



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

CAP COM THIAGO GOMES DE SÁ

**PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DE ASAS ROTATIVAS DE
GUERRA ELETRÔNICA PARA OBTENÇÃO DE LOCALIZAÇÃO ELETRÔNICA**

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

CAP COM THIAGO GOMES DE SÁ



PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DE ASAS ROTATIVAS DE GUERRA ELETRÔNICA PARA OBTENÇÃO DE LOCALIZAÇÃO ELETRÔNICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais como requisito parcial para a obtenção do grau especialização em Ciências Militares.

Orientador: Cap Com Rodolfo de Azevedo Maymone

Rio de Janeiro

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a). Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

SA998

Sá, Thiago Gomes de.

PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DE ASAS ROTATIVAS DE GUERRA ELETRÔNICA PARA OBTENÇÃO DE LOCALIZAÇÃO ELETRÔNICA / Thiago Gomes de Sá - 2023

52 f. il. color.

1. Guerra Eletrônica 2. localização eletrônica 3. Plataformas de asa rotativa I Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais. II Título.

CDD: 355



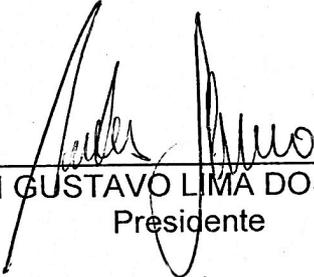
MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS
(E. A. O./1919)

DIVISÃO DE ENSINO E PESQUISA / CURSO DE COMUNICAÇÕES

Ao Cap Com THIAGO GOMES DE SÁ .

O Presidente da Comissão de Avaliação do TCC, cujo título é PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DE ASAS ROTATIVAS DE GUERRA ELETRÔNICA PARA OBTENÇÃO DE LOCALIZAÇÃO ELETRÔNICA, informa à Vossa Senhoria o seguinte resultado da deliberação: **APROVADO** com o conceito BOM.

Rio de Janeiro, 25 de setembro de 2023


ANDERSON GUSTAVO LIMA DOS SANTOS - Maj
Presidente


RODOLFO DE AZEVEDO MAYMONE - Cap
1º Membro / Orientador


WAGNER DE FARIAS FIGUEIREDO - Maj
2º Membro

CIENTE:


THIAGO GOMES DE SÁ - Cap
Postulante

RESUMO

O Exército Brasileiro possui equipamentos de Guerra Eletrônica com função de estimar a localização eletrônica do alvo emissor de frequências de interesse. A implementação de uma plataforma de asas rotativas de guerra eletrônica para localização eletrônica oferece benefícios significativos, tal abordagem representa um meio altamente complementar aos métodos de guerra eletrônica (GE) atualmente em uso. Um helicóptero de apoio aéreo próximo, por exemplo, tem a capacidade de sobrevoar ambientes de selva de forma eficaz, já as cabines de GE convencionais não podem chegar a esses locais por meio terrestre. Somado a isso, as aeronaves desse tipo podem ser mobilizadas rapidamente para as áreas de interesse e superam facilmente obstáculos do terreno, como movimentos altimétricos, os quais servem de empecilhos para a captação de sinais eletromagnéticos. Como resultado, o alcance dos sensores é ampliado significativamente, principalmente no contexto da guerra eletrônica em ambientes de mata densa, onde a mobilidade e a flexibilidade são críticas para a operação. Dito isto, este trabalho traz como assunto a proposta de utilização de uma plataforma de asas rotativas de guerra eletrônica para obtenção de localização eletrônica de tropas inimigas e tem como objetivo verificar a viabilidade do assunto proposto. Para atingir esse objetivo o trabalho seguirá o método de revisão bibliográfica onde buscará, através das referências utilizadas, formar as bases conceituais sobre Guerra Eletrônica e aeronaves de asa rotativas. Buscará, através dos manuais técnicos, as especificações, capacidades e limitações dos equipamentos de GE e helicópteros para que possa atingir o resultado que é integrar os equipamentos de GE às plataformas de asa rotativas tornando-as capaz de obter a localização eletrônica das forças adversas.

Palavras-chave: Guerra Eletrônica, Plataformas de asa rotativa, localização eletrônica.

ABSTRACT

The Brazilian Army has Electronic Warfare equipment with the function of estimating the electronic location of the target emitting frequencies of interest. Implementing a rotary-wing electronic warfare platform for electronic localization offers significant benefits; such an approach represents a highly complementary means to electronic warfare (GE) methods currently in use. A close air support helicopter, for example, has the ability to fly over jungle environments effectively, whereas conventional GE cabins cannot reach these locations by land. In addition, aircraft of this type can be quickly mobilized to areas of interest and easily overcome terrain obstacles, such as elevation movements, which serve as obstacles to capturing electromagnetic signals. As a result, the range of sensors is significantly expanded, especially in the context of electronic warfare in dense forest environments, where mobility and flexibility are critical to operation. Having said that, this work brings as its subject the proposal to use an electronic warfare rotary-wing platform to obtain the electronic location of enemy troops and aims to verify the feasibility of the proposed subject. To achieve this objective, the work will follow the bibliographic review method where it will seek, through the references used, to form the conceptual bases on Electronic Warfare and rotary-wing aircraft. It will seek, through technical manuals, the specifications, capabilities and limitations of GE equipment and helicopters so that it can achieve the result of integrating GE equipment with rotary wing platforms, making them capable of obtaining the electronic location of adverse forces.

Keywords: Electronic Warfare, Rotary wing platforms, electronic localization.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	PROBLEMA.....	9
1.2	OBJETIVOS.....	10
1.2.1	Objetivo Geral.....	10
1.2.2	Objetivos Específicos.....	10
1.3	QUESTÕES DE ESTUDO.....	11
1.4	JUSTIFICATIVAS.....	12
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1	A GUERRA ELETRÔNICA.....	13
2.1.1	Campos e Ramos da GE.....	15
2.1.2	Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica.....	17
2.1.3	Localização Eletrônica.....	18
2.2	AERONAVES DE ASA ROTATIVA.....	19
2.2.1	Campos da GE no contexto da aplicação em aeronaves de asa rotativa.....	21
2.3	PLATAFORMAS DE ASA ROTATIVA POSSUIDORAS DE SUÍTE DE GE E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	22
2.3.1	Sikorsky UH-60 Black Hawk.....	23
2.3.2	Bell AH-1Z Viper.....	24
2.3.3	AH-64 Apache.....	25
2.3.4	Eurocopter EC725 CARACAL.....	27
2.3.5	Mil Mi-17V-5.....	29
2.3.6	Eurocopter Tiger.....	31
2.3.7	Sikorsky MH-60R Seahawk.....	32
3.	METODOLOGIA.....	33
3.1	OBJETO FORMAL DE ESTUDO.....	33
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	34
3.3	AMOSTRA.....	35
3.4	PROCEDIMENTOS PARA A REVISÃO DA LITERATURA.....	36
3.5	INSTRUMENTOS.....	37
3.6	ANÁLISE DOS DADOS.....	38
4.	RESULTADOS.....	39

4.1	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	39
5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	45
6.	CONCLUSÃO.....	48

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de proporções continentais, possuidor de uma extensa faixa de fronteira compartilhada com 9 países da América do sul, além de possuir um rico bioma abundante em recursos minerais. Esses, dentre outros fatores, fazem com que um severo monitoramento das fronteiras seja de extrema importância para a soberania nacional.

Cabe às forças armadas, juntamente com outros setores do Estado, garantir a segurança das fronteiras. Segundo o relatório global sobre cocaína de 2023, publicado pelo Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC, 2022), tem-se observado um aumento significativo do narcotráfico em diversas regiões do mundo, tendo o Brasil como maior exportador de cocaína do mundo, principalmente para a Europa, Ásia e África. Essa tendência é confirmada pelo Relatório Mundial sobre Drogas de 2023 do UNODC, que aponta para um crescimento do mercado de drogas ilícitas, especialmente o tráfico de cocaína.

Além disso, o relatório do Instituto Escolhas destaca a expansão do garimpo ilegal na Amazônia brasileira, representando uma ameaça crescente ao meio ambiente e à segurança. Essa atividade ilegal tem impactos socioambientais significativos, além de estar associada a outras práticas ilícitas, como o tráfico de drogas e armas. (INSTITUTO ESCOLHAS, 2020)

Paralelamente, o crescimento do crime organizado no Brasil também tem sido objeto de preocupação. Estudos indicam que grupos criminosos têm se fortalecido, atuando de forma cada vez mais sofisticada e diversificada (Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2022). A presença dessas organizações nas regiões fronteiriças é um desafio adicional para as forças de segurança, exigindo uma resposta integrada e efetiva.

Diante desse contexto, a intensificação da presença do Estado nas regiões fronteiriças torna-se fundamental para combater de maneira mais expressiva as atividades ilegais, tais como o narcotráfico, garimpos clandestinos e o crime organizado.

A Estratégia Nacional de Defesa (END) regula as Diretrizes Nacional de Defesa dentre outros parâmetros onde delimita as atividades desempenhadas pelas Forças Armadas no que tange à salvaguarda da independência do país.

Buscando acompanhar a evolução da tecnologia e dentro do contexto proposto pela END, as Forças Armadas têm investido cada vez mais em equipamentos modernos, capazes de entregar maior precisão e riqueza de detalhes e proporcionando mais eficiência no controle das fronteiras. (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2016)

A fim de atuar com maior mobilidade e rapidez e aumentar a confiabilidade da informação, o Exército Brasileiro necessita de equipamentos modulares, capazes de desempenhar seu pleno funcionamento, permitindo o emprego flexível de suas funcionalidades.

Assim sendo, o emprego da Guerra Eletrônica ocupa lugar de destaque a fim de alcançar os objetivos expostos anteriormente, visto que sua atividade se baseia no levantamento de informações e utilização destas, tendo como meio o espectro eletromagnético, além das diversas possibilidades de emprego de seus equipamentos, os quais podem ser utilizados nas mais variadas plataformas para potencializar os resultados obtidos.

O trabalho concentrará esforços em propor a utilização de uma plataforma de asas rotativas de guerra eletrônica para obtenção de localização eletrônica.

1.1 PROBLEMA

No contexto do projeto SISFRON, direcionado à vigilância da fronteira oeste do Brasil com a participação do Exército Brasileiro, atualmente são operadas torres fixas equipadas com tecnologia de Guerra Eletrônica, desempenhando a função de identificar a localização eletrônica de emissores por meio da triangulação das emissões detectadas. Além disso, dentro das capacidades de Guerra Eletrônica do Exército Brasileiro, apenas dois dispositivos são habilitados para executar essa tarefa de localização eletrônica.

Nota-se que tanto as torres integrantes do projeto SISFRON quanto os dispositivos móveis voltados para tal finalidade demandam, no mínimo, a aquisição de três pontos distintos para estimar a provável posição do emissor. Essa abordagem, no entanto, levanta questões acerca da eficiência operacional, demandando recursos suplementares, como equipamentos e pessoal no terreno, enquanto também apresenta restrições notáveis em termos de tempo e flexibilidade operacional. Nesse contexto, a exploração de alternativas que possam otimizar a utilização de meios e

peçoal, potencialmente através de uma plataforma de asas rotativas, emerge como uma perspectiva digna de análise.

Dessa forma, surge a seguinte questão-problema: é possível implementar uma plataforma de asas rotativas de Guerra Eletrônica como alternativa viável para a obtenção de localização eletrônica?

