



**EXÉRCITO BRASILEIRO**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO COMPLEMENTAR DO EXÉRCITO**  
**Curso de Gestão e Assessoramento de Estado-Maior - CGAEM**



TC Art Fabiano Strassburger

**GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS E MATERIAIS DE EMPREGO  
MILITAR: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA FRACAS**

**Salvador  
2020**

**TC Art Fabiano Strassburger**

**GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS E MATERIAIS DE EMPREGO  
MILITAR: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA FRACAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação Complementar do Exército / Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG como requisito parcial para a obtenção do Grau Especialização de Gestão em Administração Pública.

**Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Franklin Frogeri**

**Salvador  
2020**

**TC Art FABIANO STRASSBURGER**

**GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS E MATERIAIS DE EMPREGO  
MILITAR: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA FRACAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação Complementar do Exército / Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG como requisito parcial para a obtenção do Grau Especialização de Gestão em Administração Pública.

Aprovado em 23 de março de 2020.

**COMISSÃO DE AVALIAÇÃO**

---

Prof. Dr. Rodrigo Franklin Frogeri - Presidente  
UNIS

---

Prof. Me. Fabrício Pelloso Piurcosky – Membro 1  
UNIS

---

Prof. Me. Antônio de Biaso Junior – Membro 2  
UNIS

## **GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS E MATERIAIS DE EMPREGO MILITAR: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA FRACAS**

### **LIFE CYCLE MANAGEMENT OF MILITARY EMPLOYMENT SYSTEMS AND MATERIALS: ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF FRACAS METHODOLOGY**

Fabiano Strassburger<sup>1</sup>  
Rodrigo Franklin Frogeri<sup>2</sup>

#### **RESUMO**

Este trabalho analisa a implantação da metodologia FRACAS na gestão do ciclo de vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (MEM). Tal abordagem se justifica no momento em que o Exército Brasileiro está transformando o seu antigo Sistema de Material do Exército (SIMATEX) em um Sistema Integrado de Logística do Exército Brasileiro (SIGELOG). Acredita-se que a metodologia FRACAS pode fornecer maior confiabilidade aos dados do novo sistema em desenvolvimento. A finalidade deste trabalho é analisar a situação atual do módulo de Controle Físico do Sistema de Material do Exército e discutir os benefícios que a metodologia FRACAS pode fornecer para a gestão do SIGELOG. Este propósito foi alcançado por meio de uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa, executada por meio de uma lógica indutiva e epistemologia interpretativista. A pesquisa documental norteou o levantamento dos dados e as análises se fundamentaram na interpretação de dados secundários do Sistema de Informação do SIMATEX. A análise demonstrou que o atual Sistema de Gestão de Materiais possui oportunidades de melhoria e a implantação da metodologia FRACAS poderá trazer benefícios, especialmente, para o gerenciamento de dados. Dentre eles destacam-se a organização e padronização da coleta de dados, acompanhamento da eficácia das ações implementadas e a redução dos custos de manutenção.

**Palavras-chave:** Confiabilidade. Falha. Manutenção. FRACAS. SIGELOG.

#### **RESUMEN**

Este artículo analiza la implementación de la metodología FRACAS en la gestión del ciclo de vida de los Sistemas y Materiales de Empleo Militar (MEM). Tal enfoque está justificado en un momento en que el Ejército Brasileño está transformando su antiguo Sistema de Materiales del Ejército (SIMATEX) en un Sistema Integrado de Logística del Ejército Brasileño (SIGELOG). Se cree que la metodología FRACAS puede proporcionar una mayor confiabilidad a los datos del nuevo sistema en desarrollo. El propósito de este documento es analizar la situación actual del módulo de Control Físico del Sistema de Materiales del Ejército y discutir los beneficios que la metodología FRACAS puede proporcionar para la gestión de SIGELOG. Este propósito se logró a través de una investigación aplicada, con un enfoque cualitativo, realizado a través de una lógica inductivista y epistemológica interpretativista. La investigación documental guió la recopilación

---

<sup>1</sup> Bacharel em Ciências Militares, pela Academia Militar das Agulhas Negras. Atualmente é Pós-graduando em Gestão em Administração Pública, pela UNIS. E-mail: strassburger.dmat@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutorando em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento. Professor no Centro Universitário do Sul de Minas – UNISMG. E-mail: rodrigo.frogeri@professor.unis.edu.br.

de datos y los análisis se basaron en la interpretación de datos secundarios del sistema de información del SIMATEX. El análisis mostró que el Sistema de Gestión de Materiales actual tiene oportunidades de mejora y la implementación de la metodología FRACAS podría traer beneficios, especialmente para la gestión de datos. Estos incluyen la organización y estandarización de la recolección de datos, el monitoreo de la efectividad de las acciones implementadas y la reducción de los costos de mantenimiento.

**Palabras-clave:** Confiabilidad. Falla. Mantenimiento. FRACAS. SIGELOG.

## 1 INTRODUÇÃO

O Exército Brasileiro (EB) vem passando por diversas transformações, dentre as quais podemos destacar a questão Logística. Segundo a Portaria nº 202-EME, de 8 de setembro de 2014 (BRASIL, 2014), a tecnologia usada atualmente no Sistema de Material do Exército (SIMATEX) se encontra ultrapassada e não atende às diretrizes do Governo e do próprio Exército no uso de tecnologias abertas (multiplataforma), além de impossibilitar o uso de uma arquitetura mais flexível e ágil. Nesta transformação, o EB vem desenvolvendo o Sistema Integrado de Logística do Exército Brasileiro (SIGELOG), cujo objetivo é gerenciar as classes de suprimento da Força Terrestre. A transformação do SIMATEX abarca a evolução dos três subsistemas que o integram – Sistema de Controle Físico (SISCOFIS), Sistema de Catalogação do Exército (SICATEX) e Sistema de Dotação de Material (SISDOT) – além de buscar mudanças da antiga visão sistêmica para a nova gestão baseada nos processos existentes na logística atual.

De acordo com a Portaria nº 344-EME, de 31 de agosto de 2017 (BRASIL, 2017), no desenvolvimento do SIGELOG, o EB procura focar seu trabalho na gestão logística e nas etapas do ciclo de vida do material, de modo que quando necessário o Sistema possua dados confiáveis para a tomada de decisão em um curto espaço de tempo.

Este trabalho analisa a evolução de um dos Sistemas do SIMATEX, o Sistema de Controle Físico, que trata da gestão do ciclo de vida dos sistemas e materiais de emprego militar. A implantação da metodologia FRACAS (*Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System*) pode fornecer benefícios associados a confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e segurança para a gestão do Ciclo de Vida dos Materiais de Emprego Militar? O objetivo do estudo é analisar a situação atual do módulo de Controle Físico do Sistema de Material do Exército e discutir os benefícios que a metodologia FRACAS pode fornecer para o aumento da disponibilidade dos Materiais de Emprego Militar (MEM).

Tal abordagem se justifica pela necessidade de o Exército Brasileiro possuir um sistema de gestão eficiente e eficaz para gerenciar de maneira confiável o ciclo de vida de seus diversos materiais.

É importante salientar, também, a contribuição do trabalho para a Força Terrestre, pois a sua implantação efetiva pode facilitar a manutenção dos seus complexos meios.

Este propósito será alcançado mediante estudo de caso da situação atual da gestão da manutenção das viaturas blindadas *Leopard A1* utilizando a atual ferramenta existente no Exército Brasileiro para a gestão do Ciclo de Vida dos seus materiais, análise das suas possibilidades e dificuldades atuais encontradas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A norma NBR 5462 da ABNT (1994 apud PASQUA, 1999, p.12), define manutenção como sendo “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 Pinto (1994) a função manutenção é definida como “um conjunto integrado de atividades que se desenvolve em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação e que visa manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, com total segurança”.

Segundo Maynard (1970), o objetivo do pessoal de manutenção é assegurar que a fábrica e seu equipamento sejam mantidos de forma a permitir que sua produção se processe dentro de um custo mínimo por unidade, em compatibilidade com a segurança e o bem-estar da força de trabalho.

Siqueira (2005) afirma que a origem da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) está relacionada aos processos tecnológicos e sociais que se desenvolveram após a Segunda Guerra Mundial.

