a fiabilidade dos simuladores (Foltin et al., 2015). Isto é especialmente crítico em situações militares, onde uma decisão incorreta baseada em dados simulados imprecisos pode ter consequências graves.

3.5.5 Rápida evolução da tecnologia

A tecnologia de simulação está em constante evolução, o que significa que os sistemas adquiridos podem tornar-se obsoletos num período de tempo relativamente curto. Isto obriga as organizações a manterem-se atualizadas com as últimas tendências e tecnologias, que podem ser dispendiosas e difíceis de gerir. Além disso, a atualização constante de simuladores e sistemas pode causar interrupções nas operações enquanto novas versões ou ferramentas são implementadas (Rand Arroyo Center, 2006). Para algumas organizações, o custo e o esforço de acompanhar a tecnologia de simulação podem superar os benefícios percebidos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão da literatura destacou a relevância e o impacto da integração da simulação na gestão de manutenção e abastecimento em ambientes militares, com particular enfoque nos estudos de caso do Exército Britânico e das Forças de Defesa de Israel (IDF). Ao longo desta análise, foram identificados benefícios e desafios significativos inerentes à implementação destas tecnologias avançadas. Uma das principais descobertas tem sido a otimização da disponibilidade dos equipamentos por meio do uso de simuladores preditivos, que permitem antecipar falhas e programar manutenções de forma preventiva (Ben-Daya et al., 2016). Tanto o Exército Britânico como as IDF demonstraram melhorias significativas na operabilidade dos seus veículos e equipamentos críticos através da implementação destes sistemas (Rand Arroyo Center, 2006).

Outro benefício crucial é a redução de custos operacionais, resultado de um planeamento de manutenção e gestão de estoques mais eficientes. A simulação reduziu o armazenamento excessivo de peças sobressalentes e minimizou o tempo de inatividade do equipamento, o que, por sua vez, diminuiu os custos de reparação e emergência (Foltin et al., 2015).

Além disso, a simulação permitiu uma melhoria na eficiência logística. Ferramentas como simuladores logísticos otimizaram as cadeias de abastecimento, reduzindo os prazos de entrega de suprimentos críticos e melhorando a capacidade de resposta em tempo real (Kress, 2016). A capacidade dos simuladores de antecipar interrupções na cadeia de abastecimento tem sido particularmente valiosa em ambientes militares, onde atrasos podem comprometer as operações.

Um ponto relevante também é a capacidade de simular cenários de contingência, o que proporciona aos planejadores uma vantagem tática ao poder testar diversas variáveis sem afetar os recursos reais. Isto permite uma preparação mais precisa para situações imprevistas e aumenta a capacidade de adaptação (Foltin et al., 2015).

Finalmente, a melhoria na tomada de decisões baseada em dados tem sido uma das conquistas mais importantes da simulação. Ao oferecer análises preditivas e cenários simulados, as decisões operacionais não dependem mais exclusivamente da experiência ou de dados históricos, mas de projeções precisas baseadas em simulação (Rand Arroyo Center, 2006).

Apesar dos benefícios óbvios, também foram identificados vários desafios e barreiras à integração da simulação. Os elevados custos iniciais são um dos principais obstáculos, uma vez que tanto o desenvolvimento de simuladores como a sua manutenção e atualização requerem investimentos significativos, o que pode ser uma limitação para organizações com orçamentos apertados (Foltin et al., 2015).

Outro desafio é a resistência à mudança organizacional, que pode retardar a adoção destas tecnologias. Muitos funcionários percebem a simulação como um substituto para a experiência adquirida ou como um sistema complexo que requer treinamento extensivo. Particularmente em ambientes hierárquicos como o militar, esta resistência à mudança é um obstáculo considerável (Rand Arroyo Center, 2006; Foltin et al., 2015).

Além disso, a falta de formação e competências necessárias para operar os simuladores de forma eficiente é outro grande desafio. Sem formação adequada, o pessoal pode não aproveitar plenamente as capacidades das ferramentas de simulação, diminuindo a sua eficácia (Rand Arroyo Center, 2006). A complexidade na implementação de simuladores, especialmente na integração com os sistemas logísticos existentes, e a necessidade de adaptar constantemente modelos para refletir as condições em mudança, acrescenta outro nível de dificuldade à adoção destas tecnologias (Rand Arroyo Center, 2006).