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho propõe a utilização de uma plataforma de asas rotativas de Guerra Eletrônica como uma alternativa eficiente e versátil para a obtenção da localização eletrônica de forças adversas, visando aprimorar a eficácia das operações militares.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo central deste estudo é apresentar a perspectiva de que os helicópteros podem ser utilizados como parte do Sistema de Guerra Eletrônica do Exército (SIGLEEx) como uma ferramenta valiosa para monitoramento do espectro eletromagnético e obtenção de localização eletrônica, tendo como escopo aumentar a capacidade de obter informações sobre a localização de emissores de interesse em tempo real e com precisão, com o intuito de elevar significativamente a flexibilidade, celeridade e segurança no uso da guerra eletrônica para obtenção de localização eletrônica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar fundamentos técnico-conceituais sobre o assunto Guerra Eletrônica, percorrendo no campo das comunicações e não-comunicações, desenvolvendo no ramo de Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE);
- Apresentar o conceito de localização eletrônica, abordando como é feito e quais os requisitos necessários para obtenção da maior precisão possível;
- Realizar um estudo sobre plataformas de asa rotativa, abordando suas características, emprego operacional, possibilidades e limitações;

- Apresentar plataformas de asa rotativa com equipamentos de Guerra Eletrônica nativos capazes de realizar localização eletrônica;
- Realizar um estudo comparativo entre aeronaves de asas rotativas com plataformas de GE embarcadas para avaliar tanto seus equipamentos de GE, sua eficiência na obtenção de localização eletrônica e os parâmetros utilizados, quanto sua construção;
- Realizar uma análise detalhada do conteúdo investigado, visando identificar insights e evidências que possam contribuir para o desenvolvimento de proposições ou recomendações relacionadas a uma potencial aeronave projetada para operações de guerra eletrônica, com capacidade de realizar localização eletrônica.

1.3 QUESTÕES DE ESTUDO

Os equipamentos de localização eletrônica de GE presentes no quadro de material do Exército Brasileiro podem ser operados de duas formas: remotamente, como por exemplo através de torres fixas de monitoramento do projeto SISFRON, ou manualmente por militares que se deslocam no terreno para posicionar os equipamentos. Essas formas de operação limitam o uso em termos de quantidade de material empregado, rapidez na obtenção dos resultados e segurança da tropa envolvida, entre outros fatores. Por isso, há a possibilidade de utilizar plataformas de asas rotativas especializadas no emprego da GE como forma de superar essas limitações e obter mais vantagens estratégica operacional.

Tendo em vista esse contexto que envolve a localização eletrônica, pode-se enunciar as seguintes hipóteses:

a) Sim, a proposta de uma aeronave de asas rotativas especializada em GE é uma opção viável para obtenção de localização eletrônica de tropas inimigas, considerando a capacidade da aeronave de realizar o trabalho de vários equipamentos simultaneamente, agilizando a obtenção da informação e proporcionando maior segurança para as tropas envolvidas, fatos estes que justificariam o aporte financeiro para aquisição e desenvolvimento.

b) Não, a proposta de uma aeronave de asas rotativas especializada em GE não é uma opção viável para obtenção de localização eletrônica de tropas inimigas, uma vez que há um risco significativo de detecção e interceptação da aeronave pelo

inimigo, o que poderia colocar em risco a segurança das tropas envolvidas. Além disso, os custos envolvidos na aquisição, desenvolvimento e manutenção de uma aeronave especializada em GE seriam extremamente elevados, tornando essa opção financeiramente inviável.

1.4 JUSTIFICATIVAS

No começo do ano de 2022, ocorreu a invasão da Ucrânia pela Rússia. Durante o conflito, segundo Stashevskiy e Bajak (2022), ambos os países fizeram uso de modernos equipamentos de Guerra Eletrônica para interferir nas comunicações um do outro, bloquear sinais de internet e celular, bloquear o GPS, utilizar interferidores de drones e realizar a localização eletrônica em diversas frequências. Embora a Rússia possua uma vantagem em termos de equipamentos e tecnologia, a Ucrânia também fez uso de rádios definidos por softwares e drones civis para alcançar resultados semelhantes aos da grande potência russa.

A Rússia possui superioridade tecnológica na guerra eletrônica e consegue localizar eletronicamente alvos que utilizam aparelhos rádio e celulares, radares de artilharia e até mesmo controle remoto para veículos aéreos não tripulados e drones. Tal fato criou grande problema para as forças Ucrânicas, pois limitou o uso dos equipamentos que se valem do espectro eletromagnético para coordenação, proteção e ataque.

O atual cenário de conflito destaca a importância da Guerra Eletrônica no teatro de operações e evidencia como capacidades como a localização eletrônica podem diminuir o poder de organização e combate das tropas inimigas, proporcionando uma grande vantagem combativa.

O Exército Brasileiro possui equipamentos de Guerra Eletrônica capazes de realizar localização eletrônica, contudo esses dispositivos têm limitações em sua utilização, como alcance, quantidade de aparelhos necessários para obter resultados, tempo de processamento de dados e segurança dos operadores, entre outras limitações, que podem ser reduzidas ao utilizar uma aeronave equipada com dispositivos de GE para realizar atividades características da Guerra Eletrônica.

Somado a isso, a utilização de aeronaves de asa rotativa como plataforma de GE, em especial para obtenção de localização eletrônica, surge como sugestão ao

Plano Estratégico do Exército 2020 – 2023, em seu Objetivo Estratégico 7, subitem 7.2.3 – Aperfeiçoar o Sistema de Guerra Eletrônica do Exército, onde a Aviação do Exército teria um papel importante dentro do SIGELEx, passando a integrá-lo.

A presente investigação se justifica a partir da análise dos eventos recentes do conflito entre Rússia e Ucrânia, evidenciando a relevância da efetividade na execução da localização eletrônica e na carência do Exército Brasileiro em possuir uma aeronave equipada com equipamentos de guerra eletrônica capaz de realizar tanto sua autoproteção quanto a leitura do espectro eletromagnético para obtenção de localização de eletrônica tratando tanto do campo das comunicações quanto das não comunicações. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é propor a adoção de uma aeronave de guerra eletrônica de asas rotativas como meio de obtenção de informações precisas e em tempo real sobre a localização de tropas inimigas em cenários de conflito.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A GUERRA ELETRÔNICA

Segundo Brasil (2012), a Guerra Eletrônica teve início durante a Batalha Naval de Tsushima (1904-1905), que ocorreu durante a Guerra Russo-Japonesa. Embora as atividades típicas da Guerra Eletrônica tenham sido realizadas inconscientemente e sem o conhecimento dessa denominação, os primeiros movimentos que mais tarde se tornariam conhecidos como Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE) e Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) foram executados durante esse conflito.

Desde a Batalha Naval de Tsushima até os conflitos atuais, a Guerra Eletrônica sempre desempenhou um papel fundamental no planejamento das forças envolvidas nos conflitos. A capacidade de dificultar o planejamento do inimigo, de localizar a fonte de suas emissões e de impedir o funcionamento de seus equipamentos é apenas uma parte do poder que a Guerra Eletrônica pode proporcionar ao influenciar o campo de batalha.

Na América Latina, de acordo com Brasil (2012), o primeiro uso documentado de Guerra Eletrônica ocorreu durante a Guerra das Malvinas (2 de abril de 1982 a 14 de junho de 1982), quando o exército britânico empregou equipamentos de GE em

aeronaves para explorar o espectro eletromagnético, visando dominar a faixa de frequência do infravermelho. Esse emprego conferiu uma grande vantagem às forças britânicas, já que as forças argentinas não tinham tecnologia adequada para neutralizar a exploração do espectro eletromagnético pelos britânicos. Somado a equipamentos e armamentos inferiores, as forças argentinas não puderam resistir aos ataques dos britânicos, resultando em expressivas perdas.

Em 1984, segundo Brasil (2012), foi criado o Centro de instrução de Guerra Eletrônica, pelo Exército Brasileiro, a partir da visão do Coronel Humberto José Corrêa de Oliveira sobre a crescente relevância que a Guerra Eletrônica vinha ganhando no cenário dos conflitos mundiais. Desse momento em diante o crescimento das técnicas, táticas e procedimentos bem como o desenvolvimento exponencial da tecnologia em geral impulsionaram a evolução da GE, fazendo com que a força terrestre priorizasse a atividade.

O manual EB70-MC-10.201 - A Guerra Eletrônica na Força Terrestre, analisa a complexidade dos conflitos contemporâneos em virtude do avanço tecnológico, o que faz com que a tomada de decisões esteja cada vez mais ligada aos sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC) e sensoriamento eletrônico, tornando-os objetivos prioritários para degradar a capacidade de coordenação da força (BRASIL, 2019).

Com esse avanço tecnológico somado à inevitável dependência da tecnologia no teatro de operações a Guerra Eletrônica surge como um catalisador do poder de combate, capaz de multiplicar as capacidades da força ou negar ao inimigo o desdobramento de suas capacidades e sistemas, manipulação do espectro eletromagnético de maneira ativa ou passiva. (BRASIL, 2019).

Portanto, a Guerra Eletrônica possibilita diversas ações ativas e passivas que, quando utilizadas adequadamente, podem criar as condições ideais para a resolução de um conflito, o que a define da seguinte maneira:

Conforme o manual EB70-MC-10.201 - A Guerra Eletrônica na Força Terrestre:

A GE é um conjunto de ações que visam a explorar as emissões do inimigo em toda a faixa do espectro eletromagnético, com a finalidade de conhecer a sua ordem de batalha, suas intenções e capacidades, e, também, utilizar medidas adequadas para negar o uso efetivo dos seus sistemas, enquanto se protege e utiliza, com eficiência, os sistemas próprios. (BRASIL, 2019, p. 2-3).

Para Adamy (2001):

Guerra eletrônica é definida como a arte e ciência de preservar o uso do espectro eletromagnético para o uso amigável negando o seu uso para o inimigo. [...] Assim, guerra eletrônica abrange todo o espectro de frequência de rádio, o espectro de infravermelho, o espectro óptico e o espectro ultravioleta. (ADAMY, 2001, p.3, tradução nossa).

2.1.1 Campos e Ramos da GE

Há diferentes formas de explorar o espectro eletromagnético e as informações obtidas dessa exploração são interpretadas de diferentes maneiras, o que divide a Guerra Eletrônica em duas categorias distintas: Comunicações e Não Comunicações, como pode ser visto na figura 1.

Comunicações (Com): Abrange os sinais eletromagnéticos e equipamentos utilizados para o trânsito de informações, sejam analógicas ou digitais. Incluem-se, nesse campo, os radiotransmissores, multicanais, sistemas troncalizados, sistemas de comunicações baseados em óptica de espaço livre ("*free-space optics*" – FSO) e receptores em geral.

Não-Comunicações (NCom): Encapa os sinais eletromagnéticos e equipamentos utilizados na produção de informações (sensoriamento). São empregados neste campo os radares em geral, sensores optoeletrônicos, intensificadores de imagens e os diversos armamentos que empregam guiamento eletromagnético. (BRASIL, 2019, p. 2-4).

A finalidade da exploração do espectro eletromagnético pertence aos ramos da GE, que são uma subdivisão dos campos da GE. Os ramos da Guerra Eletrônica são divididos em: Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE), Medidas de Ataque de Guerra Eletrônica (MAE) e Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) conforme pode ser observado na figura 2.

De acordo com Brasil (2019), as Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE) têm como objetivo a obtenção e análise de dados relevantes por meio da coleta de emissões eletromagnéticas do oponente, visando à determinação do tipo de ameaça, modo de operação e possível localização. As Medidas de Ataque Eletrônico (MAE), por sua vez, objetivam a neutralização, destruição ou degradação da capacidade de combate do adversário, por meio de alterações intencionais na emissão eletromagnética ou pela destruição física dos sistemas eletrônicos do oponente. Por fim, as Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) são ações defensivas que buscam garantir o uso eficiente do espectro eletromagnético pelas forças amigas, mesmo em

situações em que as MAGE e MAE do oponente ou das próprias forças estejam em ação (BRASIL, 2019).