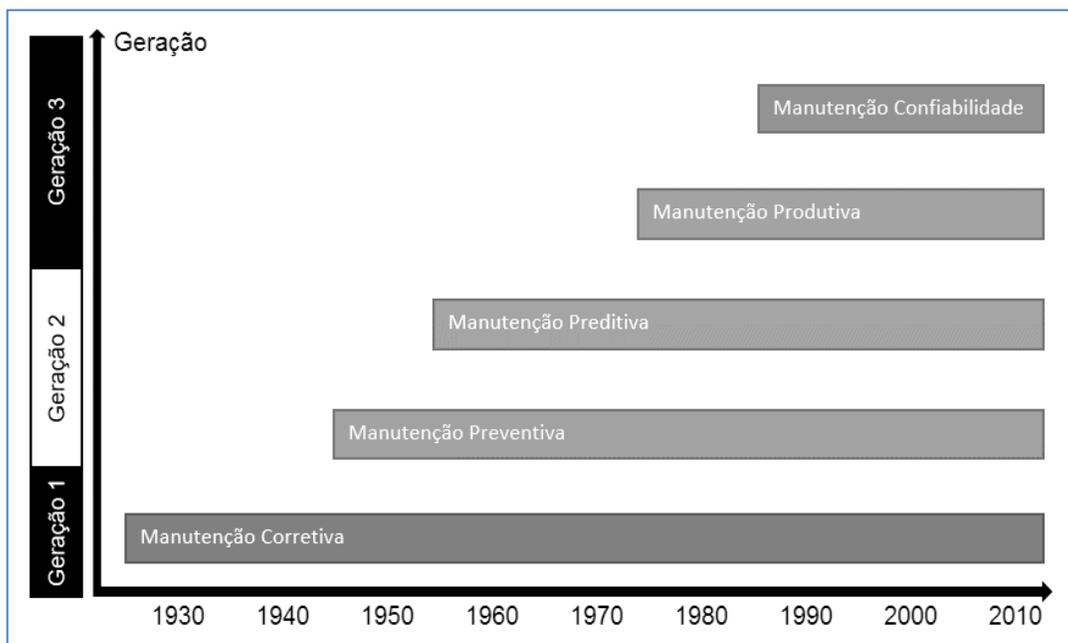
De acordo com a NASA (2000), a MCC é um processo alternativo de manutenção que é utilizado para definir a abordagem mais efetiva para a manutenção visando aumentar a operacionalidade dos equipamentos, melhorar a segurança e reduzir os custos de manutenção.

Para RELIASOFT BRASIL (2006), a manutenção está relacionada a rentabilidade das empresas à medida que exerce influência sob a capacidade produtiva, qualidade dos produtos e no custo operacional dos equipamentos. “O uso de técnicas avançadas na gestão da manutenção vem proporcionando, cada vez mais, controle e segurança nos processos produtivos, acarretando no aumento da produtividade visto que garantem uma maior disponibilidade dos equipamentos a um menor custo de manutenção” (SIMONETTI et al., 2010, p 1).

### 2.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Para Siqueira (2005 apud POMINI, 2015. p. 10-11), a evolução histórica da Manutenção ocorre em aproximadamente três gerações, partindo de 1930, como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Evolução dos sistemas de manutenção.



Fonte: SIQUEIRA (2005 apud POMINI, 2015, p.10).

Segundo Siqueira (2005 apud POMINI, 2015, p. 10-11) a evolução histórica da manutenção ocorreu em três gerações distintas, como descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Evolução histórica da manutenção

Geração 1	caracteriza-se pela manutenção corretiva. Em tal período a prevenção de falhas dos equipamentos não era uma ação prioritária, não havia a prática de manutenção sistemática, já que em tal período os equipamentos se caracterizavam pela simplicidade, tornando o sistema produtivo confiável e de fácil reparo. Tal modelo de manutenção perdurou-se até meados da II Guerra Mundial, época em que a demanda por produtos de todos os tipos aumentou, a mão de obra se tornou escassa, a mecanização evoluiu, e conseqüentemente o grau de complexidade dos tributos técnicos do maquinário. Assim, os reparos causados por falhas nos equipamentos já não eram tão simples e despendiam de mais tempo de inatividade de produção, tornando-se assim um modelo inviável.
Geração 2	com o fim da primeira geração, surge a segunda geração de manutenção, fase a qual é caracterizada pelo desejo de evitar as falhas, denominando-se assim por Manutenção Preventiva. Fase a qual era caracterizada principalmente por intervalos fixos de revisão de equipamentos, gerando um aumento dos custos de manutenção em detrimento aos custos operacionais. O que foi piorado em meados dos anos setenta, quando o tempo de máquina parada afetava ainda mais a capacidade produtiva, reduzindo a produção, aumentando os custos operacionais e interferindo na prestação dos serviços aos clientes. A redução da produção agravava ainda mais pelo fato de o mundo estar inserido em uma filosofia Just-In-Time (JIT), filosofia que se baseia na minimização de desperdícios e a prática de redução de estoques, e que impulsionou o surgimento da filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM), e conseqüentemente deu origem à terceira geração da manutenção.
Geração 3	surgiu da falta de capacidade técnica frente às exigências do processo de automação cada vez mais presentes nas indústrias, e também, da crescente exigência de produtos pelos consumidores, consumo em larga escala, elevando-se os custos de mão-de-obra e de capital devido à concorrência mundial, conduzindo a prática de dimensionamento de equipamentos específicos para determinado processo, tornando estreito suas faixas operacionais, tornando ainda maior a necessidade da aplicação da manutenção.

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2019).

## 2.2 RAMS

O termo confiabilidade refere-se ao conjunto de parâmetros confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança que representa a tradução livre da sigla RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability and Safety*).

“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.” (OLIVEIRA, 2007, p. 4).

### 2.2.1 Confiabilidade

De acordo com Souza (2003) a definição da Organização Europeia para o Controle de qualidade diz que “Confiabilidade é a medida da capacidade de um produto operar com sucesso, quando solicitado, por um período de tempo pré-determinado, e sob condições de utilização e ambientais específicas”.

Confiabilidade, segundo a NASA (2000) é a probabilidade de que um item irá sobreviver a um determinado período de funcionamento, nos termos especificados de condições de funcionamento, sem falhas.

À manutenção interessa a probabilidade de que o item sobreviva a um dado intervalo (de tempo, ciclo, distância, etc.). Esta probabilidade de sobrevivência é denominada de confiabilidade. (SIQUEIRA, 2005)

Para se moldar a confiabilidade será necessário tratar as falhas como eventos e tratar o tempo como variável aleatória contínua. Mas antes de tudo é importante definir o que é falha.

Siqueira (2005) afirma que, de maneira geral, uma falha consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada.

Prevenir e corrigir falhas constituem os objetivos primários da manutenção. Para isto é necessário conhecer as formas como os sistemas falham. O estudo das falhas constitui parte essencial da Manutenção Centrada na Confiabilidade, seguindo-se à identificação e documentação das funções. (SIQUEIRA, 2005)

Após a compreensão da definição de falha é necessário ter entendimento de características importantes relacionadas à falha. Entre essas características existem os sintomas, os efeitos, os modos, os mecanismos e as causas de falha.

No caso da distribuição de Confiabilidade a média é tratada pelo termo MTTF que quer dizer Tempo Médio até a falha.

Segundo Leitch (1995) essa média está associada à primeira falha de um item reparável, ou seja, se o item pode ser reparado após uma falha, a média representará apenas o tempo de operação esperado até a ocorrência da primeira falha deste item.

### 2.2.2 Manutenibilidade

Segundo Leitch (1995), Manutenibilidade é a probabilidade de que um sistema em estado de falha seja restaurado ao seu estado de funcionamento, em um dado tempo e condições específicas.

Os maiores problemas relacionados ao modelamento da Manutenibilidade é a relação direta com os procedimentos humanos. A Manutenibilidade depende de inúmeros fatores como qualificação da mão de obra, acesso aos recursos de reparo, como ferramentas e peças sobressalentes, além é claro de sistemas de orientação como manuais de diagnóstico e reparo.

A variação das distribuições de reparo tende a variar bastante com a diferença de qualificação ou acesso a recursos de reparo.

A Manutenibilidade também utilizará uma base estatística, sendo possível moldar seu comportamento pelas mesmas funções.

A função manutenibilidade ou probabilidade acumulada de tempo de reparo indica qual a probabilidade de reparo em um determinado tempo.

A função taxa de reparo indica qual a probabilidade de um item falho até um dado intervalo de tempo, venha a ser reparado no próximo intervalo de tempo.

