

ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS
ACADEMIA REAL MILITAR (1811)
CURSO DE CIÊNCIAS MILITARES

Hugo Machado Pinto

**O EMPREGO DE PLATAFORMAS AÉREAS EM AÇÕES DE MEDIDAS DE APOIO
DE GUERRA ELETRÔNICA EM OPERAÇÕES DE GARANTIA DA LEI E DA
ORDEM**

Resende, RJ

2022

	APÊNDICE II AO ANEXO B (NITCC) ÀS DIRETRIZES PARA A GOVERNANÇA DA PESQUISA ACADÊMICA NA AMAN TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE NATUREZA PROFISSIONAL	AMAN 2022
---	---	----------------------

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DIREITOS AUTORAIS DE NATUREZA PROFISSIONAL

TÍTULO DO TRABALHO: O EMPREGO DE PLATAFORMAS AÉREAS EM AÇÕES DE MEDIDAS DE APOIO DE GUERRA ELETRÔNICA EM OPERAÇÕES DE GARANTIA DA LEI E DA ORDEM
AUTOR: HUGO MACHADO PINTO

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

Autorizo a utilizar meu trabalho para uso específico no aperfeiçoamento e evolução da Força Terrestre, bem como a divulgá-lo por publicação em revista técnica da Escola ou outro veículo de comunicação do Exército.

A AMAN poderá fornecer cópia do trabalho mediante ressarcimento das despesas de postagem e reprodução. Caso seja de natureza sigilosa, a cópia somente será fornecida se o pedido for encaminhado por meio de uma organização militar, fazendo-se a necessária anotação do destino no Livro de Registro existente na Biblioteca.

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

A divulgação do trabalho, em outros meios não pertencentes ao Exército, somente pode ser feita com a autorização do autor ou da Direção de Ensino da Academia Militar das Agulhas Negras.

Resende, 22 de Agosto de 2022



Cad Hugo Machado Pinto

Dados internacionais de catalo

P659e PINTO, Hugo Machado

O emprego de plataformas aéreas em ações de medidas de apoio de guerra eletrônica em operações de garantia da lei e da ordem. / Hugo Machado Pinto – Resende; 2022. 37 p. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Leonam Vinícius de Fragoso
arinho

TCC (Graduação em Ciências Militares) - Academia Militar das Agulhas Negras, Resende, 2022.

1.Operações GLO 2.Plataformas Aéreas 3.Medidas de Apoio
4.Guerra Eletrônica I. Título.

CDD: 355

Hugo Machado Pinto

O EMPREGO DE PLATAFORMAS AÉREAS EM AÇÕES DE MEDIDAS DE APOIO DE GUERRA ELETRÔNICA EM OPERAÇÕES DE GARANTIA DA LEI E DA ORDEM

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Orientador: Cap Com Leonam Vinicius de Fragoso Marinho.

Resende, RJ

2022

Hugo Machado Pinto

**O EMPREGO DE PLATAFORMAS AÉREAS EM AÇÕES DE MEDIDAS DE APOIO
DE GUERRA ELETRÔNICA EM OPERAÇÕES DE GARANTIA DA LEI E DA
ORDEM**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Aprovado em 01 de Junho de 2022.

Banca examinadora:


LEONAM VINICIUS DE FRAGOSO MARINHO - Cap
(Presidente/Orientador)


FELIPE BARCELLOS BRASIL - Cap


RENAN VIANA ROCHA - 1º Ten

Resende, RJ
2022

Dedico este trabalho a todos que confiaram em mim e me ajudaram a perseverar no sonho de me formar oficial combatente de carreira do Exército Brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sr. Robson Bastos Pinto e Sra. Margaret Regina Lima Machado Pinto, que foram e sempre serão meus melhores amigos, me acompanhando e torcendo por mim em todos os momentos difíceis e felizes da minha vida. Se tenho hoje tudo o que conquistei, devo a eles, que sempre me guiaram com lições de amor, carinho, respeito e humildade

À toda minha família, que sempre demonstrou orgulho e alegria com minhas conquistas, da mesma forma que foi compreensível e prestativa com meus erros e falhas, ajudando a traçar meu caminho até aqui.

Aos meus irmãos de profissão que ganhei ao longo desses cinco anos, em especial aqueles que escolheram a Arma do Comando junto comigo, por compartilharmos momentos inesquecíveis da formação, sejam eles de felicidade ou de dificuldade. Todos contribuíram para que eu pudesse superar as adversidades e ultrapassar meus limites, seguindo focado no sonho de concluir o curso.

Aos instrutores e monitores, que através do exemplo e dos seus ensinamentos permitiram que eu me tornasse um militar e uma pessoa melhor, além de possibilitarem que hoje eu pudesse estar concluindo esse trabalho.

Ao Capitão Fragoso, em especial, por ser meu orientador desse TCC e sempre contribuir pontualmente com o auxílio necessário para a realização desse trabalho, com paciência e conhecimento.