Fig 1 Campos de Atuação da GE: comunicações (sentido horário, de cima para baixo): terminal transportável de comunicações por satélite (SISCOMIS); antena log-periódica de sistema-rádio em HF; dispositivo de comunicação óptica de espaço livre (FSO); módulo de telemática veicular; equipamento-rádio tático; sistema de comunicações por micro-ondas em visada direta; (centro): receptor de GPS (Global Positioning System); e não Comunicações (sentido horário, de cima para baixo): radar HF OTH (over the horizon); radar de vigilância terrestre (RVT); binóculo termal; monóculo intensificador de imagem residual (OVN); dispositivo explosivo improvisado remotamente controlado (o aparelho telefônico não trafega informações nesse caso, mas serve tão somente como meio de acionamento do detonador do explosivo); telêmetro laser/designador/visualizador de alvos acoplado à metralhadora; (centro): radar de vigilância aérea.

Figura 1 – Campos da Guerra Eletrônica e alguns exemplos ilustrativos

Fonte: Brasil, 2019.



Figura 2 – Organograma simplificado de GE

Fonte: Centro de Instrução de Guerra Eletrônica, 201-b

2.1.2 Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica

As MAGE atuam tanto no campo da Comunicações quanto no campo das Não Comunicações, sendo a diferença o tipo de alvo que os sensores atuam:

As MAGE, no campo de atuação das Comunicações, identificam e localizam os emissores de comunicações do oponente e as forças militares associadas, com a finalidade de: permitir a emissão de alarmes; elaborar a OBE; aumentar a consciência situacional das forças amigas; apoiar a tomada de decisão; e subsidiar o planejamento e a execução das MAE

As MAGE, no campo de atuação de Não Comunicações, identificam e localizam emissores de não comunicações inimigos e os sistemas de armas associados, com a finalidade de permitir a emissão de alarmes e dar suporte ao planejamento e a execução das Medidas de Ataque Eletrônico. (BRASIL, 2019, p. 3-1).

De acordo com o manual EB70-MC-10.201 - A Guerra Eletrônica na Força Terrestre, as MAGE são a base da GE e constituem umas das fontes de informação integrantes do processo decisório em todos os níveis de comando (BRASIL, 2019).

Ainda segundo o manual, as Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE) visam coletar dados relevantes para permitir a determinação do tipo de ameaça, modo de operação e possível localização do oponente. Essas medidas incluem as ações das MAGE, representadas na figura 3, de busca de interceptação, monitoramento, localização eletrônica, registro e análise de GE. Essas atividades requerem equipamentos específicos para serem executadas com eficiência e precisão (BRASIL, 2019).

A busca de interceptação é utilizada para localizar e interceptar as emissões eletromagnéticas do oponente. Já o monitoramento tem como objetivo monitorar e avaliar a atividade do espectro eletromagnético do inimigo. A localização eletrônica tem como objetivo identificar a origem das emissões eletromagnéticas do adversário. O registro e a análise de GE, por sua vez, são realizados para registrar e avaliar as informações coletadas nas ações anteriores. Essas medidas são fundamentais para que se tenha um amplo conhecimento sobre as forças adversárias e, assim, possa-se traçar estratégias de combate mais eficientes.

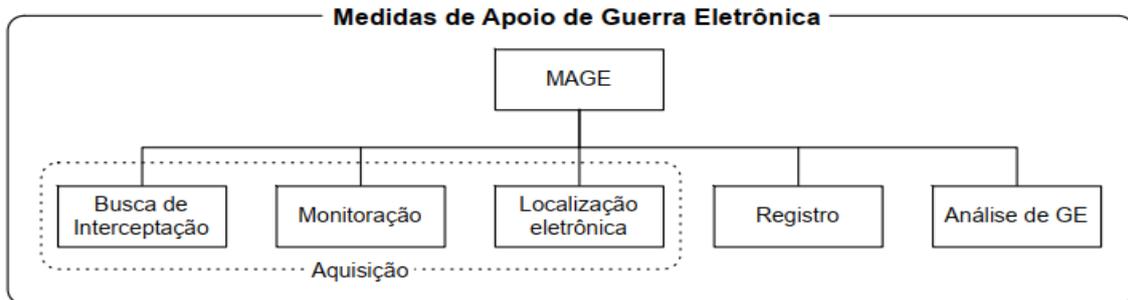


Figura 3 – Ações das MAGE

Fonte: Brasil, 2019

2.1.3 Localização Eletrônica

A localização eletrônica é uma das ações essenciais das Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE) que visa identificar a origem das emissões eletromagnéticas do inimigo. Essa atividade requer equipamentos específicos que utilizam as emissões de interesse no espectro eletromagnético para indicar a provável localização eletrônica do equipamento que está emitindo tal frequência. Por meio dessa técnica, é possível estimar o provável valor da tropa que está operando o equipamento, o que é de extrema importância para o planejamento estratégico e tático das forças militares.

De acordo o manual EB70-MC-10.201- GE na Força Terrestre (2019), a técnica de localização eletrônica é amplamente empregada em diversas operações militares para identificar sistemas de defesa aérea, detectar lançamentos de mísseis, localizar equipamentos de comunicações, entre outras situações. Ademais, ela se mostra de grande importância para a defesa de países contra possíveis ataques de inimigos, uma vez que permite a identificação da origem das emissões eletromagnéticas, viabilizando uma resposta rápida e eficaz das forças de defesa. Por meio da localização eletrônica, é possível obter informações valiosas para a defesa nacional, bem como para a condução de operações ofensivas, o que evidencia a sua relevância estratégica no campo militar (BRASIL, 2019).

Entretanto, é importante destacar que a localização eletrônica não é uma técnica infalível e pode ser afetada por diversos fatores, como interferências no espectro eletromagnético, técnicas de camuflagem utilizadas pelos inimigos, entre outros. Por isso, é fundamental que as forças militares estejam sempre atualizadas em relação às

novas tecnologias e técnicas de guerra eletrônica, a fim de garantir a eficiência das operações de localização eletrônica e demais medidas de apoio de guerra eletrônica.

Os equipamentos utilizados podem ser operados em instalações fixas ou plataformas móveis e até mesmo individualmente pelo militar no terreno sendo sua precisão, segundo o manual EB70-MC-10.201 – GE na Força Terrestre (2019), determinada por:

A precisão da Loc Elt depende: do sistema das MAGE em que é realizada a mensuração; da técnica empregada; da faixa de frequências de operação; da configuração topográfica do terreno; das condições ambientais e climáticas no momento da medição; da posição relativa entre os postos das MAGE e entre estes e o emissor-alvo; do adestramento dos operadores dos postos; entre outros fatores. (BRASIL, 2019, p. 3-4).

A fim de atingir o objetivo do trabalho, busca-se uma plataforma de asas rotativas adequada com equipamentos de GE integrados, capaz de operar de forma eficiente durante o voo, ser empregada tanto em ambiente rural quanto urbano, que possua capacidade de monitoramento do espectro eletromagnético nas faixas de frequência HF, VHF e UHF, possibilitando a localização eletrônica do emissor.

2.2 AERONAVES DE ASA ROTATIVA

As aeronaves de asa rotativa ou helicópteros são definidas por serem aeronaves capazes de voar para cima, para baixo, esquerda, direita, frente e trás e manter-se imóveis no ar. Tais características dão para essa aeronave uma flexibilidade de emprego muito grande, podendo ser utilizada em diversos tipos de operações distintas.

De acordo com Okamura (1997), o Exército Brasileiro começou a buscar a modernização de suas operações de aviação em 1988. Como parte dessa iniciativa, a nova concepção para a Aviação do Exército incluiu a substituição de aeronaves de asa fixa por helicópteros. Essa mudança permitiu que o Exército Brasileiro melhorasse sua capacidade de resposta e mobilidade, permitindo que eles respondessem rapidamente a situações de emergência, transportando tropas e suprimentos para áreas remotas e realizando missões de busca e salvamento em locais de difícil acesso (OKAMURA, 1997).

Os helicópteros passaram a ser amplamente utilizados em conflitos em todo o mundo, sendo considerados aeronaves versáteis e eficientes para operações

militares. Sua capacidade de decolagem e pouso vertical, juntamente com sua mobilidade e rapidez, os tornaram a escolha preferida em muitas missões de combate. Além disso, também se tornaram uma opção popular para operações de busca e salvamento em áreas urbanas e rurais, permitindo que as equipes de resgate cheguem rapidamente a localidades remotas. Estas aeronaves conferem grande mobilidade, rapidez e segurança, tanto no transporte de tropas quanto em combate, sendo utilizado como plataforma para as mais diversas missões. Segundo Silva (2019):

. Enquanto a Guerra da Coreia mostrou que o helicóptero era útil nas missões de evacuação aeromédica, observação e ligação, dentro de um teatro de operações, a Guerra da Argélia possibilitou uma clara demonstração do enorme potencial que o helicóptero possuía, oferecendo à força terrestre uma até então inimaginável mobilidade e poder de fogo. Entretanto, a Guerra do Vietnã eliminou quaisquer dúvidas ainda existentes nos incrédulos. A imagem de vagas de helicópteros transportando tropas até uma zona de desembarque e realizando ataques a alvos terrestres está associada àquele conflito. (SILVA, 2019, p. 132 – 133.)

Segundo Heikell (2005), o aumento da utilização das aeronaves de asas rotativas em combates recentes evidencia a necessidade de desenvolver um sistema de autoproteção de guerra eletrônica integrado. Essas aeronaves estão cada vez mais expostas a ameaças eletrônicas, como radares, mísseis guiados por calor e sistemas de interferência de comunicação. Para garantir a segurança dos helicópteros e de suas tripulações, é essencial implementar medidas efetivas de autoproteção (HEIKELL, 2005).

Ainda de acordo com Heikell (2005) uma das principais abordagens para a autoproteção de helicópteros é a utilização de sistemas de guerra eletrônica (GE) embarcados. Esses sistemas consistem em um conjunto de dispositivos e técnicas que permitem detectar, identificar e neutralizar ameaças eletrônicas. Dentre os principais componentes dos sistemas de GE embarcados, destacam-se os sistemas de alerta de radar (Radar Warning Receivers - RWR), os sistemas de contramedidas eletrônicas (Electronic Countermeasures - ECM) e os sistemas de detecção de mísseis (Missile Approach Warning Systems - MAWS) (HEIKELL, 2005).

Segundo Werneck (2016), os sistemas de alerta de radar são responsáveis por detectar a emissão de radares inimigos e alertar a tripulação sobre a presença de ameaças. Esses sistemas são capazes de identificar diferentes tipos de radares e fornecer informações cruciais para a tomada de decisões em tempo real. Já os

sistemas de contramedidas eletrônicas têm como objetivo enganar ou interferir com os sistemas de detecção e rastreamento inimigos, utilizando técnicas como a emissão de sinais falsos ou a manipulação do ambiente eletromagnético. Por fim, os sistemas de detecção de mísseis são projetados para identificar a aproximação de mísseis inimigos e acionar contramedidas adequadas para evitar o impacto (WERNECK, 2016).

Além dos sistemas de GE embarcados, outras medidas de autoproteção podem incluir a utilização de revestimentos de materiais absorventes de radar (Radar Absorbent Materials - RAM), que reduzem a assinatura radar do helicóptero, dificultando sua detecção por sistemas inimigos. Também podem ser adotadas táticas evasivas, como manobras rápidas e imprevisíveis, para evitar serem alvos de mísseis ou armas de fogo (WERNECK, 2016).

A implementação de sistemas de autoproteção de guerra eletrônica em helicópteros é amplamente reconhecida como uma estratégia essencial para aumentar a sobrevivência e a eficácia operacional dessas aeronaves em ambientes hostis.

Dessa forma, este trabalho se propõe a contribuir com as Ciências Militares em verificar a viabilidade da utilização destas plataformas como meio para operar equipamentos de Guerra Eletrônica para fins de obtenção de localização eletrônica, visto todas as características deste tipo de aeronave e de já existirem aeronaves embarcadas com sistema de GE nativos.