O termo TTR – “Time To Repair” (tempo para reparo) representa o tempo esperado para que ocorra o diagnóstico e o reparo.

Segundo Leitch (1995), quando se possui uma série de dados com tempos de reparo é possível encontrar o MTTR – “Mean Time To Repair” (Tempo Médio para Reparo), que também dependerá da distribuição de Reparo.

### 2.2.3 Disponibilidade

Segundo Souza (2008), o conceito de disponibilidade é utilizado para apurar o tempo que os equipamentos ficam à disposição para atuarem de forma produtiva. O tempo disponível do equipamento é simplesmente o tempo que o equipamento está operando somado ao tempo de standby. O tempo de indisponibilidade é o tempo que o equipamento permanece sob intervenção de reparo ou aguardando a equipe de manutenção.

A RELIASOFT BRASIL (2006) afirma que os usuários querem produtos que estejam prontos para o uso quando estes necessitam deles. “Isto vai ao encontro da “disponibilidade”, ou seja, a aptidão de um item no desempenho de sua função designada quando requerido para uso. A disponibilidade de um produto depende do número de falhas que ocorrem (confiabilidade), de quanto tempo se leva para sanar essas falhas (manutenibilidade) e da quantidade de apoio logístico reservado para a manutenção” (SOUZA, 2008, p 16).

“A disponibilidade é a possibilidade de um sistema, componente ou serviço executar uma requerida função em um instante de tempo ou período de tempo” (OLIVEIRA, 2007, p. 31).

De acordo com Dovich e Wortman (1998 apud OLIVEIRA, 2007, p.31), “a disponibilidade é tratada como a probabilidade que um item estará disponível quando requerido ou como a proporção do tempo total que um item estará disponível para uso, isto é, a proporção do tempo em que a função é executada”.

Segundo Oliveira (2007), “a Disponibilidade é uma relação entre a confiabilidade e a manutenibilidade. A confiabilidade modela o funcionamento e a manutenibilidade o reparo. A disponibilidade dependerá tanto da confiabilidade quanto da manutenibilidade, sendo uma relação entre as duas medidas”.

“A Disponibilidade é usualmente tratada como uma taxa, isto é, a proporção do tempo em que a função é executada” (OLIVEIRA, 2007, p. 33).

Identificado o TTF (tempo até a primeira falha) e o TTR (tempo de reparo) durante a operação de um sistema, podemos identificar o TBF - (*Time between failures*) ou tempo entre falhas.

Após diversos ciclos de operação é calculada a média dos tempos entre falhas, ter-se-á o MTBF (Mean Time Between Failures) ou tempo médio entre falhas.

## 2.2.4 Segurança

De acordo com Guimarães (2003 apud OLIVEIRA, 2007, p. 38) “segurança é a capacidade de uma entidade evitar a ocorrência, dentro de condições pré-estabelecidas, de eventos críticos para o seu funcionamento ou catastróficos para seus operadores e meio ambiente”.

A segurança também pode ser medida como uma probabilidade, dependente do tempo, da ocorrência de eventos catastróficos, e muitas vezes dos parâmetros de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade.

A segurança propriamente dita não está exclusivamente relacionada com o funcionamento do sistema, pois também depende de fatores de risco a saúde e ao meio ambiente.

A Segurança é geralmente medida como uma probabilidade. Qualquer evento, ligado à confiabilidade, ou a eventos aleatórios como erros humanos que impliquem em uma consequência catastrófica fará parte da função Segurança.

## 2.3 GESTÃO DE RAMS

Chien e Tsaur, (2007) ressaltam a importância de as organizações avaliarem o sucesso da implantação de novas tecnologias, considerando a quantidade de recursos financeiros e humanos investidos.

Entretanto, segundo Seeling (2000), a manutenção quando mal gerenciada permite o agravamento de problemas que afetam o desempenho da produção e oneram os custos da empresa.

Segundo Oliveira (2007), o sucesso de muitas empresas que desenvolvem produtos está relacionado a sua capacidade de suprir o mercado com produtos capazes de atender satisfatoriamente diversos aspectos atrelados aos desejos e anseios do consumidor. Obviamente os parâmetros de RAMS podem estar relacionados entre esses desejos.

Para Oliveira (2007), existem várias metodologias de Análise desenvolvidas para a análise de sistemas, umas com o foco nas análises de riscos e segurança, outras focando puramente a confiabilidade, outras focadas na manutenção e finalmente algumas focadas na disponibilidade.

Existem diversas razões pelas quais a gestão de RAMS se faz necessária, como podemos verificar partindo do seu histórico e seguindo por diversos aspectos de influência no sucesso de empresas desenvolvedoras de produtos, como demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Histórico da gestão de RAMS.

<b>3000 A.C.</b>	As análises de RAMS tem seu histórico atrelado aos desastres. No princípio as técnicas de RAMS eram tratadas como manuais de boas práticas, tendo seus primeiros registros entre os Sumérios, 3200 anos antes de Cristo e pelos Egípcios na construção das pirâmides (Rodrigues, 2007 apud OLIVEIRA, 2007, p.54).
<b>1915 a 1919 – Primeira Guerra Mundial</b>	A iniciativa de deixar de tratar a gestão de RAMS de modo implícito deu-se na primeira guerra mundial com os sucessivos acidentes com as primeiras aeronaves e as operações de material bélico. Algumas batalhas eram decididas baseadas simplesmente no não funcionamento de um tanque, um avião ou as armas de mão. Sem contar nos casos em que os aviões caíam por mal funcionamento, sobre as próprias tropas ou quando a munição explodia fora de hora (IBQN, 2007 apud OLIVEIRA, 2007, p.54).
	A necessidade da geração da teoria por trás das análises de RAMS se fortaleceu na Segunda Guerra, afinal os sistemas haviam se tornado muito mais complexos. Com o advento das bombas voadoras V1 em 1942 e mais tarde as bombas V2 pelo cientista Wernher Von Braun percebeu-se o grande potencial desses equipamentos para os caminhos da guerra. Essas bombas tinham a missão de serem lançadas da Alemanha e cair com certa precisão em alvos Ingleses. Como esses equipamentos carregavam um sistema eletrônico de

<b>1939 a 1945 – Segunda Guerra Mundial</b>	controle ainda muito primitivo, a confiabilidade tornou-se ponto chave para o sucesso do programa. Foi nesse cenário em que os princípios da confiabilidade foram enunciados. Mesmo com uma baixa taxa de sucesso as bombas V1 e V2 estiveram próximas de definir os rumos da Segunda Guerra (Ley, 1968 apud OLIVEIRA, 2007, p.54).
<b>1949 – Pós-segunda Guerra Mundial</b>	As forças armadas americanas desenvolvem a análise de Modos e Efeitos de Falha FMEA/FMECA, gerando assim o padrão militar MIL-STD- 1629 (Departamento de Defesa Americano, 1998).
<b>Década de 50</b>	Com origem na Segunda Guerra, um dos pais da Confiabilidade e ex-membro da equipe de Von Braun, Robert Lusser, um dos projetistas do Messerschmitt, finaliza parte de seus trabalhos na área de Confiabilidade, enunciando a Lei de Lusser, que diz que a Confiabilidade de um sistema é um produto da Confiabilidade de seus componentes (Ley, 1968 apud OLIVEIRA, 2007, p.55).
<b>Década de 60 – Guerra Fria</b>	Na década de 60 com a corrida espacial e o advento dos mísseis balísticos intercontinentais, as técnicas de confiabilidade são incrementadas, como o advento das análises por Árvores de Falha em 1961 (Barlow, 2002 apud OLIVEIRA, 2007, p.55).
<b>Década de 70 – Acidentes</b>	A década de 70 foi marcada por acidentes e pela implementação das análises de risco em centrais nucleares. Em 1974 o acidente de Flixborough, após uma explosão de ciclohexano deixou 28 mortos e 104 feridos. Em 1976 em Seveso um vazamento de dioxina exigiu a evacuação de uma vasta área. Algo similar ocorreu em TMI em 1979 com o vazamento de gases radioativos (Wahlström et al., 1994). Na década de 70 algumas indústrias químicas e de mineração iniciam a implementação de análises de RAMS.
<b>Década de 80 – Grandes Desastres</b>	Na década de 80 os acidentes de Cubatão e México, com 500 mortos cada, Bhopal com 2000 mortos e finalmente Chernobyl em 1986 levaram a consolidação das Análises de RAMS e a obrigatoriedade de sua larga aplicação em instalações nucleares (Wahlström et al., 1994). “Foi durante a década de 80 que indústrias como a automobilística e de telecomunicações começam a investir mais fortemente em análises de RAMS” (OLIVEIRA, 2007, p. 56).
<b>Década de 90</b>	“A década de 90 foi marcada pelo interesse, de outros setores, nas análises de RAMS e pela maior aplicação em todos os meios industriais impactados pela confiabilidade e segurança. As primeiras normas para a gestão e projeto de sistemas comerciais começaram a ser desenvolvidas na década de 90. Como é o caso da IEC-61508 (IEC, 1998). Até então as normas tinham origem nas indústrias militar, nuclear e aeroespacial”. (OLIVEIRA, 2007, p. 56).