RESUMO

O EMPREGO DE PLATAFORMAS AÉREAS EM AÇÕES DE MEDIDAS DE APOIO DE GUERRA ELETRÔNICA EM OPERAÇÕES DE GARANTIA DA LEI E DA ORDEM

AUTOR: Hugo Machado Pinto

ORIENTADOR: Cap Com Leonam Vinicius de Fragoso Marinho

Estudo de natureza bibliográfica do tipo qualitativa que tem como objetivo avaliar o emprego de plataformas aéreas como apoio aos sistemas de MAGE em Op GLO. Neste trabalho deu-se ênfase à utilização do drone Phantom 4 Advanced DJI, o qual foi empregado nas Operações Furacão, realizadas de julho a agosto de 2018 no Rio de Janeiro, pela 9ª Brigada de Infantaria Motorizada e pela Brigada de Infantaria Paraquedista. O objetivo de sua utilização era transmitir imagens em tempo real para o Centro de Coordenação de Operações – C COp, levando desta forma, as informações necessárias à segurança da tropa. Na parte do referencial teórico foi conceituada Guerra Eletrônica, bem como o espectro eletromagnético, ambiente eletromagnético e operações eletromagnéticas. Da mesma forma, foi caracterizada as Operações de Garantia da Lei e da Ordem – GLO, bem como suas demandas quanto ao emprego de GE. Ao final conclui-se que a utilização do Phantom 4 Advanced DJI comprovou que a utilização de plataformas aéreas na GE das Op GLO apresenta vantagens em relação a outras plataformas empregadas no mesmo contexto, demonstrando a eficiência da utilização de plataformas aéreas em Op GLO.

Palavras-chave: Operações GLO. Plataformas aéreas. Medidas de apoio. Guerra Eletrônica

ABSTRACT

THE USE OF AERIALS VEHICLES IN ELECTRONIC WARFARE SUPPORT MEASURES IN LAW AND ORDER OPERATIONS

AUTHOR: Hugo Machado Pinto

SUPERVISOR: Cap Com Leonam Vinicius de Fragoso Marinho

A qualitative bibliographic study that aims to evaluate the use of aerial platforms as support for Electronic Warfare Support Measures systems in Law and Order Operations. Emphasis was placed on the use of the Phantom 4 Advanced DJI drone, which was used in Hurricane Operations, occurred from July to August 2018 in Rio de Janeiro, by the 9th Motorized Infantry Brigade and the Airborne Infantry Brigade. The purpose of its use was to transmit images in real time to the Operations Coordination Center - C COp, thus taking the necessary information for troop safety. In the theoretical reference part was conceptualized Electronic Warfare, as well as electromagnetic spectrum, electromagnetic environment and electromagnetic operations. Similarly, the Law and Order Operations (GLO) were characterized, as well as their demands regarding Electronic Warfare (GE) employment. Finally, it is concluded that the use of the Phantom 4 Advanced DJI proved that the use of aerial platforms in the GE of Law and Order Operations presents advantages in rationing to other platforms employed in the same context, demonstrating the efficiency of the use of aerial platforms in Law and Order Operations.

Keywords: Law and Order Operations. Aerial vehicles. Electronic warfare support measures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Guerra Eletrônica	11
Figura 2 – Espectro eletrônico.....	13
Figura 3 – Ambiente urbano onde ocorrem as Operações GLO.	15
Figura 4 – Operação de GLO em meio à população civil: ambiente urbano	16
Figura 5 – Drone Marvic Mini Combo Fly utilizado pelo Exército Brasileiro.	19
Figura 6 – Emprego do SARP Phantom 4 Advanced DJI.....	23
Figura 7 – Áreas de vôo do Phantom 4 Advanced DJI nas Operações Furacão.	24
Figura 8 - Áreas de vôo do Phantom 4 Advanced DJI nas Operações Furacão.	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo geral.....	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 GUERRA ELETRÔNICA.....	14
2.1.1 O espectro eletromagnético, ambiente eletromagnético e operações eletromagnéticas	15
2.2 OPERAÇÕES DE GARANTIA DA LEI E DA ORDEM – GLO	17
2.3 GUERRA ELETRÔNICA EM OP GLO	19
2.3.1 Rádios definidos por software (SDR) nas ações de MAGE em Op GLO.....	21
2.4 VETORES AÉREOS.....	22
3 REFERENCIAL METODOLÓGICO	26
3.1 TIPOS DE PESQUISA.....	26
3.2 MÉTODOS.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS	33
ANEXO.....	36
ANEXO 1 – Datasheet do Drone Phantom 4 Advanced DJI	36

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos e com a frequente evolução das tecnologias, a exploração do espectro eletromagnético se torna cada vez mais inteligente. Dessa forma, no contexto das comunicações em conflitos, cresce em importância a efetividade na utilização do ambiente eletromagnético, ao mesmo tempo em que são tomadas medidas para prejudicar essa exploração por parte do inimigo.