2.2.1 Campos da GE no contexto da aplicação em aeronaves de asa rotativa

As aeronaves de asa rotativa são empregadas nas mais diversas missões tendo em vista sua flexibilidade de manobra e emprego. O manual EB-70-MC-10.247 A Guerra Eletrônica nas Operações (2020), diz que o uso dessas plataformas é recomendado em cenários nos quais a tropa assistida ou os alvos de maior importância estejam envolvidos em operações cinéticas de alta magnitude, bem como quando estiverem posicionados em áreas extensas ou ocupando uma ampla frente de combate.

Somado a isso, ainda temos o emprego destas aeronaves em cenários de busca e salvamento, transporte de tropas, resgate de feridos, dentre outros, o que expõe

estas plataformas a perigos os quais justificam a necessidade do sistema de autoproteção de GE embarcado, conforme visto anteriormente.

As características dos sinais aos quais essas aeronaves são expostas e que as levam para uma situação de perigo encontram-se no campo das não comunicações, o que fica caracterizado no uso do espectro eletromagnético sem tráfego de informação, como uso de frequência para guiamento de mísseis e pulsos de radar para localização.

Por apresentar estas características na sua exposição ao risco, o sistema de autoproteção destas aeronaves é projetado para identificar tais sinais, podendo, alguns, realizar a localização eletrônica destas frequências. Porém, o objetivo deste estudo concentra-se na capacidade destas suítes de GE em localizar frequências do campo das comunicações, ou seja, na capacidade da aeronave detectar o uso de frequências com tráfego de informação, como por exemplo, um posto rádio de uma posição inimiga.

Com esse objetivo em pauta, foi realizado pesquisas em diversas fontes, a fim de coletar referências de aeronaves as quais apresentassem plataformas de GE embarcadas, com capacidade de atuar no campo das comunicações e, especificamente, capaz de realizar a localização eletrônica das emissões, a fim de que possa haver uma comparação entre elas objetivando resultados que embasem a utilização de uma plataforma de asas rotativas de guerra eletrônica para obtenção de localização eletrônica.

2.3 PLATAFORMAS DE ASA ROTATIVA POSSUIDORAS DE SUÍTE DE GE E SUAS CARACTERÍSTICAS.

Os helicópteros militares necessitam de estarem equipados com plataformas de guerra eletrônica para aumentarem sua capacidade de sobrevivência em combate, tendo em vista a maneira como operam e os avanços dos armamentos e seus tipos de guiamentos. Na busca de atingir o objetivo desta pesquisa, foi realizado o estudo nas seguintes plataformas: Sikorsky UH-60 Black Hawk, Bell AH-1Z Viper, AH-64 Apache, Eurocopter EC725 Caracal, Mil Mi-17V-5, Eurocopter Tiger e o Sikorsky MH-60R Seahawk. Esse estudo visa levantar as capacidades de atuação no espectro eletromagnético das plataformas embarcadas com equipamentos de GE, bem como

suas características físicas para acomodar uma suíte de GE, como peso e composição da fuselagem que influenciam diretamente na capacidade de voo, e possibilidades de atuação destas aeronaves no campo das comunicações, mais especificamente com relação à obtenção de alvos através da localização eletrônica.

2.3.1 Sikorsky UH-60 Black Hawk

O helicóptero UH-60 Black Hawk, da empresa Sikorsky, é uma aeronave versátil, utilizada por mais de 25 países, com capacidade para ser empregada em diversas operações como transporte de tropas, resgate e evacuação médica, operações especiais, apoio aéreo aproximado, missões de busca e resgate e operações de combate. Sua fuselagem é composta em sua maioria por materiais compostos e liga de alumínio, que permitem à aeronave ter margem de peso para os equipamentos eletrônicos e armamento, pesa 5.330 kg vazia e permite um peso máximo para decolagem de 10.660 kg. (LOCKHEED MARTIN, 2021).

Essa aeronave conta com sistemas de APGE como o Missile Warning System (MWS), que é um sistema de alerta de mísseis projetado para detectar a presença de mísseis inimigos e alertar a tripulação sobre a ameaça, o Electronic Countermeasures (ECM), sistema de contramedidas eletrônicas utilizado para confundir e neutralizar os sensores de orientação dos mísseis através da emissão de sinais eletrônicos que interferem com os radares e sistemas de guiamento dos mísseis inimigos e disparadores de Chaff e Flare, que causam confusão em mísseis guiados por iluminação infravermelha e fonte termal dos rotores.(MILITARY, 2023).

A aeronave Black Hawk possui diversas variantes que são equipadas com outras suítes de autoproteção, porém todos apresentam como equipamentos mínimos os citados anteriormente. A sua variante UH-60M é a mais recente da família de helicópteros Black Hawk, sendo utilizada como modelo para atualização de mais de 1500 Black Hawk americanos. Essa variante da aeronave é equipada com atualizações de todos os sensores de guerra eletrônica já citados e tem capacidade de realizar reconhecimento eletrônico do espectro eletromagnético, bem como busca por radiofrequências específicas. (ARMY TECHNOLOGY,2020).



Figura 4 – Sikorsky UH-60 Black Hawk

Fonte: Lockheed Martin, 2021.

2.3.2 Bell AH-1Z Viper

A Aeronave Bell AH-1Z Viper foi desenvolvida pela empresa americana Bell Helicopter Textron e é a última evolução do Bell AH-1 cobra, que já havia evoluído para o AH-1G Cobra. Essa aeronave foi projetada para atuar em reconhecimento e ataque e foi adotada para tal pelo Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos (United States Marine Corps – USMC), tendo em vista seu projeto ter se baseado para operações a partir de navios anfíbios. Pelas características de seu projeto esta aeronave é empregada principalmente em missões de escolta, reconhecimento armado e apoio aéreo aproximado. (TECNOMILITAR, 2020).

A aeronave vem equipada com modernos recursos de autoproteção, tendo em vista sua atuação sempre em zonas de risco. De acordo com o site TecnoMilitar (2020), dentre esses recursos, o helicóptero apresenta um pacote de guerra eletrônica integrado (Integrated Electronic Warfare Suite – IEWS) o qual é capaz de fornecer rapidamente informações de alerta multiespectrais, além ser capaz realizar a localização do quadrante da ameaça. O IEWS do Viper é composto por sistema de alerta radar (Radar Warning System – RWS) NA/APR-39B(V)2, sistema de alerta laser/míssil (Missile/Laser Warning System – M/LWS) NA/AAR-47(V)2 e o sistema

dispensador de contramedidas (Countermeasure Dispensing System – CMDS) NA/ALE-47.

Com relação ao sistema de alerta radar NA/APR-39B(V)2, este se apresenta de forma passiva, trazendo para a tripulação um alerta acerca de emissões de radar em volta do helicóptero, além disso também identifica e aponta a direção do emissor. Já o sistema de alerta laser/míssil NA/AAR-47(V)2 tem por finalidade alertar a tripulação se aeronave for iluminada por laser ou quando da aproximação de mísseis. Esses dois sistemas são interligados e interagem em conjunto com o sistema de contramedidas, podendo acionar automaticamente os lançadores de chaff/flare. Além disso, a aeronave é equipada com um sistema supressor de infravermelho HRSS (Hover Infrared Suppression System) e é constituída basicamente de alumínio e material composto, o que ajuda a regular o peso em contraponto à tecnologia embarcada, pesando 5.354 kg vazia e suportando um peso máximo para decolagem de 10.660 kg (TECNOMILITAR, 2020).



Figura 5 – Bell AH-1Z Viper

Fonte: Tecnomilitar, 2020.

2.3.3 AH-64 Apache

O AH-64 Apache, que entrou em serviço nos Estados Unidos em 1984, é outro helicóptero de ataque que já foi testado em conflitos em todo o mundo. Segundo o site Army Technology (2023), países como o Egito, a Grécia, Israel, Holanda, Japão, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Reino Unido, além dos EUA, possuem esta aeronave tamanha a sua eficiência.

A aeronave já recebeu duas atualizações para acompanhar as evoluções dos armamentos, radares e lasers modernos. Além de possuir armas modernas, o Apache também possui vários sensores para ajudar o piloto e aumentar a consciência situacional da tripulação e ajudar a monitorar o campo de batalha. (ARMY TECHNOLOGY, 2023).

O Apache possui um sistema extenso de guerra eletrônica que, juntamente com todos esses equipamentos, desempenha um papel fundamental na alta eficiência desta plataforma. De acordo com o site Army Technology (2023), os sistemas com que a aeronave é equipada são os seguintes:

O Apache é equipado com um pacote de guerra eletrônica que consiste em: Um receptor de aviso de radar AN / APR-39A (V) da Northrop Grumman (antiga Litton) e da Lockheed Martin; Sistema eletrônico de aquisição de alvo e interferidor de rádio frequência da Lockheed Martin AN / APR-48A; Contramedidas infra-vermelhas AN / ALQ-144 estabelecidas pela BAE Systems IEWS (antiga Sanders, uma empresa da Lockheed Martin); Receptor de aviso de laser AN / AVR-2 da Goodrich (anteriormente Hughes Danbury Optical Systems e depois Raytheon); Jammer de radar AN / ALQ-136 (V) desenvolvido pela ITT; e dispensadores de chaff/flare. (ARMY TECHNOLOGY, 2023)

Além disso, o site Army Technology (2023) menciona vários outros sistemas de guerra eletrônica que estão sendo projetados para serem incorporados ao Apache dos EUA e estão aguardando financiamento. Outros países estão adicionando medidas complementares às existentes, como a Holanda, que está equipando seu AH-64 com uma cápsula de contramedida direcional infravermelho (DIRCM).

A fuselagem do AH-64 Apache é composta principalmente por estruturas de metal e materiais compostos. Ligas de alumínio e compósitos avançados, como fibra de carbono e compostos de matriz polimérica, são usados para criar uma estrutura leve e resistente. Tal composição permite à aeronave embarcar mais tecnologia sem renunciar à segurança, gerado por uma construção com materiais altamente resistentes e leves criando um peso de cerca de 5.165 kg para a aeronave, sem tripulação, e permitindo um peso máximo de decolagem de 10.433 kg.



Figura 6 – AH-64 Apache

Fonte: Army Technology, 2023

2.3.4 Eurocopter EC725 CARACAL

No Brasil a aeronave EC725 CARACAL é denominada pelo Exército Brasileiro de HM 4 EC 225 M – JAGUAR. O CARACAL é projetado para atender a uma variedade de missões e possui um sistema de operação de voo moderno, monitoramento do campo de batalha e moderna suíte de autoproteção. Sua construção leva liga de alumínio, metal e materiais compostos gerando um peso vazio de 6.400 kg e suportando um peso máximo de voo de 11.000 kg. A Estratégia Nacional de Defesa permitiu ao Brasil a aquisição dessa aeronave que, além da compra direta, também foi planejado transferir tecnologia para a produção brasileira, o que é feito atualmente pela empresa HELIBRÁS. (DEFESANET, 2015).



Figura 7 – HM 4 EC 225 M – JAGUAR (CARACAL)

FONTE: Defesanet, 2015

Ainda de acordo com o site Defesanet (2015), o CARACAL é aprovado para realizar voos em qualquer parte do mundo tanto no período diurno quanto noturno, em condições de voo visual ou sob condições de voo por instrumentos em condições de baixa ou nula visibilidade. Foi projetado para operações de busca e salvamento, transporte de tropas, transporte de cargas internas ou externas, evacuação aeromédica, voo de traslado e missões com armamento.

Esta aeronave tem modernas tecnologias que a torna capaz de operar em território hostil. Tais tecnologias incluem seu sistema de autoproteção, o Sistema de Guerra Eletrônica (EWS). Este sistema inclui uma variedade de equipamentos os quais permitem que os militares embarcados operem com mais segurança em território do inimigo.