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2019).

Segundo Oliveira (2007) “a gestão de RAMS busca dar suporte à tomada de decisão, ela sozinha não irá levar a melhorias, mas permitirá identificar aspectos críticos e monitorar a resposta a nossas ações de melhoria”.

Na visão de Oliveira (2007) a gestão de RAMS ajudará a instituição a alcançar respostas para questões que podem ser fundamentais para a Força, como:

- Quanto nos custa um determinado tipo de falha?
- Qual a previsão de vida do produto?
- No caso de uma falha, quanto tempo nosso equipamento ficará sem operar?
- O que se pode fazer para prevenir falhas?
- Quais são os fatores críticos que levam os meus equipamentos a falhar?
- Qual o custo do meu produto durante todo seu período de vida? (OLIVEIRA, 2007, p. 59)

Segundo Oliveira (2007) existem três linhas de aplicação de RAMS. Essas linhas diferem em aspectos fundamentais de abordagem. São elas:

- Desenvolvimento de produtos - de maneira geral os desenvolvedores de produtos estão preocupados em gerar o produto com parâmetros adequados de Confiabilidade e Manutenibilidade. Para isso eles devem buscar prever esses índices, já no projeto conceitual, refazendo as análises preditivas após o projeto e verificando a adequação dos índices com ensaios e testes. As pessoas responsáveis pelo desenvolvimento de produtos irão buscar entender o impacto dos parâmetros de RAMS em todo o ciclo de vida do produto, minimizando custos;
- Transformação e fatura - a linha de transformação e fatura é focada na busca da garantia da Disponibilidade. Os responsáveis devem encontrar as melhores técnicas de manutenção para garantir que uma determinada planta gere os menores custos possíveis por hora parada; e
- Impactados pela segurança - nessa terceira linha as análises de segurança são efetuadas tanto para desenvolvedores de produtos quanto para Indústrias de Transformação e Manufatura. As análises de segurança são divididas em uma nova linha principalmente porque sua metodologia difere da metodologia aplicada nos dois casos anteriores. O interesse das análises de Segurança não está necessariamente ligado com os custos do ciclo de vida de um produto ou uma planta e sim com o impacto, para as pessoas e o meio ambiente, de eventos indesejados. (OLIVEIRA, 2007, p. 59)

## 2.4 A GESTÃO DO CICLO DE VIDA

Conforme Oliveira (2007), “Cada uma das fases pela qual o produto passa durante seu ciclo de vida possui uma gestão específica, até porque algumas delas são tratadas como projetos e outras como operações. Resta entender em qual das fases do ciclo de vida são necessárias intervenções para garantir uma melhoria contínua nos parâmetros de confiabilidade, manutenibilidade e segurança”.

As características de gestão de cada uma das fases do ciclo de vida e como a qualidade deve ser gerida em cada uma das fases permitem abrir uma extensa discussão sobre onde aplicar a gestão de RAMS e os motivos para essa escolha.

O ciclo de vida de um produto possuirá duas estruturas de gestão, a gestão de projetos utilizadas na fase de levantamento de requisitos e a gestão de operações utilizada nas fases de manufatura, distribuição, operação e descarte.

Justamente por depender do sucesso de cada fase do ciclo de vida do produto, a gestão do programa busca integrar cada uma dessas fases entregando e coletando informações importantes a cada uma dessas instâncias e gerando as diretrizes e objetivos para cada uma delas (Oliveira, 2007).

No nosso artigo vamos nos deter na etapa de operação, que engloba a operação e a manutenção. Na fase de operação o produto deve cumprir suas funções respeitando os limites toleráveis de variação de desempenho e segurança. A atividade de manutenção que ocorre concomitantemente com a operação, é responsável por garantir a funcionalidade dos sistemas ao longo de toda vida útil planejada.

Existem várias técnicas para a gestão do Ciclo de vida dos materiais, entre essas apresenta-se o conceito FRACAS e suas características em todo processo de gestão de RAMS.

O sistema para a gestão de RAMS deve garantir o monitoramento adequado dos parâmetros de RAMS dentro de cada fase do ciclo de vida do produto e certamente deve permitir que análises sejam possíveis para que assim ações de melhoria garantam o sucesso dos programas.

Assim sendo, é necessário definir as técnicas de monitoramento ou coleta de dados, as técnicas de análise e os métodos para definição de ações de melhoria em cada fase do ciclo de vida do produto.

Neste caso, como já ocorreu anteriormente nos fixaremos na fase do ciclo de vida da operação e manutenção.

Segundo Oliveira (2007) diferentemente das predições e avaliações em ensaios acelerados, as informações provenientes na operação e manutenção são o retrato exato da realidade do produto em campo. Justamente por ser uma informação precisa essa merece um tratamento especial na captura e organização dos dados. As informações de campo devem ser capturadas, organizadas, analisadas e entregues a diferentes clientes do sistema de informação, como o pessoal de projeto preliminar, projeto detalhado, manufatura, marketing, vendas e obviamente devem constar no histórico para os gestores do programa avaliarem o desempenho do sistema de gestão na conquista da melhoria contínua.

No contexto da operação e manutenção algumas técnicas de análises são fundamentais, como: I - RCM – Manutenção Centrada em Confiabilidade, tratada por Moubray (2003) e pela norma MIL-STD-2173 (Departamento de Defesa Americano, 1986); II - FRACAS – Sistema de Coleta de dados, Análises e Ações Corretivas, como tratado na norma MIL-STD-2155 (Departamento de Defesa Americano, 1985) e pela RAC (FRACAS, 1999).

Um sistema de Gestão, pela característica de controlador de informações, deverá ter atenção especial às fontes de dados, especialmente aquelas que permitirão as análises quantitativas.

Segundo Oliveira (2007) para que as análises quantitativas sejam possíveis, os dados de falha são imprescindíveis. Os dados possuem mais ou menos coerência de acordo com sua fonte. Neste contexto, existem basicamente três fontes de dados principais:

- Os dados de ensaios e testes;
- Os dados de campo;
- Os dados de bibliotecas e órgãos centralizadores.

No nosso trabalho usaremos os dados de campo para destacarmos o emprego da metodologia FRACAS.

Os dados de campo como o próprio nome diz, são dados colhidos em campo e costumam ser a fonte de dados mais próxima da realidade, pois apresentam dados de comportamento nas condições reais de operação do material. Uma das principais vantagens dos dados de campo é o custo, em geral o registro do comportamento de vida de equipamentos não costuma ser tão caro e traz benefícios imediatos.

Segundo Oliveira (2007) o registro deveria ser obrigatório em praticamente todas as indústrias, empresas e órgãos gestores e compartilhado com os diversos envolvidos, porém mesmo com bons registros, o que é algo raro, é comum não chegar a uma coleção de dados mínima para transformar esses dados em informações estatísticas aceitáveis. Ainda, outro problema com a coleta de dados é o fato de envolver muitos setores da empresa ou órgão gestor e muitas vezes parceiros e fornecedores, o que gera a necessidade de um sistema de comunicação eficiente.

Figura 2 – Consistência de dados em grandes empresas.



Fonte: RAC (1999 apud OLIVEIRA, 2007, p. 87).

A questão dos dados é muito importante, em uma pesquisa efetuada pela RAC (FRACAS, 1999) e mostrada na Figura 2, com grandes empresas dos setores Aeroespacial, Nuclear, Petroquímico mostra que apenas 13% dos dados coletados, com a intenção de gerar a base para os cálculos estatísticos de confiabilidade, podem ser utilizados imediatamente, cerca de 58% dos dados precisam ser filtrados e selecionados para que tenham alguma utilidade e cerca de 30% dos dados não tem consistência alguma. Isso se deve a diversas razões:

- A forma aberta como os sistemas de coleta opera, permitindo qualquer tipo de entrada, ou até nenhuma entrada;
- Outro fator é a despreocupação das pessoas que coletam os dados, a falta de treinamento e conscientização da importância de um bom registro.