Atualmente, cresce o número de atuações do Exército Brasileiro em Operações de Coordenação e Cooperação com Agências (OCCA), em especial as Operações de Garantia da Lei e da Ordem (Op GLO), que frequentemente ocorrem em ambiente urbano. Nesse contexto, o emprego da Guerra Eletrônica (GE) é de grande valor nesses conflitos, sendo capaz de diminuir o uso de armas letais por parte da tropa e ter papel significativo no auxílio à tomada de decisões do Comandante.

Com isso, a doutrina e o emprego dos meios de GE têm como característica a rápida evolução, sempre buscando a maior otimização da exploração do espectro eletromagnético, como ampliar o alcance operativo de seus equipamentos, alternativas para as carências que os meios atualmente empregados apresentam no contexto de combate.

Assim, é oportuno problematizar a seguinte questão: como aprimorar o emprego de GE no contexto das Op GLO? As plataformas aéreas são uma boa opção para superar as limitações que as atuais plataformas terrestres utilizadas pela GE possuem?

Nessa vertente, esse trabalho visa analisar as características de vetores aéreos já utilizados pelo Exército Brasileiro e observar se eles podem ser empregados em proveito das ações de MAGE, no contexto de Op GLO. Para isso, busca-se estudar estes vetores como importante ferramenta de obtenção de dados sobre o inimigo, provendo grande auxílio para as funções de Comando e Controle exercidas pelo Comandante.

Esta pesquisa justifica-se para a maior efetividade do emprego dos sistemas de MAGE em Op GLO, utilizando os vetores aéreos como amplificadores da capacidade dos meios de GE, visto as limitações que as plataformas terrestres apresentam quando empregadas em um ambiente hostil e urbano densamente povoado. Portanto, o estudo dessas alternativas poderão auxiliar no planejamento de operações, contribuindo para a efetividade da utilização dos meios e, conseqüentemente, o bom cumprimento da missão.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o emprego de plataformas aéreas como apoio aos sistemas de MAGE em Op GLO.

1.1.2 Objetivos específicos

Identificar as necessidades especiais das Op GLO, principalmente quanto ao emprego de GE;

Identificar as principais características dos centros urbanos como ambiente operacional e suas implicações para o apoio de GE;

Apresentar o sistema SDR como ferramenta para ações de MAGE;

Apresentar o emprego da plataforma Phantom 4 Advanced DJI em Op GLO e seus benefícios para a GE nesse contexto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GUERRA ELETRÔNICA

A Guerra Eletrônica (GE) em Brasil (2020) é definida como o conjunto de ações que visam explorar as emissões do inimigo em toda a faixa do Espectro Eletromagnético, tendo o objetivo de obter 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 eficácia, os sistemas próprios.

A GE atua em dois grandes campos: o das Comunicações (Com) e o das Não Comunicações (N Com). O primeiro abrange os sistemas de trânsito de informações, sejam analógicas ou digitais. O segundo refere-se ao sensoriamento, ou seja, na produção de informações do combate. Além disso, dentro de cada campo, as atividades desenvolvidas pela GE também se dividem em três ramos: Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE), Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) e Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) (BRASIL, 2020).

Figura 1 – Guerra Eletrônica



Fonte: REVISTA PEGASUS (2012)

Com isso, a principal forma de obter as informações sobre o inimigo é através das MAGE, ramo da GE que tem como objetivo a obtenção e a análise de dados, a partir de emissões eletromagnéticas que o oponente venha a realizar. Esse ramo possui uma natureza passiva, ou seja, não há emissão por parte da tropa aliada (BRASIL, 2020).

Segundo Mahabob (2021), desde a introdução dos rádios bidirecionais, os militares tornaram-se dependentes do espectro. Esta dependência tem expandido ao longo do século passado para incluir quase todos os sistemas de armas. Os aplicativos incluem: frequências de rádio para comunicação com forças amigas; microondas para links de dados táticos, radares e satélite de comunicações; infravermelho para inteligência e para visar os inimigos; e lasers em todo o espectro para se comunicar, transmitir dados e potencialmente destruir um alvo.

As Forças Armadas modernas dependem de equipamentos de comunicação que usam amplas porções do espectro para conduzir operações militares. Isso permite que as forças falem, transmitam dados, forneçam informações de navegação e tempo e comandem e controlem forças em todo o mundo. Eles também contam com isso para saber onde estão os inimigos, o que eles estão fazendo, onde estão as forças amigas e quais os efeitos que as armas alcançam. Como resultado, os militares modernos tentam dominar o espectro por meio da guerra eletrônica (MAHABOB, 2021).