O EWS utiliza vários equipamentos para proteger as aeronaves, incluindo sistema de reconhecimento eletrônico, sensores radar (RWR), laser (LWR), míssil (MAWS), Direction Finder, Forward Looking Infra Red (FLIR) e Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) chaff e flare. Para produzir dados de inteligência de fontes de NCOM, o sistema também pode ser usado como função secundária. O piloto é alertado por esses sensores e equipamentos quando a aeronave estiver sendo iluminada por ameaças de radar, laser e míssil. Eles também permitem uma reação imediata, manual ou automática, para evadir mísseis que disparam contra a plataforma. O sistema também pode localizar armas antiaéreas, torres rádios e antenas inimigas, o que ajuda a localizar pontos sensíveis e alvos relevantes durante um conflito.



Figura 8 – Interface de leitura de ameaças

Fonte: GAV 3º/8º, slide 38 (2017).

De acordo com o 3º/8º GAV (2017), além de interceptar sinais na faixa de frequência de 0,7 a 40 GHz e fornecer alertas ao receber iluminação de rádio frequência, o sistema RWR da aeronave CARACAL está conectado à medida de proteção chaff, que pode ser ativada manualmente ou automaticamente e tem como objetivo confundir o radar do inimigo, o que cria uma janela de tempo para a aeronave escapar da ameaça.

O MAWS da aeronave CARACAL detecta a radiação ultravioleta emitida pelo sistema de propulsão dos mísseis e pode informar ao piloto a velocidade de rolamento, arfagem e guinada de um míssil, bem como sua altura e velocidade em relação ao solo (3º/8º GAV, 2017).

Ainda de acordo com o 3º/8º GAV (2017), os receptores LWS do CARACAL podem detectar ameaças de mísseis guiados a laser, designadores de alvos e rangefinders (FLIR) – sistemas que buscam alvos em potencial, designam alvos através de laser infravermelho e auxiliam as operações de comando e controle com maior consciência situacional (3º/8º GAV, 2017).

2.3.5 Mil Mi-17V-5

O Mi-17 é uma aeronave feita tradicionalmente para transporte de pessoal/carga porém, outras versões foram desenvolvidas para atender a mais diversas finalidades

como busca e salvamento (SAR), transporte VIP, alta altitude, guerra eletrônica e posto de comando aéreo serviço (CP). (MILITARY FACTORY, 2022).

De acordo com o site Military Factory (2022), a aeronave possui uma estrutura feita de materiais compostos e metais, possui um peso de 11.100 kg vazia e um peso máximo de decolagem de 13.000 kg, tendo sua estrutura principal feita de liga de alumínio e aço inoxidável, e em alguns pontos de sua fuselagem leva fibra de carbono, garantindo leveza e resistência em sua construção (MILITARY FACTORY, 2022).

Este helicóptero é utilizado por mais de 70 países, sendo largamente empregado no continente asiático. A Índia, grande utilizadora dessa aeronave, investiu 100 milhões de dólares da Força Aérea Indiana para adquirir 200 suítes de Guerra eletrônica a fim de modernizar seus exemplares. (RAGHUVANSHI, 2017).

Àquela época, o investimento em APGE foi feito para equipar os 150 helicópteros MI-17V-5 que eram componentes da Força Aérea Indiana. Um oficial da Força Aérea Indiana afirmou que as suítes que foram fabricadas incluíam receptores de alerta radar (RWR), sistemas de alerta de aproximação de mísseis (MAWS), sistemas de contramedidas MAE (Chaff e Flare), e algumas suítes também seriam integradas ao sistema receptor de alerta laser (LWR) em conjunto com as contramedidas infravermelhas direcionadas. (RAGHUVANSHI, 2017).



Figura 9 – Mil Mi-17V-5

Fonte: Raghuvanshi (2017).

2.3.6 Eurocopter Tiger

O Eurocopter Tiger, é um helicóptero de ataque utilizado por países como França, Alemanha, Espanha e Austrália. Empregando materiais leves como Kevlar e fibra de carbono em sua construção, proporcionando um peso de 3.100 kg com a aeronave vazia e um peso máximo para a decolagem de 6.000 kg, esta aeronave foi projetada para aumentar o poder de fogo e a sobrevivência em combate. Isso reduziu o peso estrutural para permitir a embarcação de armamentos e sistemas de guerra eletrônica, reduzindo a preocupação com o peso excessivo.

Segundo o site Army Technology (2018), o Tiger está equipado com o pacote de guerra eletrônica EWS, o mesmo presente na aeronave Jaguar. O pacote contém todas as suas funções, incluindo a capacidade de realizar reconhecimento eletrônico, podendo identificar e rastrear emissões rádio, receptores de aviso radar (RWR), FLIR, detector de lançamento de mísseis (MAWS), receptores de aviso laser (LWR) e contramedidas MAE (Chaff e Flare), tudo isso combinado a um sistema de monitoramento do campo de batalha.



Figura 10 – Eurocopter Tiger

Fonte: Army Technology (2018)

2.3.7 Sikorsky MH-60R Seahawk

O helicóptero de última geração da Sikorsky Aircraft Corporation, considerado o helicóptero mais moderno do mundo, o Sikorsky MH-60R Seahawk, é principalmente usado em missões de guerra anti-submarino e antissuperfície, constituído por liga de alumínio e materiais compostos, tem o peso de 6.895 kg e pode decolar com o peso máximo de 10.659 kg. Essa aeronave é conhecida por suas capacidades de guerra eletrônica avançadas, que são essenciais para suas operações. (LOCKHEED MARTIN., 2023).

De acordo com o site Airforce Technology (2020), a aeronave possui um sistema de medidas de suporte eletrônico da empresa Lockheed Martin, o NA/ALQ-210 (ESM). Como suítes de guerra eletrônica o Seahawk possui o sistema de aproximação de míssil (MAWS) ATK NA / AAR-47, sistema de alerta laser (LWS), Jammer infravermelho BAE Systems NA / ALQ-144, sistema de contramedidas eletrônicas (ECM) com dispensadores de chaff/flare e a capacidade de utilizar todas essas ferramentas como um sistema de reconhecimento eletrônico, capaz de identificar e rastrear as emissões rádio inimigas, com capacidade de varredura do espectro eletromagnético a fim de buscar radares, frequências de radiocomunicações e outras fontes de emissão de rádio. Em se tratando de guerra anti-submarina vem equipado com um lançador de sonobuoy e um sonar avançado de baixa frequência no ar NA/AQS-22 avançado (ALFS), utilizados para detectar a presença de submarinos.

Além disso o MH-60R vem equipado com um sistema de detecção/ rastreamento Raytheon NA/AAS-44 que possui sensor infravermelho FLIR e telêmetro a laser. Somado a tudo isso o helicóptero possui um radar multimodo Telephonics NA/APS-147, o qual possui abertura sintética inversa (ISAR) e recursos de detecção de alvo. (AIRFORCE TECHNOLOGY, 2020).



Figura 11 – Sikorsky MH-60R Seahawk

Fonte: Airforce Technology (2020)

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a elaboração deste trabalho foi de natureza exploratória, uma vez que foi necessário realizar um levantamento bibliográfico sobre tópicos relacionados à proposta de solução do problema. O objetivo principal dessa abordagem foi fornecer um contexto claro e facilitar a compreensão do tema abordado neste estudo.

3.1 OBJETO FORMAL DE ESTUDO

O objeto formal de estudo deste trabalho concentra-se na proposição da utilização de uma plataforma de asas rotativas de guerra eletrônica como meio para a obtenção de localização eletrônica de tropas inimigas. Nesse contexto, será realizada uma análise aprofundada das capacidades e características dessa plataforma, levando em consideração aspectos como alcance, precisão, interoperabilidade e viabilidade operacional. Serão explorados estudos de casos, bem como revisões da literatura especializada, a fim de embasar e fundamentar a proposição apresentada. O objetivo

é contribuir para o desenvolvimento de estratégias eficazes de inteligência e apoio tático-militar, promovendo a segurança e o sucesso das operações militares.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa adotou uma metodologia de pesquisa aplicada, com o objetivo de explorar e descrever as capacidades de localização eletrônica de plataformas de asas rotativas de guerra eletrônica. Foi utilizada uma abordagem quantitativa para analisar dados e informações relevantes. A pesquisa foi predominantemente bibliográfica, baseada na revisão sistemática e na análise de estudos de casos, pesquisas científicas e tecnológicas, bem como na revisão da literatura especializada.

Foi realizado um levantamento e análise detalhada das características, capacidades e sistemas de guerra eletrônica de cada plataforma selecionada. Foram explorados estudos de casos, documentação técnica e outras fontes confiáveis para obter informações abrangentes sobre as capacidades de localização eletrônica dessas aeronaves.

Em relação ao método da pesquisa, foram utilizados tanto elementos indutivos quanto dedutivos. A abordagem indutiva permitiu a coleta e análise de dados empíricos e informações existentes sobre as capacidades de guerra eletrônica e localização eletrônica das plataformas de asas rotativas selecionadas. A partir desses dados, foram identificados padrões, tendências e conclusões gerais, contribuindo para o desenvolvimento de conhecimento teórico e aplicado.

Por sua vez, a abordagem dedutiva foi utilizada para estabelecer relações entre teorias e conceitos existentes sobre guerra eletrônica, localização eletrônica e plataformas de asas rotativas. Foram formuladas questões de estudo e proposições a partir das quais foram realizadas análises e inferências específicas sobre as capacidades das plataformas selecionadas.

A natureza aplicada da pesquisa visou fornecer conhecimentos práticos e aplicáveis no contexto militar, no que tange a utilização das plataformas de asas rotativas para obtenção de localização eletrônica. O objetivo exploratório e descritivo foi investigar e descrever as capacidades de GE e localização eletrônica das plataformas de asas rotativas selecionadas, a fim de compreender suas características, alcance, precisão, interoperabilidade e viabilidade operacional.

A abordagem quantitativa das aeronaves permitiu a coleta e análise de dados relevantes, buscando identificar padrões e estabelecer relações entre as variáveis investigadas. A pesquisa bibliográfica desempenhou um papel fundamental na fundamentação teórica, fornecendo informações embasadas e atualizadas sobre as capacidades de localização eletrônica das plataformas de asas rotativas selecionadas.

Assim, o delineamento da pesquisa combinou elementos da pesquisa aplicada, exploratória e descritiva, utilizando uma abordagem quantitativa e fazendo uso de uma pesquisa bibliográfica extensiva. Tanto o método indutivo quanto o dedutivo foram empregados para obter uma compreensão abrangente das capacidades de guerra eletrônica das plataformas de asas rotativas estudadas.

3.3 AMOSTRA

A amostra selecionada para este trabalho consistiu em um conjunto de plataformas de asas rotativas possuidoras de suíte de guerra eletrônica que estavam em uso atualmente pelas forças militares. A escolha foi baseada em critérios como disponibilidade de informações e relevância para o estudo proposto. A amostra pôde incluir 2 helicópteros de ataque, 2 helicópteros de reconhecimento e 3 helicópteros de busca e salvamento/transporte de pessoal, entre outros. A escolha dessa amostra foi motivada pela necessidade de examinar as diferentes capacidades e características dessas plataformas, a fim de fornecer dados sobre sua viabilidade e eficácia na obtenção de localização eletrônica. Essa análise comparativa permitiu identificar as melhores opções disponíveis e auxiliar no desenvolvimento de estratégias mais eficazes de inteligência e apoio tático-militar.

É importante ressaltar que, devido à natureza sensível e restrita das informações relacionadas à guerra eletrônica, algumas informações específicas podem não ter estado disponíveis publicamente. No entanto, foram utilizados todos os recursos possíveis para obter uma amostra representativa e relevante que contribuísse para o aprofundamento do assunto em questão e chegasse a uma conclusão pertinente sobre a utilização de plataformas de asas rotativas de guerra eletrônica para obtenção de localização eletrônica.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA A REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura foi conduzida em etapas bem definidas. Primeiramente, foram definidos os termos de busca relevantes para o objeto de estudo, como "plataformas de asas rotativas", "guerra eletrônica" e "localização eletrônica". Esses termos foram utilizados para realizar buscas em diversas fontes de dados, como bases de dados acadêmicas, periódicos científicos, conferências especializadas, relatórios técnicos e documentos governamentais. Além disso, foram consideradas fontes adicionais, como livros, teses, dissertações e artigos de revisão.