As empresas costumam ter pouca visibilidade dos benefícios que podem alcançar com a implementação da Gestão de RAMS já que possuem poucos dados ou dados inadequados para essa análise.

## 2.5 RESULTADOS DA GESTÃO

Uma das perguntas mais efetuadas quando surge a ideia de implementar algum tipo de gestão de RAMS é qual será o retorno financeiro desse esforço e em quanto tempo ele será efetivado. Diversas características dificultam essa resposta, dentre elas podemos destacar a abrangência da implantação, o setor envolvido, a maturidade da implantação, a má implementação e a boa implementação.

De acordo com Oliveira (2007) implementações bem feitas podem gerar resultados surpreendentes a médio e longo prazo. A gestão de RAMS vem sendo aplicada pelas forças armadas americanas a mais de 50 anos. De acordo com a RAC (FRACAS, 1999), o IDA “*Institute*

*for defense analysis*” avaliou a aplicabilidade dos conceitos de engenharia simultânea, que envolve além da Gestão de RAMS uma série de outras atividades de Controle de Qualidade e chegou aos seguintes resultados:

**Redução nos tempos de desenvolvimento em 60%:** Isso se deve muito ao fato de existirem registros históricos detalhados, o que permite focar no que é importante em cada projeto. Além é claro nos métodos de análise que permitem priorizar o que é realmente necessário.

**Redução nos tempos de produção em 10%:** Geralmente projetos bem executados são mais fáceis de se produzir.

**Redução no tempo total do processo em 46%:** graças aos tempos menores nos projetos, nos testes e na produção.

**Redução dos defeitos de manufatura em 87%:** principalmente pela investigação exaustiva dos focos de problemas e falhas em todo o processo.

**Aumento dos lucros em 500%:** devido à redução dramática nos custos, com aumento substancial da qualidade, gerando é claro, aumento nas vendas (RAC, 1999).

**Redução das taxas de falha no campo em 83%:** Esse dado impressionante está intimamente ligado com a Gestão de RAMS. Um dado que acaba não sendo mostrado pelo IDA é a severidade dos efeitos das falhas que ocorreram. É de se esperar que a gestão de RAMS gere planos de contingência, o que reduz muito os danos gerados por eventos indesejados.

**Redução das alterações antes da produção em 50%:** O crescimento na certeza de que os projetos são adequados advém principalmente da mudança de cultura que acompanha uma implementação.

**Redução do número de itens em estoque em 60%:** Novamente a estatística atua, trazendo mais conhecimento dos riscos e necessidades.

**Redução do tempo para construção de protótipos em 400%:** Com o tempo mais e mais dados históricos, de produtos similares, estarão disponíveis reduzindo a necessidade de protótipos.

**Redução de refugo e re-trabalho em 87%:** além de outros resultados positivos. (OLIVEIRA, 2007, p. 90)

Para Oliveira (2007), a chance de se alcançar bons resultados na implantação da gestão de RAMS é muito grande, em comparação com a chance de se obter resultados negativos, porém mesmo que se tenha bons resultados, uma implementação bem assistida garantirá a eficiência do investimento, não deixando dúvidas que o retorno será maximizado.

## 2.6 FRACAS

O conceito FRACAS foi desenvolvido pela Marinha Americana na década de 70, tendo uma norma militar tratando especificamente do assunto na década de 80, a MIL-STD-2155 (Departamento de Defesa Americano, 1985).

FRACAS, ou Relatório de Falhas, Análise e Ações Corretivas, é um sistema de circuito fechado usado para melhorar a confiabilidade de um produto, serviço, processo ou aplicativo de software. O “circuito fechado” em um FRACAS refere-se à sistemática maneira pela qual todos os problemas relatados são abordados, garantindo que, nenhuma falha ou incidente seja, perdida.

Um sistema disciplinado e agressivo de geração de relatórios, análises e ações corretivas (FRACAS) é considerado um elemento essencial na conquista precoce e sustentada do potencial de confiabilidade e manutenção inerentes a sistemas, equipamentos e softwares militares. A essência de um FRACAS de circuito fechado é que as falhas são formalmente relatadas, a análise

é realizada na medida em que a causa da falha é compreendida e as ações corretivas positivas são identificadas, implementadas e verificadas para evitar novas recorrências de falha.

Baseado em software, os processos FRACAS oferecem o benefício adicional da análise incorporada, permitindo que as organizações rastreiem os principais sistemas métricos que incluem Taxa de falhas, MTBF, MTTR, Disponibilidade, Custos e cálculos definidos pelo usuário, entre muitos outros. Recursos integrados de relatórios e gráficos significam uma tendência em termos de tempo, gravidade e muitos outros fatores. O FRACAS é amplamente utilizado em muitos setores, incluindo aeroespacial, automotivo, defesa, eletrônica, manufatura, telecomunicações, dispositivos médicos e outros.

Segundo Oliveira (2007), o sistema de gestão FRACAS sugere um processo de em malha fechada, onde as informações atuais advindas das análises, que têm como base os dados coletados, são confrontadas com os parâmetros desejados e em se verificando discrepâncias um conjunto de ações preestabelecidas em planos de correção, prevenção e contingência são colocadas em prática. Novamente o ciclo de coleta de dados e análises se segue, permitindo verificar a efetividade das ações assim como novas melhorias.

“O sistema FRACAS pode ser aplicado a processos e sistemas com hardware e “software”. Sua capacidade de acompanhar um produto ou processo durante todo seu ciclo de vida faz com que o FRACAS seja uma ferramenta de gestão de Programas”. (OLIVEIRA, 2007, p. 92).

Segundo pesquisas da RAC (*Reliability Analysis Center*) dos Estados Unidos (FRACAS, 1999 apud OLIVEIRA, 2007, p. 92) o sistema FRACAS é apontado como:

“a técnica ou tarefa de confiabilidade mais fundamental e importante entre todas as outras tarefas de acordo com grandes empresas de tecnologia altamente impactadas pelos requisitos de confiabilidade. A importância do FRACAS é indiscutível na indústria aeroespacial e de defesa, sendo base para a formação outros sistemas com os mesmos fundamentos, sendo ainda mais abrangente e atencioso as técnicas de priorização e análise”. (OLIVEIRA, 2007, p. 92)

De acordo com Santos (2007), segundo levantamento realizado em 1995 pela RAC, empresas conhecidas por fornecer produtos altamente confiáveis identificaram o FRACAS como sendo um dos elementos mais importantes em seus programas de confiabilidade. De acordo com o Quadro 3, 88,3% das pessoas que foram entrevistadas consideraram FRACAS como a ferramenta mais importante em um programa de confiabilidade.

Para Santos (2007, p.143), “o FRACAS recebeu o maior percentual devido a sua capacidade de fornecer a causa raiz da falha e informações de ação corretiva realimentando o processo e melhorando, portanto, a confiabilidade do projeto”.

Quadro 3 - Atividades mais importantes de confiabilidade.