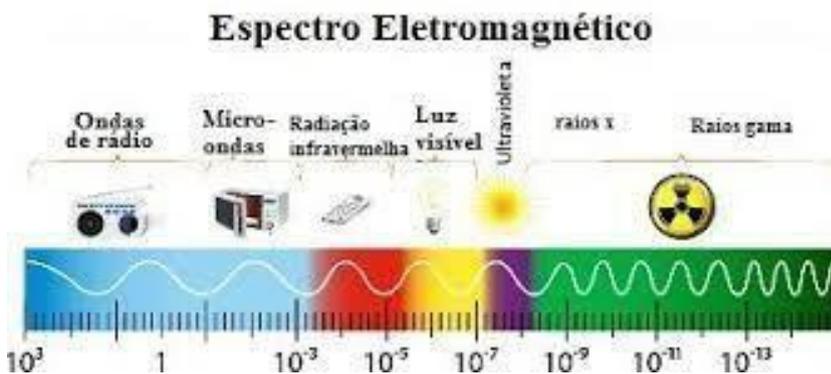
De acordo com Brasil (2019), na Força Terrestre, existem três ramos de atuação da Guerra Eletrônica: as Medidas de Proteção Eletrônica (MPE), que envolvem ações para proteger o acesso ao espectro de meios militares aliados; as Medidas de Ataque Eletrônico (MAE), que usam energia eletromagnética para degradar ou negar o uso do espectro por um inimigo; as Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE), que identificam e catalogam as emissões de forças amigas ou inimigas para proteger as forças ou desenvolver um plano para negar o acesso de um inimigo ao espectro, conceito semelhante também pode ser observado em Mahabob (2021)

2.1.1 O espectro eletromagnético, ambiente eletromagnético e operações eletromagnéticas

Segundo o Joint Publication 3-85 (2020), devido à evolução da forma como a OTAN conduz as operações e as tecnologias emergentes, o enfoque da GE mudou de operações isoladas no Espectro Eletromagnético para Operações Eletromagnéticas conjuntas no Ambiente Eletromagnético. O ambiente eletromagnético é definido como toda a distribuição da radiação eletromagnética de acordo com a frequência ou comprimento de onda.

Ramos (2020) afirma que, embora todas as ondas eletromagnéticas viajem à velocidade da luz (no vácuo), elas o fazem em uma ampla faixa de comprimentos de onda e frequências correspondentes. Portanto, o Espectro Eletromagnético compreende a amplitude de toda a radiação eletromagnética e consiste em muitos subintervalos, que as pessoas comumente chamam de bandas espectrais, como luz visível ou radiação ultravioleta. O Espectro Eletromagnético é o ambiente geofísico, influenciado por fatores como terreno, clima e condições atmosféricas, que suporta a radiação, propagação e recepção de energia eletromagnética em todo o espectro.

Figura 2 – Espectro Eletromagnético



Fonte: MUNDOEDUCAÇÃO.COM (2021)

Dentro da OTAN, as Operações Eletromagnéticas envolvem a transmissão e recepção deliberada de Energia Eletromagnética no Ambiente Eletromagnético para operações militares, nas áreas de Comunicações, Navegação, Ataque, Consciência Situacional do espaço de batalha e Seleção de Alvos. As Operações Eletromagnéticas não apenas permitem operações em cada domínio, mas também fornecem o segmento que conecta e integra as forças militares com ciberespaço e ambientes de informação (JOINT PUBLICATION 3-85, 2020).

De acordo com Ramos (2020), dentro do Ambiente Eletromagnético, a Operação Eletromagnética é conduzida por forças amigas e adversárias. Essas Operações Eletromagnéticas geralmente levam a um Ambiente Eletromagnético contestado. Além disso, essas operações muitas vezes se sobrepõem às atividades de Espectro Eletromagnético executadas por atores neutros, levando ainda a um Ambiente Eletromagnético congestionado.

Hoje, a dependência das operações militares da utilização do Espectro Eletromagnético é agora uma faceta central de quase todas as atividades militares, já que as

forças militares em todo o mundo integraram suas capacidades em uma vasta maioria de plataformas, sistemas e unidades. Sem a liberdade de conduzir a Operações Eletromagnéticas e de manobrar no Ambiente Eletromagnético, a capacidade dos militares de alcançar a superioridade aérea, terrestre, marítima, espacial e cibernética estará em risco. O aumento global da acessibilidade e portabilidade de equipamentos eletromagnéticos altamente sofisticados garante que o Ambiente Eletromagnético continuará a criar desafios ainda mais diversos e os militares modernos podem tentar negar o uso do Espectro Magnético por seu adversário (RAMOS, 2020).

2.2 OPERAÇÕES DE GARANTIA DA LEI E DA ORDEM – GLO

No cenário atual, dentre os três tipos de Operações Básicas previstas na doutrina do Exército Brasileiro, destaca-se as Operações de Cooperação e Coordenação com Agências, que em Brasil (2020) tem a seguinte definição:

São operações executadas por elementos do EB em apoio aos órgãos ou instituições (governamentais ou não, militares ou civis, públicos ou privados, nacionais ou internacionais), definidos genericamente como agências. Destinam-se a conciliar interesses e coordenar esforços para a consecução de objetivos ou propósitos convergentes que atendam ao bem comum. Buscam evitar a duplicidade de ações, a dispersão de recursos e a divergência de soluções, levando os envolvidos a atuarem com eficiência, eficácia, efetividade e menores custos.

Dentre essas operações, destacam-se as Operações de Garantia de Lei e da Ordem (GLO), que são operações militares conduzidas pelas Forças Armadas, de forma episódica, em área previamente estabelecida e por tempo limitado, com o objetivo de preservar a ordem pública e a incolumidade das pessoas e do patrimônio, quando assim estabelecido em decreto presidencial (BRASIL, 2020, p. 3-1).