Da mesma forma, a confiabilidade dos modelos de simulação é crucial. Se os dados utilizados na simulação não forem precisos, os resultados podem ser enganosos e levar a decisões operacionais erradas. Além disso, a rápida evolução da tecnologia de simulação cria a necessidade constante de atualização dos sistemas, o que pode ser dispendioso e perturbador para as operações (Foltin et al., 2015).

Em resumo, a literatura sobre simulação na gestão de manutenção e abastecimento forneceu uma base sólida para os benefícios nestas funções logísticas. Contudo, ainda existem lacunas significativas que precisam ser exploradas, como a falta de estudos comparativos entre setores, avaliação de longo prazo, integração da IA e desafios específicos em operações multinacionais. A resolução destas lacunas não só melhorará a compreensão da simulação, mas também permitirá que as organizações otimizem as suas operações logísticas e de manutenção num ambiente cada vez mais complexo e globalizado.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, D. S.; HAYES, R. E. **Power to the edge: Command na control in the information age**. CCRP Publication Series, 2003. Disponível em: <https://www.rediroma-verlag.de/images/leseproben/9783868700497.pdf>. Acesso em: 23 set. 2024.

ARMY RECOGNITION. **Elbit Systems to supply advanced armor training centers to IDF Israeli Army**. Disponível em: <https://www.armyrecognition.com/news/army-news/army-news-2023/elbit-systems-to-supply-advanced-armor-training-centers-to-idf-israeli-army?highlight=WyJzaW11bGF0aW9uliwidHJhaW5pbmciLCJtYWluliwiYmF0dGxlliwidGFuaylslm1idClslmNlbnRlcnMiXQ==>. Publicado em: 2023. Acesso em: 23 set. 2024.

ARMY TECHNOLOGY. **Elbit Systems to provide MBT training centres for Israeli forces**. Army Technology, 2019. Disponível em: <https://www.army-technology.com>. Acesso em: 24 set. 2024.

BALCI, Osman. **Quality Assessment, Verification, and Validation of Modeling and Simulation Applications**. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, v. 1, p. 122–129, 2004. Disponível em: <https://informs-sim.org/wsc04papers/015.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

BANKS, J.; CARSON, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-event system simulation**. 5. ed. Pearson, 2014.

BANKS, J. **Discrete-Event System Simulation**. Prentice Hall, 2001.

BEN-DAYA, M.; KUMAR, U.; MURTHY, D. N. P. **Handbook of Maintenance Management and Engineering**. Springer, 2016.

BLANCHARD, B. S. **Logistics engineering and management**. 6. ed. Pearson Prentice Hall, 2014.

BOHEMIA INTERACTIVE SIMULATIONS. **U.S. ARMY SELECTS BISIM FOR CONTRACT TO SUPPORT GAMES FOR TRAINING PROGRAM**. Bohemia Interactive Simulations, 2017. Disponível em: <https://bisimulations.com/company/news/press-releases/us-army-selects-bisim-contract-support-games-training-program>. Acesso em: 23 set. 2024.

CHRISTOPHER, Martin. **Logistics & supply chain management**. 4. ed. Pearson, 2010.

CHRISTOPHER, Martin. **Logistics & supply chain management**. 5. ed. Pearson Education, 2016. Disponível em: <https://www.ascdegreecollege.ac.in/wp-content/uploads/2020/12/Logistics and Supply Chain Management.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

CHRISTOPHER, M.; HOLWEG, Matthias. **“Supply chain 2.0: managing supply chains in the era of turbulence”**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 41, n. 1, p. 63-82, 2011.

DAVIS, Paul K. **Analytic architecture for capabilities-based planning, mission-system analysis, and transformation**. RAND Corporation, 2002. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2005/MR1513.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

DAVIS, Paul K. **Modeling and simulation in defense analysis: Applications and methodologies**. RAND Corporation, 2017. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/occasional_papers/2007/RAND_O_P176.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

DAVIS, P. K.; BLUMENTHAL, M. S. **The base of sand problem: A white paper on the state of military combat modeling**. RAND Corporation, 1991. Disponível em: <https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/notes/2005/N3148.pdf>. Acesso em: 23 set. 2024.

DEFENSE CONNECT. **Elbit Systems enhances logistics training with advanced simulation systems**. Defense Connect, 2021. Disponível em: <https://www.defenseconnect.com>. Acesso em: 24 set. 2024.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **Global Combat Support System-Army (GCSS-Army) Overview**. Washington, D.C., 2018. Disponível em: <https://www.eis.army.mil/programs/gcss-army>. Acesso em: 23 set. 2024.