Ordem	Atividade	%
1	FRACAS	88,3
2	Revisões de Projeto	83,8
3	Controle dos Fornecedores	72,1
4	Controle de Qualidade	71,2
5	FMECA	70,3
6	Testes de Confiabilidade	68,5
7	Predições	62,2
8	Testes, Análises e Reparos	59,5
9	Análises térmicas	58,6

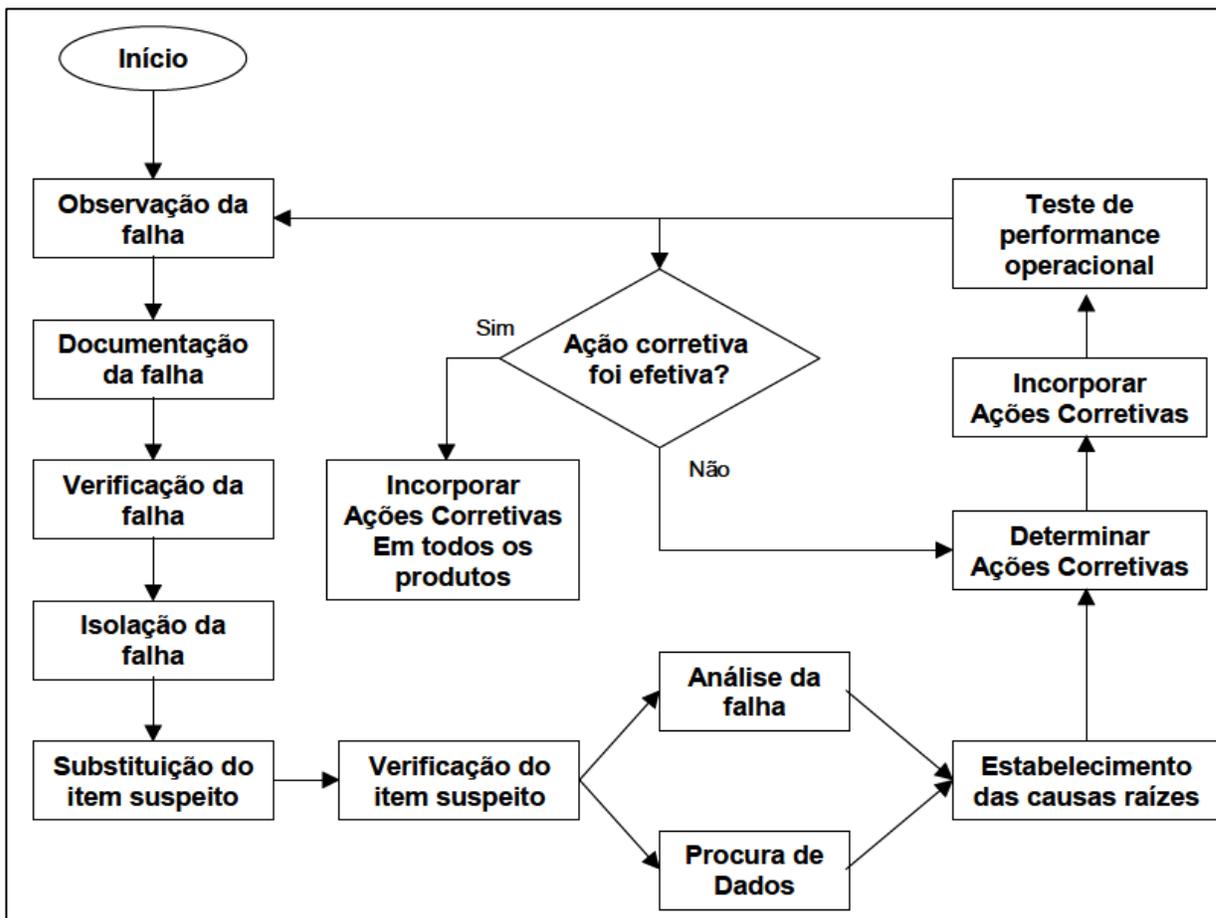
Fonte: SANTOS (2007, p.144)

Segundo Santos (2007), a norma MIL-HDBK-338B indica as principais etapas de um FRACAS de ciclo fechado. Tipicamente, isso consiste dos seguintes passos:

- \* Observação da falha durante a operação ou teste;
- \* Documentação da falha, incluindo no mínimo:
  - Localização da falha
  - Data e hora da falha
  - Referência do sistema/equipamento em falha
  - Número de série do sistema/equipamento em falha
  - Sintomas de falha observados
  - Identificação da pessoa que observou a falha
  - Todas as condições significativas existente no momento da falha
- \* Verificação e confirmação da falha observada inicialmente;
- \* Isolação da falha, localizando o menor item substituível/reparável dentro do sistema;
- \* Substituição do item suspeito por um conhecido bom e teste do sistema/equipamento para assegurar-se de que o item instalado de fato corrige a falha originalmente reportada;
- \* Re-teste do item suspeito para verificar que o mesmo se encontra defeituoso;
- \* Análise do item defeituoso para restabelecer o mecanismo de falha interno responsável pelo modo de falha observado;
- \* Procura por dados existentes relacionados à ocorrência de falhas similares no item em questão, levando em conta o modo e o mecanismo da falha.
- \* Estabelecimento das causas raízes com base nos dados obtidos nos dois últimos passos;
- \* Determinar as ações corretivas necessárias, tais como mudanças de projeto, de processo, de procedimentos, etc. para prevenir a recorrência da falha. A decisão a respeito das ações corretivas adequadas deve ser tomada por uma equipe interdisciplinar, envolvendo projeto, processo, qualidade, manutenção e assistência técnica;
- \* Incorporação da ação corretiva recomendada em um sistema/equipamento para teste;
- \* Re-teste do sistema/equipamento com as ações corretivas incorporadas;
- \* Após o teste e revisão dos parâmetros apropriados, determinar se a ação corretiva proposta é efetiva. (SANTOS, 2007, p.145)

Constatada a eficácia da ação corretiva, a mesma é incorporada nos novos sistemas/equipamentos e, quando aplicável, no restante da frota já existente. A Figura 3 ilustra o processo na forma de fluxograma.

Figura 3- Metodologia FRACAS.



Fonte: Santos (2007, p. 146).

### 3 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo se caracterizou como uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa, executada por meio de uma lógica indutiva e epistemologia interpretativista.

A pesquisa possui objetivos descritivos uma vez que se pretende levantar informações acerca da metodologia FRACAS e como esta ferramenta pode trazer benefícios para o SIGELOG. A abordagem qualitativa foi realizada por meio de uma pesquisa documental a fim de se levantar os principais conceitos sobre as RAMS, Gestão de RAMS, Ciclo de Vida e a metodologia FRACAS, trazendo sempre como foco a influência desses dados na Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar. Além da pesquisa documental foi realizado um estudo de caso onde buscou-se levantar as principais falhas que estão ocorrendo com a Frota *Leopard* 1A5, tudo isso, com o objetivo de se tirar uma conclusão acerca das possibilidades da ferramenta de gestão FRACAS trazer algum benefício para a disponibilidade dos Materiais de Emprego Militar.

Quanto a natureza da pesquisa, pode-se dizer que se trata de uma pesquisa qualitativa com dados quantitativos retirados do atual Sistema de Controle Físico do Exército Brasileiro. Dentre os diversos Sistemas e Materiais de Emprego Militar geridos pelo Sistema, para o nosso estudo, foram selecionados os dados das 230 viaturas da Frota *Leopard* 1A5 distribuídas pelas diversas

organizações militares do País. Definida a Frota do estudo, partiu-se para o período da análise, 2013 a 2018. Após a definição do material de estudo (Frota Leopard) e período, foi selecionado as sete principais falhas que ocorreram com a Frota Leopard ano a ano.

#### 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Antes de abordar a respeito da análise da atual situação da gestão do ciclo de vida dos materiais, se faz necessário ter uma visão sobre a logística dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar, suas ferramentas e sistemas.

No Exército Brasileiro, a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar é regida pela Portaria Nº 233 - Gab Cmt Ex, de 15 de março de 2016 que aprova as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018). Segundo a Portaria Nº 233 – Gab Cmt Ex (BRASIL, 2016), os objetivos do modelo de gestão do ciclo de vida são: I – estabelecer uma sistemática para as atividades e os eventos que ocorrem durante o ciclo de vida dos SMEM; II – atribuir responsabilidades aos diversos órgãos envolvidos nas atividades e nos eventos do ciclo de vida dos SMEM.

Segundo a Portaria nº 202-EME, de 8 de setembro de 2014 (BRASIL, 2014), as premissas da Diretriz para a modernização do Sistema de Material do Exército – SIMATEX são:

- a. O SIMATEX é composto de uma ferramenta computacional que automatiza grande parte da gestão de material do Exército, além dos diversos processos desenvolvidos nos órgãos de direção setorial (ODS) e no órgão de direção geral (ODG). Sua modernização implica o mapeamento e melhoria do processo de gestão de material, além da evolução da ferramenta computacional que o suporta. É oportuno enfatizar que a evolução do SIMATEX para tornar-se um sistema de gestão de material eficiente e eficaz depende da modernização da ferramenta computacional de suporte, mas, principalmente, da melhoria dos processos e de constantes auditorias dos dados carregados no sistema. Assim, com um sistema computacional moderno e processos otimizados, o Exército Brasileiro (EB) terá um sistema de gestão de material efetivo e adequado à complexidade e volume da sua missão constitucional.
- b. [...]
- c. O SIMATEX, atualmente em uso em todo o EB, é o Sistema de Gestão de Material do Exército Brasileiro, homologado pelo DCT e ratificado por ocasião da Reunião de Integração Sistêmica (RIS) de 2010.
- d. A modernização do SIMATEX envolve a evolução dos três subsistemas que o compõem: Sistema de Controle Físico (SISCOFIS); Sistema de Catalogação do Exército (SICATEX); e Sistema de Dotação de Material (SISDOT).
- e. [...]
- f. A modernização tem por objetivo evoluir do atual sistema para um sistema logístico mais amplo, abrangendo: o Ciclo de Vida dos Materiais; o Planejamento da Aquisição; a Gestão de Contratos; o Controle Físico, Financeiro e Contábil; a Manutenção; o Transporte; e a Alienação, entre outras funcionalidades logísticas.
- g. [...]
- h. O Comando Logístico (COLOG) deverá possuir uma equipe especializada para operar e garantir, continuamente, a qualidade dos dados do SIMATEX como um todo e dos seus subsistemas componentes.
- i. [...] (BRASIL, 2014, p. 27 e 28).