Os parâmetros considerados para a atuação da tropa em Op GLO são diferentes daqueles levantados em operações convencionais: máximo emprego da inteligência, limitação do uso da força e das restrições à população, além do máximo emprego da dissuasão e da comunicação social, são fatores de grande relevância no planejamento e nas atividades das Op GLO (ÁLVARES e GRAÇA, 2010).

As missões em que as Forças Armadas vêm sendo empregadas na Garantia da lei e da Ordem têm ocorrido na maioria das vezes em área urbana. Esse ambiente operacional possui diversas peculiaridades que caso não seja compreendida pelos agentes públicos, poderão comprometer o sucesso das operações.

Figura 3 – Ambiente urbano onde ocorrem as Op GLO



Fonte: DEFESA AÉREA E NAVAL (2017)

Nascimento (2013) aborda algumas particularidades que são características do ambiente urbano, elas devem ser destacadas pois exercem grandes influências sobre as operações, principalmente no planejamento e na adoção de regras de engajamento. No ambiente operacional urbano, principalmente em comunidades carentes, a força oponente se abriga dentro de construções para aproveitar suas proteções físicas e conseguir ver a tropa sem ser vista.

Um outro aspecto é a limitação do uso de armamentos letais para que inocentes não sejam afetados. O autor também menciona a presença da mídia e sua facilidade de mostrar os acontecimentos e o seu poder de impacto na opinião pública, de caráter positivo ou negativo quanto à aceitação da tropa na continuidade da operação o que é muito importante, tendo em vista que o apoio da população é essencial para o cumprimento da missão (NASCIMENTO, 2013).

O ambiente urbano é difícil de conquistar, manter e controlar. Ele confina o combate, forçando o Exército a operar de forma diferente da manobra em campo aberto. É o local onde o oponente, utilizando o combate assimétrico, espera derrotar ou resistir a um exército moderno. (NASCIMENTO, 2013)

Figura 4 – Operação de GLO em meio à população civil: ambiente urbano



Fonte: CONJUR (2018)

Diante das características apresentadas, pode-se observar a necessidade de se evitar atitudes impensadas e equivocadas, pois o disparo de um fuzil em um momento ou local inoportuno poderá servir como pretexto para futuros questionamentos e manifestações contra a operação. Paralelamente a isto, verifica-se a importância do uso de vetores aéreos associados à GE, o que será visto no tópico de resultados e discussão.

2.3 GUERRA ELETRÔNICA EM OPERAÇÕES DE GARANTIA DA LEI E DA ORDEM

O apoio de GE nessas operações pode ser realizado por meios de destacamentos, cujo pessoal e equipamento serão determinados pelos condicionantes da missão. Dessa forma, devido a possibilidade de emprego em qualquer parte do território nacional, o material empregado deve ser compatível com as instalações disponibilizadas para o destacamento de GE, sempre considerando os diversos ambientes operacionais existentes. (BRASIL, 2020)

Segundo Brasil (2020), quando se trata de Op GLO, o oponente pode empregar tecnologias sofisticadas de comunicação e informação, disponíveis para o público civil, como por exemplo, redes de computadores, wi-fi, sistemas civis de comunicação e navegação

satelital. Dessa forma, o emprego da GE pode ser feito sobre meios civis, considerando sempre os aspectos de legitimidade e legalidade para essas ações.

Nas Op GLO realizadas em ambiente urbano, quando a força oponente está desdobrada em área, atuando de forma descentralizada e ocupando diversos núcleos, o uso de meios operáveis remotamente se torna muito útil, permitindo o máximo de apoio a GE em diversas frentes. A prioridade dos esforços de GE nesse contexto deve ser nas ações de MAGE, apoiando no levantamento de aspectos relevantes e prioritários que ajudam a direcionar esforços sobre locais e sistemas das forças oponentes. (BRASIL,2020)

Ainda considerando os diversos ambientes operacionais, podem ser empregados dispositivos e sistemas descartáveis, que possibilitam maior rapidez de instalação, discrição na operação e agilidade na desmobilização dos postos. Mesmo que não possuam a mesma eficiência que os meios móveis e transportáveis, os materiais descartáveis se adequam melhor às operações em ambiente urbano. (BRASIL, 2020)

Em Brasil (1997), são apresentados os principais fenômenos de propagação de ondas de rádio em ambiente natural, sendo eles: reflexão, refração, difração, espalhamento e absorção. Além disso o manual também explora as comunicações em áreas urbanas, que além dos fenômenos já mencionados, também apresenta outras limitações pelos seguintes fatores: edificações, que provocam obstruções; congestionamento do espectro eletromagnético, devido a grande quantidade de emissões, e Tráfego de veículos.

Nos centros urbanos, a utilização do espectro eletromagnético caracteriza-se pela ilegalidade e pela informalidade, seja através de estações de rádio clandestinas, muito comum no interior das comunidades, seja pelo vasto uso de equipamentos rádio civis pelas Organizações Criminosas (Or Crim).