A busca nas bases de dados foi realizada com base nos termos de busca definidos anteriormente. Foram empregadas estratégias de pesquisa, como palavras-chave, combinações de termos ou operadores booleanos, dependendo das características de cada base de dados. Foram levados em consideração critérios de idioma, ano de publicação e relevância para a pesquisa.

Após a busca inicial, os resultados foram triados com base em critérios de inclusão e exclusão pré-definidos. Os títulos, resumos e, quando necessário, o conteúdo completo dos artigos foram avaliados para determinar sua relevância para o estudo. Os critérios de inclusão envolveram a adequação do conteúdo ao objeto de estudo, a atualidade das informações e a confiabilidade da fonte.

Os artigos selecionados foram obtidos na íntegra e submetidos a uma análise crítica. Foram considerados aspectos como a metodologia empregada, a validade e confiabilidade dos resultados apresentados, a consistência dos argumentos e a contribuição para o tema proposto. Essa análise permitiu identificar lacunas, divergências e consensos na literatura, fundamentando a discussão no trabalho.

Os dados relevantes obtidos foram organizados e sintetizados de forma coerente, facilitando a compreensão e análise comparativa. Foram criadas categorias ou temas para agrupar os achados da revisão da literatura, destacando as principais descobertas e conclusões dos estudos revisados.

Dessa forma, os procedimentos descritos garantiram uma revisão abrangente e crítica da literatura, fornecendo uma base sólida de conhecimento para embasar a pesquisa e desenvolver argumentos consistentes.

3.5 INSTRUMENTOS

Para resolver o problema identificado neste trabalho de conclusão de curso, foram empregados os seguintes instrumentos de pesquisa, considerando os procedimentos metodológicos estabelecidos anteriormente. Inicialmente, foi realizado um estudo nos manuais do Exército Brasileiro, como o EB70-MC-10.247 "Guerra Eletrônica nas Operações", literatura nacional e estrangeira, artigos e revistas reconhecidas sobre aeronaves de asa rotativa. Essa abordagem teve como objetivo compreender os conceitos da Guerra Eletrônica, o emprego de aeronaves de asa rotativa e suas capacidades e limitações no contexto operacional. Por meio dessa pesquisa, foi possível embasar teoricamente o trabalho e adquirir o conhecimento necessário para a proposição de uma aeronave de guerra eletrônica de asas rotativas com capacidade de realizar localização eletrônica.

Adicionalmente, foi realizada uma pesquisa na internet, para conhecer aeronaves que já possuam sistemas de Guerra Eletrônica nativos, capazes de realizar localização eletrônica. Essa pesquisa teve o objetivo de identificar a eficácia do emprego dessas aeronaves e subsidiar comparações entre elas. Através dessa pesquisa online, foram obtidas informações atualizadas e diversas perspectivas sobre o tema.

Esses instrumentos de pesquisa foram selecionados com o intuito de aprofundar o conhecimento sobre a Guerra Eletrônica, as capacidades das aeronaves de asa rotativa e as possibilidades de obtenção de localização eletrônica. Por meio desses estudos e pesquisas, o objetivo deste trabalho foi propor uma aeronave de guerra eletrônica de asas rotativas com capacidade de realizar localização eletrônica. A proposta visou contribuir para o desenvolvimento de estratégias eficazes de inteligência e apoio tático-militar, promovendo a segurança e o sucesso das operações militares.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi conduzida por meio de procedimentos rigorosos que visaram comparar as plataformas de asas rotativas estudadas e avaliar suas

características em relação ao objetivo deste trabalho. Para isso, foram considerados os dados obtidos durante o levantamento e análise das capacidades de localização eletrônica, bem como informações relevantes sobre os sistemas de guerra eletrônica de cada plataforma.

Primeiramente, foi realizada uma comparação das capacidades de localização eletrônica de cada plataforma, levando em consideração seus alcances, precisão, interoperabilidade e viabilidade operacional. Foram identificadas as principais diferenças e semelhanças entre as plataformas, destacando os pontos fortes e as limitações de cada uma.

Além disso, foram considerados outros aspectos relevantes, como a integração dos sistemas de guerra eletrônica às aeronaves, a capacidade de adaptação e atualização desses sistemas, bem como a eficácia na realização das operações de localização eletrônica. Essa análise permitiu identificar quais plataformas possuem um desempenho mais adequado em relação ao objetivo proposto.

Os resultados foram apresentados com base nas comparações realizadas entre as plataformas estudadas. Foram elaborados quadros comparativos e gráficos que destacaram as características relevantes de cada plataforma, permitindo uma visualização clara das diferenças e semelhanças entre elas.

Além disso, os resultados foram discutidos em relação ao objetivo deste trabalho, enfatizando as implicações e possíveis aplicações práticas das conclusões alcançadas. Foram fornecidas recomendações e insights para o desenvolvimento de estratégias de inteligência e apoio tático-militar, levando em consideração as capacidades de localização eletrônica das plataformas de asas rotativas estudadas.

Dessa forma, a análise dos dados permitiu uma avaliação abrangente das plataformas estudadas, fornecendo informações valiosas para a proposição de uma aeronave de guerra eletrônica de asas rotativas com capacidade de realizar localização eletrônica. Os resultados foram apresentados de maneira clara e embasada, contribuindo para o avanço do conhecimento nessa área e para o aprimoramento das estratégias militares.

4. RESULTADOS

A fim de responder à questão problema, atingir o objetivo geral e ter uma linha de ação para a hipótese levantada, os objetivos específicos foram seguidos durante a revisão da literatura, buscando uma aeronave que apresentasse uma suíte de GE que, além de todas as capacidades de autoproteção tivesse também a possibilidade de realizar a localização eletrônica dos alvos de interesse.

Para este fim, foram estudadas aeronaves que tinham plataformas de APGE nativas em sua construção, sendo feitos levantamentos de suas capacidades e características que pudessem justificar a instalação dessas suítes. Como forma de aprofundamento do estudo, cada aeronave foi estudada separadamente, procurando entender os sistemas de GE um a um, dentro de seus respectivos alcances e limitações.

Durante a pesquisa, observou-se os diferentes níveis de proteção eletrônica que cada suíte pode oferecer, sendo a capacidade de localização eletrônica inexistente no universo estudado, porém foi observado que as plataformas mais completas conseguem realizar o Direction Finder de emissões de interesse, reconhecimento de espectro eletromagnético e busca de frequências específicas através da varredura do espectro.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Terminada a revisão da literatura, as características mais relevantes das aeronaves estudadas, as quais influenciam diretamente nos objetivos deste trabalho, puderam ser representadas no Quadro 1 como forma de facilitar o entendimento das conclusões geradas com a pesquisa.

Aeronave	Reconhecimento Eletrônico	Autoproteção/GE	Material de Construção	Finalidade	Peso (kg) Min/max
Sikorsky UH-60 Black Hawk	Sim	MWS, ECM, LWS e Reconhecimento eletrônico.	Liga de Alumínio e materiais compostos	Transporte de pessoal/carga	5.330 /10.660
Bell AH-1Z Viper	Não	IEWS, RWS, MWS, LWS, ECM	Liga de Alumínio e materiais compostos	Reconhecimento/Ataque	5.354 /8.391
AH-64 Apache	Sim	RWR, POD interferidor JAMMER, IEWS, LWR, ECM, MWS, Reconhecimento eletrônico.	Liga de alumínio, fibra de carbono, metal e matriz polimérica	Ataque	5.165 /10.433
Eurocopter EC725 Caracal	Sim	EWS, RWR, LWR, MAWS, Direction Finder, FLIR, ECM, Reconhecimento Eletrônico.	Liga de Alumínio, metal e materiais compostos	Transporte/pessoal/carga	6.400 /11.000
Mil Mi-17V-5	Não	MAWS, RWR, LWR, ECM	Liga de alumínio, aço inoxidável e fibra de carbono	Transporte/pessoal/carga	11.100 /13.000
Eurocopter Tiger	Sim	EWS, RWR, LWR, MAWS, Direction Finder, FLIR, ECM, Reconhecimento Eletrônico	Kevlar e fibra de carbono	Ataque	3.100 /6.000
Sikorsky MH-60R Seahawk	Sim	MAWS, ECM, RWR, LWS, Jammer Infravermelho, Direction Finder, Reconhecimento	Liga de Alumínio e materiais compostos	Anti-submarino/Reconhecimento/Ataque	6.895 /10.659

Aeronave	Reconhecimento Eletrônico	Autoproteção/GE	Material de Construção	Finalidade	Peso (kg) Min/max
		Eletrônico, FLIR, Sonar ALFS			

Quadro 1 – Características das aeronaves

Fonte: O autor

Devido a sensibilidade do assunto, a literatura disponível acaba por ser escassa para vários modelos de aeronave, porém, no universo das sete plataformas aéreas abordadas nesse trabalho as informações disponíveis através das diversas fontes de pesquisa foram suficientes para mapear os dados relevantes para a pesquisa. O gráfico 1 representa o universo das aeronaves estudadas. Essa informação é importante para relacionar o modelo que melhor se encaixa como proposição de plataforma de GE.



Gráfico 1 - Finalidade das aeronaves

Fonte: O autor

No universo de pesquisa realizado neste trabalho verificou-se que nenhum dos helicópteros pesquisados possui capacidade de

Loc Elt, porém, o que foi observado foi que em algumas dessas plataformas aéreas, as quais possuem um sistema mais robusto de GE, a capacidade de realizar reconhecimento eletrônico do espectro eletromagnético, juntamente com o Direction Finder, possibilita a identificação da direção de emissões de interesse, inclusive no campo das comunicações. Esse recurso permite fixar uma frequência específica e fazer a varredura do espectro eletromagnético em sua busca. Tal capacidade, aliada a um banco de dados atualizado e funcionando integrada com os outros sistemas de GE da aeronave, possibilita o levantamento de informações cruciais acerca do inimigo.

É importante ressaltar que a capacidade de reconhecimento eletrônico é voltada para a detecção, identificação e rastreamento de emissões rádio, não sendo voltada especificamente para estimar a posição do alvo emissor. Porém, com as informações coletadas pelas antenas e sensores do helicóptero, torna-se possível obter dados como a frequência utilizada pela tropa inimiga, a intensidade do sinal e sua direção e com isso, identificar o tipo de equipamento utilizado além de poder estimar a localização do emissor cruzando as informações de intensidade do sinal com o equipamento utilizado. O Gráfico 2 mostra a porcentagem das aeronaves abordadas nesta pesquisa que são capazes de realizar o reconhecimento eletrônico.