Já as justificativas da Diretriz de Modernização do SIMATEX são as seguintes:

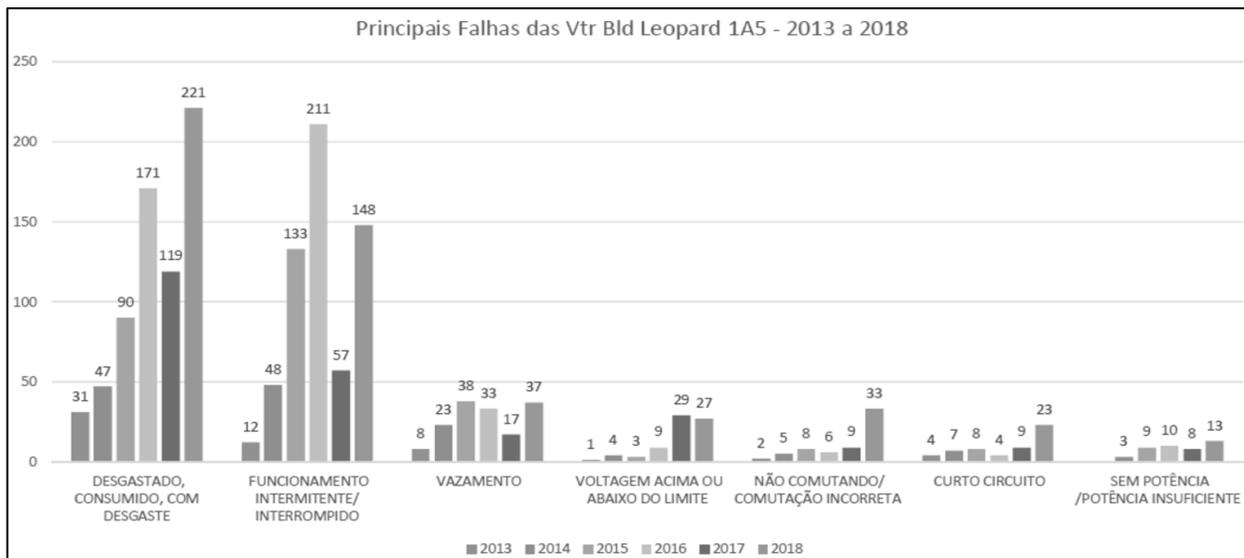
- a. O SIMATEX foi concebido há quatorze anos, de forma que a evolução dos processos logísticos demanda novas necessidades.
- b. A tecnologia usada no sistema se encontra ultrapassada e não atende às diretrizes do Governo e do próprio Exército no uso de tecnologias abertas (multiplataforma), além de impossibilitar o uso de uma arquitetura mais flexível e ágil.
- c. Há necessidade de automação de processos, para os quais o sistema computacional não foi inicialmente preparado, melhorando o controle do material e tornando esses processos mais ágeis.
- d. Há necessidade de ampliação das funcionalidades dos sistemas de informação, específicos e corporativos, que dão apoio à área de logística, o que impõe o uso de novas tecnologias e novos processos.
- e. Há necessidade de melhorar as respostas fornecidas pelo SIMATEX, visando aumentar sua utilização pelas diversas OM e o estabelecimento de um ciclo de crítica e aperfeiçoamento do sistema, até o pleno atendimento das necessidades do Exército. (BRASIL, 2014, p. 29).

O Comando Logístico (COLOG) é o órgão no Exército Brasileiro responsável pela gestão do Ciclo de vida de diversos Materiais de Emprego Militar (MEM). A Diretoria de Material (DMat), organização militar subordinada ao COLOG, é a responsável por gerir o Ciclo de Vida das viaturas e armamentos do Exército Brasileiro.

O Exército Brasileiro possui atualmente 230 Viaturas Blindadas VBC-CC *Leopard 1A5* operando nas Organizações Militares brasileiras.

Após coleta de dados da frota de Viaturas Blindadas *Leopard 1A5* do atual sistema de gerenciamento do Ciclo de Vida dos Materiais, com o objetivo de verificar quais as principais falhas apresentadas pelas Viaturas, chega-se ao Gráfico 1 que apresenta as falhas no período de 2013 a 2018.

Gráfico 1 – Principais falhas apresentadas pelas Viaturas *Leopard 1A5*.



Fonte: Desenvolvido pelos autores (2019).

Um dado que chama a atenção no Gráfico 1 é que nos últimos anos quase todos os números de falhas selecionadas das Viaturas *Leopard* vêm aumentando. Um dos fatos que pode estar causando esse aumento de falhas é o atual sistema de gerenciamento do ciclo de vida dos materiais

não possuir uma ferramenta de análise de falhas e ações corretivas. Este entendimento pode ser compreendido segundo o Quadro 4.

Quadro 4 – Comparação da metodologia FRACAS x Sistema de Controle Físico Atual

<b>FRACAS</b>	<b>Controle Físico Atual</b>
Sistema de Circuito fechado - a falha é relatada, analisada após a sua compreensão, ações positivas são identificadas, implementadas e verificadas para evitar novas recorrências de falhas.	Sistema de Circuito aberto – a falha é relatada via sistema, ocorre a substituição do item defeituoso, se sanada a falha o material retorna para operação
Possui equipe de analistas para todas as falhas	Não possui equipe de análise de falhas
Falha analisada e compreendida	Falha não é analisada
Ações corretivas positivas são identificadas após a falha ser compreendida e analisada	Ocorre a troca do item suspeito de causar a falha, caso a falha seja sanada, o material volta a operar
Ações corretivas implementadas e verificadas	Não ocorre
Se a ação corretiva for efetiva, incorporar ações corretivas em todos os materiais	Não ocorre
Se a ação corretiva não for efetiva, determinar novas ações corretivas	Não ocorre

Fonte: Desenvolvido pelos autores (2019).

Após essa análise do quadro acima, percebe-se que a grande diferença entre o atual Sistema de Gerenciamento dos Materiais e a metodologia FRACAS está relacionado a análise da falha. O fato do Controle Físico atual não possuir equipe de análise de falhas, todas as demais etapas não ocorrem comparando-se com a metodologia FRACAS.

Outro fator observado durante o estudo do atual sistema de Controle Físico é que o sistema define algumas falhas como forma de padronização, o que acarreta muitas vezes uma falha mesmo sendo diferente de outra, ser considerada a mesma falha. Essa situação, agravada pela falta de equipe de análise de falhas do Sistema, dificulta ainda mais a manutenção e na sua maioria das vezes aumenta o custo do ciclo de vidas dos materiais.

Segundo a NASA (2000), confiabilidade é a probabilidade de que um item irá sobreviver a um determinado período de funcionamento, nos termos especificados de condições de funcionamento, sem falhas. Analisando o Gráfico 1 percebe-se uma grande diferença do número de ocorrência de falha para cada tipo analisada, como por exemplo a falha **curto circuito**, em 2013 ela ocorreu 4 vezes; em 2014, 7 vezes; em 2015, 8 vezes; em 2016, 4 vezes; em 2017, 9 vezes e em 2018 o número mais que duplicou, 23 vezes. Tendo em vista essa diferença anual do número de falhas, fica difícil definirmos o nível de confiabilidade da Frota *Leopard 1A5*.