A “Operação Frequência Livre”, ação de rastreio e desmonte de transmissões não licenciadas comandada pela Polícia Federal no início de 2009, identificou cerca de 200 estações clandestinas operando na cidade do Rio de Janeiro. A Agência Nacional de Telecomunicação calcula que esse número pode chegar a mais de 1.000 unidades de radiodifusão ilegais na capital carioca, grande parte delas distribuídas dentro de favelas como Cidade de Deus, uma região de cerca de 38 mil habitantes na qual 5 rádios clandestinas foram identificadas somente no primeiro dia de operação. (TAVARES, 2010)

Dessa forma, o apoio de GE a operações em ambiente urbano cresce de importância e deve levar em consideração as características dos sistemas de comunicação da força oponente, que não segue as normas utilizadas pelo EB, tendo suas próprias regras, mesmo sendo informal, além de ser amplamente difundida por todas as estruturas do oponente. De acordo

com Brasil (2018), devido às limitações na propagação das ondas eletromagnéticas em áreas edificadas, deve-se considerar que as comunicações rádio precisam de equipamentos com maior potência de transmissão e de recepção instaladas, exigindo que os equipamentos de GE sejam capazes de atuar nesse ambiente operacional, superando essas características que dificultam o apoio de GE.

O manual também aborda ser “necessário o emprego de sistemas capazes de gerenciar oportunamente as informações, tendo em vista o elevado número de fontes que atuam nas áreas edificadas.” (BRASIL, 2018). Logo, as ações de MAGE e um sistema de Comando e Controle eficiente são de vital importância para esse contexto operacional, tanto pela grande quantidade de dados e informações que circulam na rede de comunicações do oponente, quanto pela característica do combate descentralizado, em que grande parcela das decisões, no combate em área edificada, tende a ser tomada no nível das pequenas frações. (BRASIL, 2018)

2.3.1 Rádios definidos por software (SDR) empregados nas ações de MAGE em Op GLO.

Rádio Definido por Software, do inglês *Software Defined Radio* (SDR), é um sistema de radiocomunicação que utiliza softwares para a modulação e demodulação de sinais de rádio. Dessa forma, os componentes que normalmente são implementados em hardware, como misturadores de frequência, filtros, amplificadores, moduladores, detectores etc. são implementados em software. (GARG, 2010)

Segundo o site Radio Com Brasil, o SDR funciona como um receptor de Radio Frequência que consegue captar diversos sinais de rádio, sejam analógicos ou digitais, através de um computador. Assim, um SDR executa quantidades significativas de processamento de sinais eletromagnéticos em um computador de uso geral. O objetivo desse sistema é produzir um equipamento rádio que possa receber e transmitir uma nova forma de protocolo de rádio apenas executando novos softwares. (GARG, 2010)

Segundo Fitzek *et al* (2020), os sistemas SDR se destacam por um alto nível de configurabilidade e capacidade de programação, permitindo aos usuários a implementação de funções personalizadas usando a interface gráfica para mapear o fluxo de sinais emitidos. Apesar desses recursos garantirem flexibilidade no design e adaptabilidade, eles também acabam restringindo a taxa de transferência desses dispositivos, provocando maior latência no processamento dos sinais.

De acordo com Choudhury *et al.* (2021), através da utilização de um Raspberry Pi (série de minicomputadores de placa única multiplataforma) integrado a um sistema SDR, consegue-se diminuir a necessidade de energia dos equipamentos, mantendo o baixo custo de implementação. Além disso, os resultados apresentados são positivos quanto a utilização de SDR para recepção e transmissão de sinais de áudio e vídeo.

Desse modo, o SDR pode se tornar uma eficiente ferramenta para as ações de MAGE previstas na doutrina do EB, em destaque as de Monitoração e Busca de Interceptação. O sistema SDR permite a sintonia de uma ou mais faixas de frequências, proporcionando a busca e o reconhecimento de sinais ativos de interesse, assim como, acompanhar a evolução de um alvo eletrônico e/ou obter outros dados relevantes. (BRASIL, 2019)

A simplicidade dos componentes de um sistema SDR garante discrição e mobilidade no seu emprego em combate, características importantes para operações em ambiente urbano. Além disso, a facilidade de utilização dos softwares através de qualquer computador e a grande capacidade de portabilidade de suas funções também contribuem para que o SDR se apresente como importante ferramenta de MAGE.

Em um ambiente urbano, o emprego de um sistema SDR em ações de MAGE, encontra as mesmas limitações de um dispositivo rádio já exploradas neste trabalho: o alcance operativo afetado pelas edificações e construções e elevações da cidade, a recepção dificultada das emissões eletromagnéticas, a pouca mobilidade do sistema e de seus dispositivos etc.

2.4 VETORES AÉREOS

Segundo Brasil (2020), no combate moderno, há um imperativo de controlar a iniciativa tanto do campo terrestre quanto no espaço aéreo adjacente a ele, garantindo às operações um caráter multidimensional. Com isso, o Comandante necessita cada vez mais da mobilidade tática que o permite ter superioridade de informações e ser capaz de coordenar as ações de múltiplos elementos de emprego.