DEPARTMENT OF DEFENSE. **Prognostics and Health Management (PHM) Overview**. U.S. Department of Defense, 2019. Disponível em: <https://www.dau.edu/acquikipedia-article/prognostics-health-management-phm>. Acesso em: 23 set. 2024.

DHILLON, B. S. **Engineering Maintenance: A Modern Approach**. CRC Press, 2002.

DUNNIGAN, James F. **How to Make War: A Comprehensive Guide to Modern Warfare in the Twenty-First Century**. 4. ed., 2011.

DUNNIGAN, James F. **The Complete Wargames Handbook: How to Play, Design, and Find Them**. 3. ed. William Morrow Paperbacks, 2000.

DOMBROWSKI, Peter; GHOLZ, Eugene. **Buying military transformation: Technological innovation and the defense industry**. Columbia University Press, 2006.

EVENSEN, Per-Idar. **Modelling and implementation of a generic active protection system for entities in Virtual Battlespace (VBS)**. Kjeller: Norwegian Defence Research Establishment (FFI), 2017. 29 p. FFI-RAPPORT 17/00879. Disponível em: <https://ffi.no>. Acesso em: 23 set. 2024.

FOLTIN, P.; GONTARCZYK, M.; ŚWIDERSKI, A.; ZELKOWSKI, J. **Discrete Event Simulation in Future Military Logistics Applications and Aspects**. Journal of Defense & Security Technologies, v. 1, n. 2, p. 100-110, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323577668_Discrete_Event_Simulation_in_Future_Military_Logistics_Applications_and_Aspects. Acesso em: 24 set. 2024.

HUCKABEE, W. Allen; SMOOT, Marcus. **A User's Perspective of GCSS-Army**. Army Sustainment, [s.l.], p. 59-65, mar./abr. 2012. Disponível em: <https://www.moody.af.mil/News/Article-Display/Article/3294092/vr-enhances-maintenance-training/>. Acesso em: 2 out. 2024.

JIANG, Na; ZHANG, Chunpeng; CAO, Yang; ZHAN, Rixin. **Application of prognostic and health management in avionics system**. In: AIEA 2022. Highlights in Science, Engineering and Technology, Volume 7, 2022. p. 1-9. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AIEA2022-1-9.pdf>. Acesso em: 2 out. 2024.

KRESS, Moshe. **Operational logistics: The art and science of sustaining military operations**. Springer, 2002. Disponível em: [https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/BUKU%20TENTANG%20LOGISTIK%20MILITER/LM-BOOK/Operational%20Logistics%20The%20Art%20and%20Science%20of%20Sustaining%20Military%20Operations%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/BUKU%20TENTANG%20LOGISTIK%20MILITER/LM-BOOK/Operational%20Logistics%20The%20Art%20and%20Science%20of%20Sustaining%20Military%20Operations%20(%20PDFDrive%20).pdf). Acesso em: 23 set. 2024.

KRESS, Moshe. **Operational Logistics: The Art and Science of Sustaining Military Operations**. 2. ed. Springer, 2016.

LEE, Hau. L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, Seugjin. **Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect**. Management Science, v. 50, n. 12, p. 1875-1899, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227446993_Information_Distortion_in_a_Supply_Chain_The_Bullwhip_Effect. Acesso em: 23 set. 2024.

LYNDALL, Frank. **The Effectiveness of Virtual Simulation as a Training Tool**. Army University Press, 2020. Disponível em: <https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/nco-journal/images/2020/July/Virtual/Virtual%20Simulation.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

MINISTRY OF DEFENCE. **New arms simulator for UK Armed Forces hits the target**. Disponível em: <https://des.mod.uk/new-arms-simulator-for-uk-armed-forces-hits-the-target/> Publicado em: 2022. Acesso em: 2 out. 2024.

MOBLEY, R. K. **An introduction to predictive maintenance**. 2. ed. Elsevier, 2002.

MOODY AIR FORCE BASE. **VR enhances maintenance training**. Disponível em: <https://www.moody.af.mil/News/Article-Display/Article/3294092/vr-enhances-maintenance-training/>. Publicado em: 2023. Acesso em: 2 out. 2024.