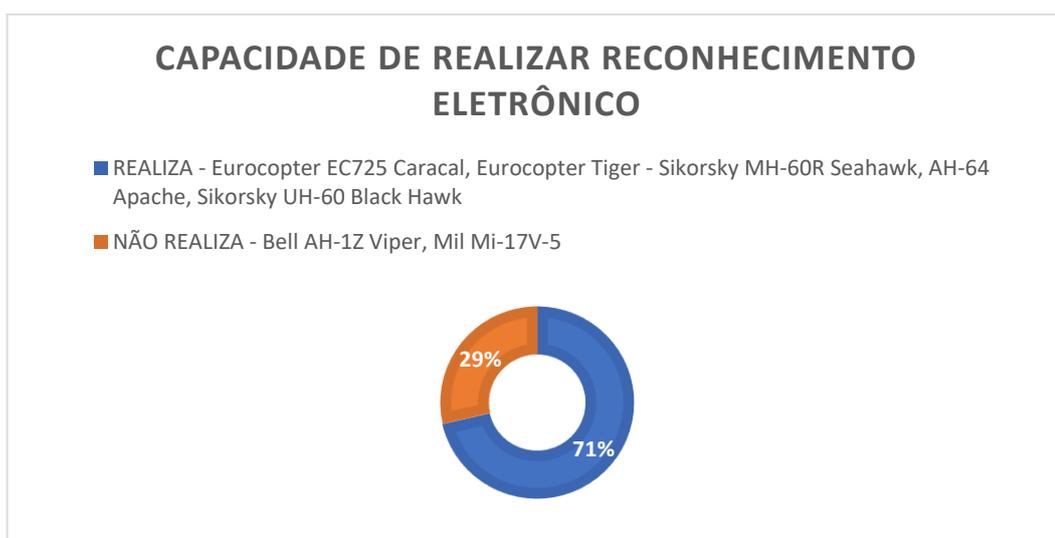


Gráfico 2 – Capacidade de realizar reconhecimento eletrônico

Fonte: O autor

O Gráfico 3 apresenta a divisão das aeronaves por finalidades ao mesmo tempo em que mostra quantas podem fazer reconhecimento eletrônico dentro da sua

finalidade de emprego. Com essa informação podemos inferir qual tipo de helicóptero seria o mais adequado para atender a uma proposição de aeronave como plataforma de GE capaz de realizar Loc Elt, ao analisarmos isoladamente cada finalidade das aeronaves podemos visualizar melhor seu emprego para tal.

Com o gráfico e as informações das aeronaves coletadas durante a revisão da literatura, podemos perceber que algumas plataformas já são concebidas com a ideia de atuarem como plataformas voltadas à GE, no caso específico o Sikorsky MH-60R Seahawk e a variação do Black Hawk o Sikorsky UH-60M, porém carecem de um sistema voltado especificamente para a realização de localização eletrônica, possuindo a capacidade isolada de realizar o reconhecimento do espectro eletromagnético.

Ao analisar as finalidades das aeronaves neste estudo, uma consideração importante a ser feita é a relação entre a capacidade de sobrevivência de uma plataforma e os equipamentos de GE embarcados, visto que, quanto mais exposta a aeronave está dos fogos inimigos mais completos são seus sistemas de APGE, podendo ocasionar um favorecimento errado de uma plataforma com determinada finalidade como proposição para o tema deste trabalho.

Apesar de 100% das aeronaves exclusivas para ataque apresentarem capacidade de reconhecimento eletrônico, em um cenário onde a proposta de plataforma será para atuação como plataforma de GE com capacidade de Loc Elt, tais modelos teriam sua finalidade de emprego desviada ao serem empregados como aeronave de GE.

Já as aeronaves de reconhecimento e ataque poderiam facilmente transitar entre o reconhecimento de espectro e o embate eventual com o inimigo, não desviando de suas características fim, que de acordo com Silva (2019), são usadas em apoio às tropas de solo e, quando operadas em conjunto com veículos blindados, têm grande poder de fogo e mobilidade, o que lhes permite entrar, perseguir e desbordar formações blindadas inimigas. Em operações em áreas urbanas, as características da plataforma se sobressaem, permitindo maior acessibilidade a áreas inacessíveis pelos veículos blindados e dando maior segurança à tropa a pé ao realizar reconhecimentos aéreos de áreas de interesse.

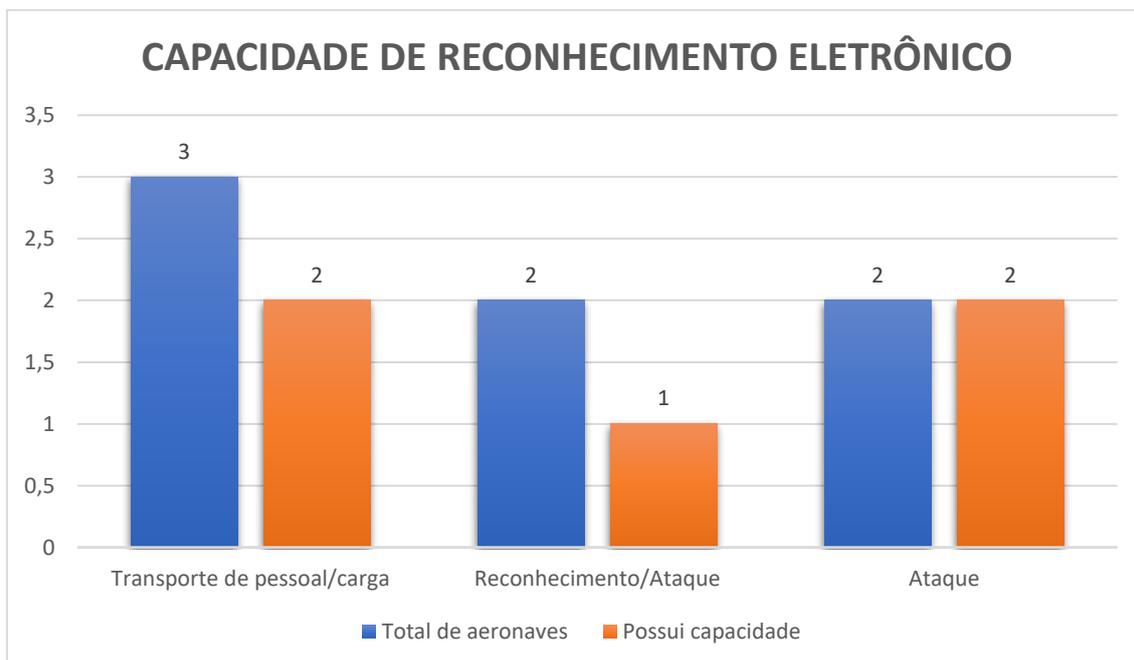


Gráfico 3 – Capacidade de reconhecimento eletrônico

Fonte: O autor

A pesquisa apontou que existe uma relação entre o peso das aeronaves, no que diz respeito aos materiais utilizados na construção de sua fuselagem, e a quantidade de sistemas de GE embarcados na plataforma.

Essa informação condiz com o que foi proposto para ser atingido no quinto objetivo específico desta pesquisa, no que se refere aos parâmetros utilizados para a construção da aeronave. A relevância desta informação se dá no fato de que ao propor uma aeronave como plataforma de GE capaz de realizar Loc Elt, há de ser levado em consideração a complexidade dos equipamentos que serão embarcados na aeronave, gerando peso adicional.

Por esse motivo, o material utilizado na construção da aeronave deve obedecer a parâmetros que proporcionem leveza e ao mesmo tempo garantam segurança contra fogos cinéticos, respeitando uma margem onde dê para trabalhar também a parte ofensiva da aeronave, com seus armamentos e mísseis.

O Gráfico 4 expõe a proporção de peso da aeronave vazia com o peso máximo para decolagem. O que se observa na figura é que as aeronaves aptas a realizarem reconhecimento eletrônico, o Sikorsky UH-60 Black Hawk, o AH-64 Apache, o Eurocopter EC725 Caracal, o Eurocopter Tiger e o Sikorsky MH-60R Seahawk, sendo

que este último detêm uma suíte de GE mais complexa, apresentam uma maior diferença de peso entre a aeronave vazia e o peso máximo para decolagem, fruto de sua construção com maior atenção para os materiais utilizados em suas fuselagens. Logo, quem tem maior diferença entre as duas medidas comportaria maior número de componentes eletrônicos instalados, o que diminuiria essa relação, num primeiro momento, mas agregaria mais funcionalidades à aeronave, inclusive instalação de eqp de GE. Nesta análise, as aeronaves de ataque se destacam (AH-64 Apache e Eurocopter Tiger).

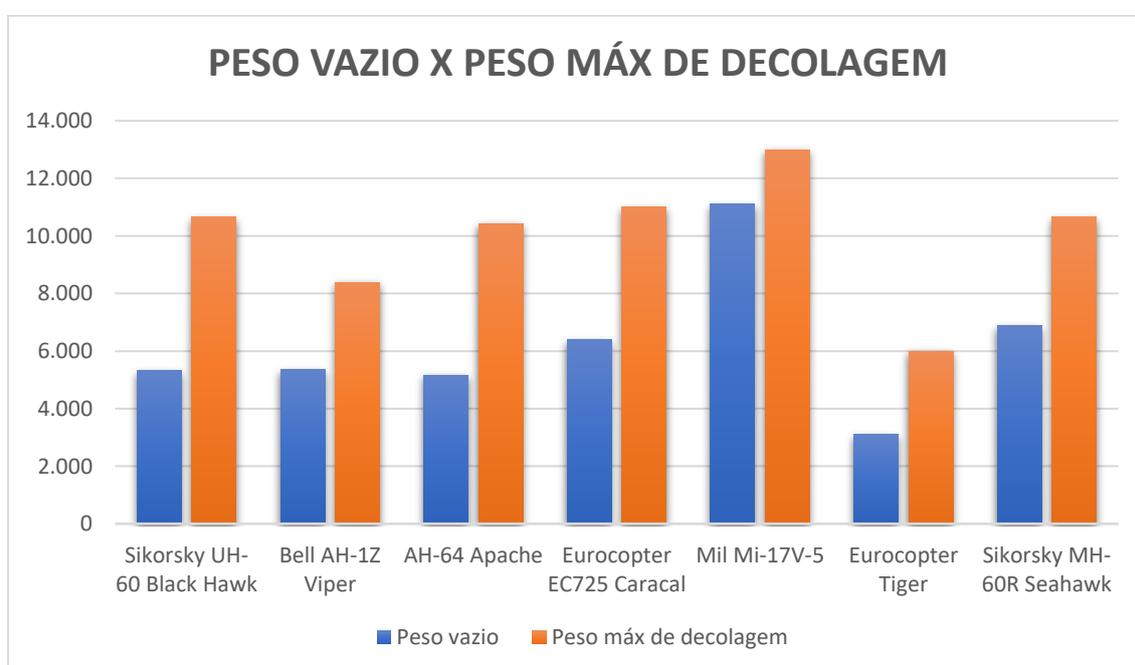


Gráfico 4 – Peso vazio X Peso máximo de decolagem

Fonte: O autor

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A pesquisa realizada com as aeronaves analisadas neste estudo revelou diversas características essenciais para uma aeronave de guerra eletrônica que seja capaz de realizar a localização eletrônica. Além disso, constatou-se que essa capacidade ainda é pouco explorada no contexto das aeronaves de asas rotativas, considerando a disponibilidade de sistemas específicos para obtenção de localização eletrônica.

A partir dos dados coletados, foi possível observar a relação entre as finalidades das aeronaves e os sistemas de Guerra Eletrônica (GE) embarcados nelas. Verificou-se que uma aeronave de transporte de carga/pessoal pode apresentar um sistema de GE tão complexo quanto o de uma aeronave de ataque, uma vez que, para essas aeronaves, os sistemas de GE estão diretamente relacionados à sua capacidade de sobrevivência.

As aeronaves que estão mais diretamente envolvidas em combate tendem a possuir sistemas de Autoproteção/Guerra Eletrônica (APGE) mais complexos, que fornecem uma gama mais ampla de ferramentas para a tripulação, a fim de aumentar suas chances de sobrevivência

Neste estudo, as aeronaves de reconhecimento e ataque cumprem as características necessárias para serem empregadas como plataformas de GE que realizam a localização eletrônica, apesar de usarem o recurso do Direction Finding para tal.

O sistema de GE EWS (Electronic Warfare Systems) é o mais completo em termos das capacidades de guerra eletrônica nas aeronaves analisadas. As aeronaves que possuem esse sistema são capazes de realizar o reconhecimento eletrônico no espectro eletromagnético, fixar frequências de interesse para varredura e determinar a direção da emissão utilizando o recurso do Direction Finding. Essa capacidade fornece informações cruciais que, se utilizadas de maneira eficiente, podem resultar na localização de um alvo de interesse.