Segundo Leitch (1995), Manutenibilidade é a probabilidade de que um sistema em estado de falha seja restaurado ao seu estado de funcionamento, em um dado tempo e condições específicas. Analisando tanto o Gráfico 1 como o Quadro 4, entende-se que não é possível estabelecer nenhum parâmetro quanto à efetividade de um sistema ou outro.

Segundo Oliveira (2007), “a Disponibilidade é uma relação entre a confiabilidade e a manutenibilidade. A confiabilidade modela o funcionamento e a manutenibilidade o reparo. A disponibilidade dependerá tanto da confiabilidade quanto da manutenibilidade, sendo uma relação entre as duas medidas”. Com o exposto nos dois parágrafos anteriores, pode-se concluir que

atualmente o índice de disponibilidade da Frota *Leopard* é bastante variável, tendo em vista a grande variação dos números de falhas ocorridas em cada ano.

A segurança propriamente dita não está exclusivamente relacionada com o funcionamento do sistema, pois também depende de fatores de risco a saúde e ao meio ambiente. Analisando o Gráfico 1, podemos destacar uma das falhas que está diretamente relacionado com o parâmetro segurança é a falhas ocorrida por curto circuito. Percebe-se que a falha curto circuito quase duplicou do ano de 2017 para 2018, passando de 9 falhas para 23 falhas, indicando uma certa insegurança quanto a utilização da Frota Leopard 1A5. Esse fato é bastante preocupante pois pode colocar em risco a saúde das guarnições que operam as Viaturas *Leopard*.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste momento é oportuno retomar a pergunta de pesquisa que direcionou este estudo, a implantação da metodologia FRACAS (*Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System*) pode fornecer benefícios associados a confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e segurança para a gestão do Ciclo de Vida dos Materiais de Emprego Militar? Após estudo do atual sistema de gerenciamento do ciclo de vida dos materiais onde são destacados os aumentos dos números de falhas das Viaturas Blindadas *Leopard* 1A5, em especial, nos anos de 2017 para 2018, pode se concluir que o sistema por não possuir uma ferramenta de gestão que analise as falhas e posteriormente fornecer informações de ação corretiva, esta causando uma maior indisponibilidade da Frota Leopard 1A5.

Ao estudar a metodologia FRACAS pode-se afirmar que a sua implantação no momento em que o Sistema Integrado de Logística do Exército Brasileiro (SIGELOG) está sendo desenvolvido, pode trazer diversos benefícios para a gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar.

A implantação da metodologia FRACAS permite aos gestores dos diversos Materiais de Emprego Militar reduzir custos de manutenção; gerenciar ações e fluxo de trabalho, com alertas para os responsáveis; realizar análise de falhas e implementar ações corretivas; realizar o processo de validação para cada tipo de ação realizada; compartilhar os dados registrados e as soluções dos incidentes para as demais áreas do Exército Brasileiro; acompanhar a eficácia das ações implementadas; gerenciar dados de reparo e substituição de equipamentos; obter, automaticamente os indicadores de MTBF, MTBI, tempo de reparo, disponibilidade, entre outros e padronizar o histórico de incidentes para realizar análises de confiabilidade, de modo a se obter e manter a necessária prontidão logística.

Este artigo não tem a pretensão de esgotar o assunto, já que, existem várias ferramentas de gestão que tratam da análise de Sistemas, umas com o foco nas análises de riscos e segurança, outras focando puramente a confiabilidade, outras focadas na manutenção e finalmente algumas focadas na disponibilidade. Uma análise mais ampla da metodologia FRACAS pode ser realizada pelos responsáveis que estão desenvolvendo o SIGELOG a fim de constatar os reais benefícios que a sua implantação pode trazer para a gestão do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais de Emprego Militar.

## REFERÊNCIAS

ALBERTIN, A. L. Benefício do Uso da Tecnologia de Informação no Desempenho Empresarial. Resumo 07/2005. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2005. Disponível em: <[http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/3089/P00319\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/3089/P00319_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 16 de nov. 2019.

BLANCHARD, Benjamin S. - Systems engineering Management (2004).

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. Portaria n. 202-EME, de 8 de setembro de 2014. Aprova a **Diretriz de Modernização do Sistema de Material do Exército - SIMATEX (EB20-D-04.001)**. Boletim do Exército n.37, de 12 de setembro de 2014. Disponível em: <http://www.sgex.eb.mil.br/sistemas/be/boletins.php> .Acesso em: 10 de jul. 2019.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. Portaria n. 233-EME, de 15 de março de 2016. Aprova as **Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018)**. Separata do Boletim do Exército n.11, de 18 de março de 2016. Disponível em: <http://www.sgex.eb.mil.br/sistemas/be/boletins.php> .Acesso em: 10 de jul. 2019.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. Portaria n. 344-EME, de 31 de agosto de 2017. Aprova a **Diretriz para implantação dos módulos de controle de acesso e de identificação, do Sistema Integrado de Gestão Logística (SIGELOG)(EB20-D-04.002)**. Boletim do Exército n.36, de 8 de setembro de 2017. Disponível em: <http://www.sgex.eb.mil.br/sistemas/be/boletins.php> .Acesso em: 06 de dez. 2019.

\_\_\_\_\_. Exército. Estado-Maior do Exército. EB20-MC-10.204: Logística. 3. ed. Brasília, 2014.

DALLOSTA and T. A. & SIMCIK. Designing for Supportability: Driving Reliability, Availability, and Maintainability In While Driving Costs Out, by P. M., 2012, pp. 34–38.  
Departamento de Defesa dos EUA. MIL-STD-2155-FRACAS: Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System, 1985.

DIAS, D. S. Eficácia de sistemas de informação, participação do usuário e mudança organizacional. In: XVII ENCONTRO ANUAL DA ANPAD, Salvador, 1993. **Anais...** Salvador: ANPAD, 1993. v. 2. p. 163-172. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000201&pid=S1415-6555200100030000400011&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000201&pid=S1415-6555200100030000400011&lng=en)>. Acesso em: 16 de nov. 2019.

FREITAS, E. M. **Sistemas de Informação e Banco de Dados**. Universidade Estadual Salvador: Editora UFBA, 1997.

FREITAS, H. M. R. et al. Avaliação de sistemas de informações. **Revista de Administração**, v.29, n.4, p.36-55, out./dez. 1994.

LAURINDO, F. J. B. et al. O papel da Tecnologia da Informação (TI) na Estratégia das Organizações. **Gestão & Produção**, v.8, n.2, p.160-179, ago. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v8n2/v8n2a04>>. Acesso em: 16 de nov. 2019.

Leitch, R.D. **Reliability Analysis for Engineers: An Introduction**, Oxford: 1ª Edição, 1995.

MAYNARD, H. B.. **Manual de Engenharia de Produção**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1970. 179 p.

MORESI, E. A. D. Delineando o Valor do Sistema de informação de uma Organização. **Ci. Inf.**, Brasília, v.29, n.1, p.14-24, jan./abr. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v29n1/v29n1a2.pdf>>. Acesso em: 16 de nov. 2019.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. Washington, 2000. 356 p.

OLIVEIRA, Sydney Marssal de. **A gestão de programas de desenvolvimento: aplicação de confiabilidade, mantabilidade e segurança**. 2007. 156 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

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. 156 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 1999.

POMINI, Rafael Ribeiro. **Análise da implantação de um sistema voltado para manutenções corretivas e preventivas: Estudo de Caso**. 2015. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

Reliability Analysis Center. FRACAS - Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System – Application Guidelines, 1999.

RELIASOFT BRASIL. Manutenção Centrada em Confiabilidade. São Paulo, 2006. 142 p.

RELIASOFT BRASIL. Manutenção Centrada em Confiabilidade. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.reliasoft.com.br/>>. Acesso em: 15 de nov. 2019.

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

Disponível em: <[http://www.revistasapere.inf.br/download/segunda/SIMONETTI\\_SOUZA\\_LEANDRO\\_TRAB\\_ACHINI\\_ELL.pdf](http://www.revistasapere.inf.br/download/segunda/SIMONETTI_SOUZA_LEANDRO_TRAB_ACHINI_ELL.pdf)>. Acesso em: 15 de nov. 2019.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade**: Manual de Implementação. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p.

SOUZA, R. D. Análise da Gestão da Manutenção Focando a Manutenção Centrada na Confiabilidade: Estudo de Caso MRS Logística. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2008\\_1\\_Rafael.pdf](http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2008_1_Rafael.pdf)>. Acesso em: 15 de nov. 2019.