O emprego de vetores aéreos do Exército apresenta-se como um diferencial tecnológico indissociável do próprio poder de combate terrestre, capaz de multiplicá-lo com efetividade em momentos decisivos das operações. Assim, os sistemas e as plataformas de armas aéreas (no Exército, genericamente tratados como meios aéreos) da F Ter são essenciais para que esta conduza Operações no Amplo Espectro (BRASIL, 2020, p. 2-1).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) traz algumas definições quanto alguns tipos de vetores aéreos existentes:

O termo “drone” é uma expressão genérica utilizada para descrever desde pequenos multirrotores rádio-controlados comprados em lojas de brinquedo até Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) de aplicação militar, autônomos ou não. Por este motivo, o termo não é utilizado na regulação técnica da ANAC. São chamados aeromodelos os equipamentos de uso recreativo, enquanto os VANT são aqueles empregados em finalidades não recreativas. O termo Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) denota um subgrupo de VANT destinado à operação remotamente pilotada (ANAC, 2018, s/p.).

Rangel (2019) afirma que os drones estão entre os dispositivos mais avançados na aeronáutica, eletrônica e robótica de hoje. Um drone é feito de diferentes materiais de composições leves, a fim de aumentar a manobrabilidade ao voar e reduzir o peso. Ele pode ser equipado com uma variedade de equipamentos adicionais, incluindo câmeras, mísseis guiados por GPS, sistemas de posicionamento global (GPS), sistemas de navegação, sensores e assim por diante.

Os drones vêm em uma ampla gama de formas, tamanhos e com várias funções. A grande maioria dos modelos de hoje pode ser lançada à mão, e eles podem ser controlados por controles remotos ou de *cockpits* de terra especiais. Os modelos comerciais vêm em tamanhos pequenos e têm construção simplificada, por isso estes drones são adequados mesmo para crianças, porque eles são muito fáceis de controlar (RANGEL, 2019).

Existem diferentes variações na estrutura e construção de drones, mas os componentes essenciais que cada drone deve ter é um quadro de motor impermeável, controladores de vôo e motor, motores, transmissor e receptor, hélices e baterias ou qualquer outra fonte de energia (RANGEL, 2019).

Figura 5 – Drone Marvic Mini Combo Fly utilizado pelo Exército Brasileiro



Fonte: TECNOBLOG (2021)

Rangel (2019) afirma que os drones estão sendo usados em muitas áreas e o que é mais importante, não há fim quando se trata de suas possibilidades. Portanto, as áreas de aplicações são numerosas hoje e há um crescente uso de drones em todo o mundo.

Segundo Zufferey (2016) uma das utilizações de drones é para a coleta de dados geográficos, o que em tempos idos era desenvolvido por aviões tripulados, com baixa resolução e alto custo, o que para o meio militar é de extrema importância.

A captura de dados geográficos feita por drones possui uma resolução maior que a dos satélites, de até um centímetro por pixel, sem reservas de aeronaves, trazendo imagens precisas e com segurança, indo a áreas remotas que são inacessíveis a pé. No meio militar o drone pode ser utilizado para a captura de fotos de alta resolução de terrenos onde serão realizadas missões, sendo que essas fotos podem ser transformadas em mapas, usado para analisar o terreno. Após coletar as imagens ou vídeos os mesmos são processados com o objetivo de criar mapas, modelos de superfície digital, nuvens de ponto 3D, dentre outros. (ZUFFERY, 2016).

Existem dois tipos de VANTs, o RPA (Remotely-Pilot Aircraft), o qual é controlado remotamente por um piloto e a Aeronave Autônoma, a qual possui programação para vôo, não sendo permitida intervenção externa durante a realização do mesmo. Cabe salientar que no Brasil não são permitidas Aeronaves Autônomas (RESENDE, 2015).

Segundo Resende (2015) as VANTs são consideradas aeronaves, portanto estão sujeitas à legislação aeronáutica (AIC 21/10). Assim sendo, para operá-las é necessária uma autorização da ANAC¹, DECEA² e ANATEL³ e em alguns casos do Ministério da Defesa ou Comando da Aeronáutica.

São três os documentos oficiais brasileiros que dizem respeito às VANTs:

AIC nº 21/10, setembro/2010 (DECEA), publicação que tem por finalidade apresentar as informações necessárias para o uso de veículos aéreos não tripulados no espaço aéreo brasileiro, como conceituações de nomenclatura, determinações de responsabilidades e definições de aplicabilidades da lei; Decisão 127, novembro/2011 (ANAC): autorização da ANAC para operação aérea de Aeronave Remotamente Pilotada pelo Departamento de Polícia Federal; Instrução Suplementar 21-002 Revisão A, outubro/2012 (ANAC): Orienta aplicação da seção 21.191 do RBAC 21 (Regulamento Brasileiro de Aviação Civil) para emissão de CAVE (Certificado de Autorização para Voo Experimental) para RPA de uso experimental (pesquisa e desenvolvimento, treinamento de tripulações e pesquisa de mercado) (RESENDE, 2015, p. 32).