Ainda em observância aos resultados colhidos durante a pesquisa, os sistemas de Guerra Eletrônica (GE) são componentes intrinsecamente relacionados com o peso da aeronave. A incorporação de sistemas complexos e uma variedade de ferramentas de GE resulta em um aumento significativo da carga sobre a estrutura da aeronave. Portanto, para que uma aeronave seja designada para operar como plataforma de GE, é necessário considerar a utilização de materiais leves e ao mesmo tempo robustos na construção da sua fuselagem. Essa abordagem visa garantir a segurança da tripulação e a integridade estrutural da aeronave durante as missões de GE.

6. CONCLUSÃO

A pesquisa teve como tema central propor a utilização de uma plataforma de asas rotativas de guerra eletrônica para obtenção de localização eletrônica. Seguindo esse Norte, os resultados obtidos através da pesquisa e a comparação entre as 7 aeronaves apresentadas foram essenciais para o entendimento das necessidades, dificuldades e aplicações que uma aeronave com capacidade de localização eletrônica pode vir a apresentar. Além disso, possibilitou a compreensão de que a localização eletrônica feita por aeronaves de asas rotativas ainda é pouco explorada no cenário.

Em decorrência do estudo comparativo entre as aeronaves, ficou evidenciado que independentemente da finalidade de emprego a preocupação em implementar e modernizar as suítes de guerra eletrônica é uma crescente quando se trata de asas rotativas, tendo em vista a vulnerabilidade destas aeronaves frente ao avanço da tecnologia dos armamentos e seus tipos guiamentos.

Com base nos resultados apresentados ao analisar as sete aeronaves, destacam-se as aeronaves de reconhecimento e ataque, como o Sikorsky MH-60R Seahawk, que apresentou o sistema EWS como plataforma de Guerra Eletrônica (GE) de destaque. O Sikorsky MH-60R Seahawk possui um sistema avançado de Guerra Eletrônica. Esse sistema é composto por uma série de recursos que permitem o reconhecimento eletrônico no espectro eletromagnético, a fixação de frequências de interesse para varredura e a identificação da direção das emissões por meio do recurso de Direction Finding.

Outra aeronave que merece destaque é o Eurocopter EC725 Caracal, que está equipado com o sistema de Guerra Eletrônica EWS. Esse sistema é crucial para a autoproteção da aeronave e também pode ser explorado como plataforma de GE e realizar operações de MAGE, possibilitando o reconhecimento do espectro eletromagnético, fixação e direção de radiofrequências através do Direction Finding.

A análise das aeronaves abordadas nesta pesquisa mostrou que as suítes de autoproteção embarcadas nestas plataformas cumprem com êxito a função a que foram destinadas, porém, em se tratando de operações de GE voltadas ao campo das comunicações, em específico à ação de localização eletrônica, esses sistemas

embarcados não têm capacidade para entregar os resultados desejados que são o cerne desta pesquisa.

Em resposta à questão de estudo levantada foi possível chegar à conclusão de que a proposta de uma aeronave de asas rotativas especializada em GE é uma opção viável para obtenção de localização eletrônica, tendo em vista que, apesar de não encontrarmos uma aeronave voltada exclusivamente para este fim, com o sistema EWS podemos “emular” um resultado que se aproxima da loc elt, através da leitura do espectro, fixação de frequência e uso do recurso Direction Finding. Com esse resultado em mente, podemos dizer que uma aeronave projetada com equipamentos de GE capazes de atuar no campo das comunicações cumpriria de maneira eficaz o objetivo proposto para realização de localização eletrônica.

Uma aeronave voltada diretamente para a GE no campo das comunicações necessita de equipamentos embarcados especificamente para este fim. Desenvolver um projeto para atender a esta demanda necessita de estudos relacionados à capacidade da aeronave em receber uma suíte completa, com baterias, antenas, sensores e tecnologias capazes de atender às necessidades tecnológicas para operar como plataforma voltada à GE. Nesse sentido, o trabalho também mostrou a relação de peso da aeronave com sua capacidade de voo, o que implica em estudos para construção de uma fuselagem mais leve, porém robusta, capaz abrir margem para receber os equipamentos de guerra eletrônica dedicados, sem perder capacidade de voo ou poder de fogo.

Considerando os resultados obtidos e a necessidade de avançar nas capacidades de localização eletrônica, propõe-se o desenvolvimento de uma aeronave de reconhecimento e ataque especializada, equipada com um sistema EWS aprimorado. Essa aeronave poderia não apenas detectar e identificar ameaças eletrônicas, mas também localizar tropas inimigas com precisão usando recursos sofisticados de guerra eletrônica, economizando pessoal e aumentando a eficiência dos meios, mobilidade e qualidade dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

ADAMY, David L. **EW 101: a first course in electronic warfare**. London: Artech House, 2001.

_____. **EW 102: a second course in electronic warfare**. London: Artech House, 2004.

Airforce Technology. 03 de abril de 2020). **MH-60R Seahawk Multi-Mission Naval Helicopter**. Disponível em: <https://www.airforce-technology.com/projects/mh60r-seahawk/#catfish>. Acesso em: 09 jun 2023 às 18:47

ARMY TECHNOLOGY (United States Of America). **Tiger Multi-Role Combat Helicopter**: Tiger helicopter development. 2018. Army technology. Disponível em: <<https://www.army-technology.com/projects/tiger/>>. Acesso em: 12 jun. 2023 às 14:35h

ARMY TECHNOLOGY (United States Of America). **Apache Attack Helicopter (AH-64A/D)**. 2023. Army technology. Disponível em: <<https://www.army-technology.com/projects/apache/>>. Acesso em: 11 jul. 2023 às 23:30.

ARMY TECHNOLOGY (United States Of America). **UH-60M Black Hawk Multi-Mission Helicopter**. 2020. Army technology. Disponível em: < <https://www.army-technology.com/projects/uh-60m-black-hawk-multi-mission-helicopter/>>. Acesso em: 12 jul. 2023 às 23:30.

BRASIL. **Plano Estratégico do Exército 2020-2023**. 2019. Disponível em: <http://www.eb.mil.br/o-exercito>
p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_truts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=12613928&_101_type=document&inheritRedirect=false. Acesso em: 16 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa: Política de Estado**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2008. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/ptbr/arquivos/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 09 mar. 2023, às 14:17.

BRASIL. Comando de Operações Terrestres. Ministério da Defesa (Org.). **Manual de Campanha EB70-MC-10.247 A Guerra Eletrônica nas operações**. Brasília: Egccf, 20120a. 85 p

BRASIL. Comando de Operações Terrestres. Ministério da Defesa (Org.). **Manual de Campanha EB70-MC-10.201 A Guerra Eletrônica na Força Terrestre**. Brasília: Egccf, 2019a. 98 p.

BRASIL, EXÉRCITO BRASILEIRO, Centro de Instrução de Guerra Eletrônica. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Conceitos Básicos de Guerra Eletrônica**. Brasília: Egccf, 201-b. 19 p.

BRASIL, FORÇA AÉREA BRASILEIRA, GAV, 3º/8º. **ELETRONIC WARFARE SYSTEM - EWS**. Rio de Janeiro: Ala 12, 2017. 56 slides, color. Apresentação de slide.

DEFESANET. **As novas aeronaves CARACAL HM-4 (EC-725) no EB**. 2015. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/ec725/noticia/17857/As-novasaeronaves-CARACAL-HM-4-%28EC-725%29-no-EB/>>. Acesso em: 12 jul. 2023.

Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC). **Relatório Mundial sobre Drogas 2022**. Disponível em: https://www.unodc.org/res/wdr2022/MS/WDR22_Booklet_2.pdf. Acesso em: 16 mar. 2023, às 08:15.

Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime (UNODC). **Relatório Global sobre Cocaína 2023**. Disponível em: https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/cocaine/Global_cocaine_report_2023.pdf. Acesso em: 09 mar. 2023, às 13:15.

Fórum Brasileiro de Segurança Pública. (2022). **Anuário Brasileiro de Segurança Pública 2022**. Disponível em: <https://forumseguranca.org.br/wp-content/uploads/2022/06/anuario-2022.pdf?v=15> Acesso em: 10 mar. 2023, às 14:19.

HEIKELL, Johnny. **ELECTRONIC WARFARE SEL-PROTECTION OF BATTLEFIELD HELICOPTERS: A HOLISTIC VIEW**. 2005. 217 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Comunicações, Elétrica, Universidade de Tecnologia de Helsinki, Espoo, 2005.

Instituto Escolhas. **Garimpo: A Nova Corrida do Ouro na Amazônia**. Disponível em: https://escolhas.org/wp-content/uploads/2020/05/TD_04_GARIMPO_A-NOVA-CORRIDA-DO-OURO-NA-AMAZONIA_maio_2020.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023, às 10:23.

LOCKHEED MARTIN. (2021). **Sikorsky UH-60 Black Hawk Helicopter**. Disponível em: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/sikorsky-black-hawk-helicopter.html>>. Acesso em :11 jul 2023 às 18:35.

LOCKHEED MARTIN. (2023.). **Sikorsky MH-60 Seahawk Helicopters**. Disponível em: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/sikorsky-mh-60-seahawk-helicopters.html>. Acesso em: 12 jul 2023 às 13:15h

Military.com. (s.d.). **UH-60A/L Black Hawk**. Disponível em: <https://www.military.com/equipment/uh-60a-l-black-hawk>>. Acesso em: 11 jul às 2023 19:04.

Military Factory. **Mil Mi 17 (Hip-H) Medium-Lift Transport Helicopter Gunship [1981]**. (28 fevereiro, 2022) Military Factory. Disponível em: https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=1335. Acesso em: 12 Jul 2023

OKAMURA, Angelo Kawakami. **O EMPREGO DA GUERRA ELETRÔNICA EM PLATAFORMAS AÉREAS**. 1997. 39 f. Monografia (Especialização) - Curso de Altos Estudos Militares, Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 1997.

RAGHUVANSHI, Vivek. **India seeks homemade electronic warfare suites for Russian helos: Electronic Warfare Self Protection**. 2017. Defense news. Disponível em: <https://www.defensenews.com/air/2017/02/27/india-seeks-homemadeselectronic-warfare-suites-for-russian-helos/>>. Acesso em: 12 jul. 2023 às 19:03h.

SILVA, Capitão Marcos Antônio Vilela Ferrão da. **Helicóptero de Ataque: Um Novo Vetor de Combate Para a Força Terrestre**. 2019. Disponível em: <http://tecnodefesa.com.br/helicoptero-de-ataque-um-novo-vetor-de-combate-para-a-forca-terrestre/>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

STASHEVSKYI, Oleksandr; BAJAK, Frank. **Como a guerra eletrônica molda o conflito Rússia-Ucrânia**. Associated Press, via military.com - Portal Forças Terrestres. Disponível em: <https://portalbids.com.br/2022/06/07/como-a-guerra-eletronica-molda-o-conflito-russia-ucrania/>. Acesso em: 11 mar. 2023, às 23:15.

Tecnologia Militar. (2020, 26 de junho). **AH-1Z**. Disponível em: <https://tecnomilitar.com/2020/06/26/ah-1z/>, Acesso em: 11 jul 2023 20:14

VALDUGA, Fernando. **Gazelle do Exército Francês atingido em combate no Mali**: -. 2019. Disponível em: < <https://www.cavok.com.br/gazelle-do-exercito-frances-atingido-em-combate-no-mali>>. Acesso em: 14 jul. 2023

WERNECK, Anderson Gomes Rosário. **Análise da capacidade de sobrevivência em combate de aeronaves sob ameaça de mísseis ar-ar infravermelho**. 2016. 141f. Dissertação de mestrado em Sensores e Atuadores Especiais – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos

VALDUGA, Fernando. **Gazelle do Exército Francês atingido em combate no Mali**: -. 2019. Disponível em: < <https://www.cavok.com.br/gazelle-do-exercito-frances-atingido-em-combate-no-mali>>. Acesso em: 14 jul. 2023.