MORSE, Philip M.; KIMBALL, George E. **Methods of Operations Research**. MIT Press, 1962.

NIKOLIC, N. **Conceptual Modelling in Simulation of Military Logistics Processes – Field Maintenance Modelling**. Journal of Defence & Security Technologies, v. 3, n. 1, p. 100-110, 2020. Disponível em: <https://www.jdst.eu/publications/conceptual-modelling-simulation-military-logistics-processes-field-maintenance>. Acesso em: 23 set. 2024.

PELTZ, Eric; HALLIDAY, John; ROBBINS, Marc; GIRARDINI, Kenneth **Sustainment of Army Forces in Operation Iraqi Freedom: Battlefield Logistics and Effects on Operations**. RAND Corporation, 2005. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2006/RAND_MG344.pdf. Acesso em: 24 set. 2024.

PELTZ, Eric; ROBBINS, Marc; McGOVERN, Geoffrey. **Integrating the Department of Defense Supply Chain**. RAND Corporation, 2005. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2012/RAND_TR1274.pdf. Acesso em: 24 set. 2024.

PRENSKY, M. **Digital game-based learning**. McGraw-Hill, 2001.

RAND ARROYO CENTER. **Microworld Simulations: A New Dimension in Training Army Logistics Management Skills**. RAND Corporation, 2006. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB3037.html. Acesso em: 24 set. 2024.

RAND CORPORATION. **Collective simulation-based training in the U.S. Army**. RAND Corporation, 2020. Disponível em: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR400/RR448/RAND_RR448.pdf. Acesso em: 24 set. 2024.

ROBINSON, S. **Simulation: The Practice of Model Development and Use**. Wiley, Chichester, 2004. Disponível em: https://lmsspada.kemdikbud.go.id/pluginfile.php/123916/mod_label/intro/simulation-the-practice-of-model-development-and-use.9780470847725.21800.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

ROLANDS & Associates Corporation. **JTLS-GO: Civil-Military Simulation and Analysis**. 2024. Disponível em: https://www.rolands.com/jtls/j_over.php. Acesso em: 24 set. 2024.

SIMCHI-LEVI, David; KAMINSKY, Philip; SIMCHI-LEVI, Edith. **Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264332291_Designing_and_Managing_the_Supply_Chain_Concepts_Strategies_and_Case_Studies_David_Simchi-Levi_Philip_Kaminsky_Edith_Simchi-Levi. Acesso em: 24 set. 2024.

THOMERSON, Lora. **Integration of Constructive Simulations to Logistics Command and Control Training Design and Execution**. Naval Postgraduate School, 2019. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1080468.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

TOLK, Andreas; DIALLO, Saikou Y.; TURNITSA, Charles D. **Modeling and Simulation Support for System of Systems Engineering Applications**. Hoboken: Wiley, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264860968_Modeling_and_Simulation_Support_for_System_of_Systems_Engineering_Applications. Acesso em: 24 set. 2024.

ZEIGLER, Bernard P.; KIM, Tag G.; PRAEHOFER, Herbert. **Theory of Modeling and Simulation: Integrating Discrete Event and Continuous Complex Dynamic Systems**. 2. ed. Academic Press, 2000. Disponível em: [https://www.google.com.br/books/edition/Theory_of_Modeling_and_Simulation/R_EzmYOOQmHuQC?hl=es-419&gbpv=1&dq=Zeigler,+B.+P.,+Kim,+T.+G.,+%26+Praehofer,+H.+\(2000\).+Theory+of+modeling+and+simulation:+Integrating+discrete+event+and+continuous+complex+dynamic+systems&printsec=frontcover](https://www.google.com.br/books/edition/Theory_of_Modeling_and_Simulation/R_EzmYOOQmHuQC?hl=es-419&gbpv=1&dq=Zeigler,+B.+P.,+Kim,+T.+G.,+%26+Praehofer,+H.+(2000).+Theory+of+modeling+and+simulation:+Integrating+discrete+event+and+continuous+complex+dynamic+systems&printsec=frontcover). Acesso em: 24 set. 2024.

ZSIDISIN, G.A.; BRESLER, A.; HAZEN, B.; SNIDER, K.F.; WILKERSON, T.H. **Research in defense logistics: where are we and where are we going?** *Journal of Defense Analytics and Logistics*, v. 4, n. 1, p. 3-17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JDAL-07-2019-0012>. Acesso em: 23 set. 2024.