¹ Agência Nacional de Aviação Civil.

² Departamento de Controle do Espaço Aéreo.

³ Agência Nacional de Telecomunicações.

Deste modo, caso o voo destas RPA não sejam por esporte ou lazer, deverá ser expedida uma autorização pelo DECEA, assim como no caso de aeronaves tripuladas. Há um Projeto de Lei de n. 16/2015 em tramitação, o qual propõe normas para o licenciamento e operação de VANTs (RESENDE, 2015).

As vantagens do emprego de plataformas aéreas em ações de GE são previstas na doutrina do EB, como pode ser visto em Brasil (2019), no seguinte trecho:

O emprego de plataformas aéreas amplia a capacidade da força apoiada na coleta de dados sobre o oponente, aumenta a segurança das tropas em solo (por favorecer a emissão de alertas antecipados com oportunidade) e acelera o ciclo de tomada de decisão. O uso dessas plataformas, no entanto, é fortemente dependente das condições meteorológicas; da capacidade antiaérea e de GE do oponente; e da natureza e das características dos meios eletrônicos a serem instalados.

Assim sendo, quando se busca ampliar a capacidade da GE, o emprego de plataformas aéreas surge como alternativa para as limitações presentes na utilização de plataformas terrestres, principalmente o emprego do Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (SARP), capaz de aumentar o alcance operativo, possibilitando que a GE atinja áreas do Espaço de Batalha, onde as unidades de GE não teriam prioridade de atuação, pela carência de meios (BRASIL, 2014).

Segundo Pedro (2022), atualmente, os drones são utilizados para praticamente todas as tarefas no meio civil, como arte, vigilância, entregas, dentre outras. Dessa forma, surge a necessidade de dispositivos que possuam grande capacidade de transporte de carga. Esse mercado de drones mais “robustos” vem crescendo nos últimos anos e desenvolvendo produtos cada vez mais evoluídos, que chegam a carregarem até 30 kg durante o voo, como o drone Vulcan UAV Airlift.

3 REFERENCIAL METODOLÓGICO

Os procedimentos metodológicos utilizados foram os seguintes: leituras preliminares para aprofundamento do tema; definição e elaboração dos instrumentos de coleta de dados e definição das etapas de análise do material. Ao serem estabelecidas as bases práticas para a pesquisa, procurou-se garantir a execução da pesquisa seguindo o cronograma proposto além de propiciar a verificação das etapas de estudo.

3.1 TIPOS DE PESQUISA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo, através de uma coleta de dados em manuais do Exército Brasileiro, revistas científicas, artigos e materiais de doutrina militar, com intuito de obter subsídios que permitissem a formulação de uma solução para o problema proposto.

Foi priorizada a coleta de dados referentes aos vetores aéreos já empregados no Exército Brasileiro, bem como a consulta às doutrinas de Guerra Eletrônica e de Operações de Garantia da Lei e da Ordem.

3.2 MÉTODOS

Após a coleta de dados e do levantamento de informações a partir das diferentes fontes bibliográficas, foi realizado um resumo do material que foi utilizado no referencial teórico, o qual foi devidamente referenciado.

Para busca em bancos de dados eletrônicos foram utilizados os seguintes descritores: Guerra Eletrônica – operações de Garantia da Lei e da Ordem – plataformas aéreas – vetores aéreos.

Foram descartados os materiais que não diziam respeito ao tema, ou que não oferecessem subsídios para alcançar o objetivo proposto neste estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Brasil, a Força Aérea Brasileira adquiriu drones para operarem na Copa das Confederações em 2013, Copa do Mundo em 2014 e nas Olimpíadas 2016.

De acordo com Vilas Boas *et al.* (2019), durante a Intervenção Federal no Rio de Janeiro no ano de 2018 foi utilizada uma aeronave remotamente pilotada categoria zero (ARP CAT 0). As Operações Furacão foram realizadas nos meses de julho e agosto de 2018 no Rio de Janeiro, pela 9ª Brigada de Infantaria Motorizada e pela Brigada de Infantaria Paraquedista.

Durante as Operações Furacão, por imperativo da manutenção do sigilo, buscando a obtenção do fator surpresa, não foi autorizado pelo Escalão Superior, a realização do Reconhecimento das Zonas de Ação das Unidades engajadas. A partir daí, a Companhia de Precursores Paraquedistas (Cia Prec Pqdt), em proveito da Bda Inf Pqdt, empregou o drone Phantom 4 Advanced DJI pela primeira vez, de forma muito eficiente, atentando para as medidas de coordenação do espaço aéreo, garantindo um voo seguro e mantendo a consciência situacional dos Comandantes no solo (VILAS BOAS *et al.*, 2019)

Os autores enfatizam que o emprego do Phantom 4 Advanced DJI foi realizado de forma eficiente, promovendo a segurança da tropa em primeiro escalão, bem como enviando imagens em tempo real para o Centro de Coordenação de Operações – C COp (VILAS BOAS *et al.*, 2019).

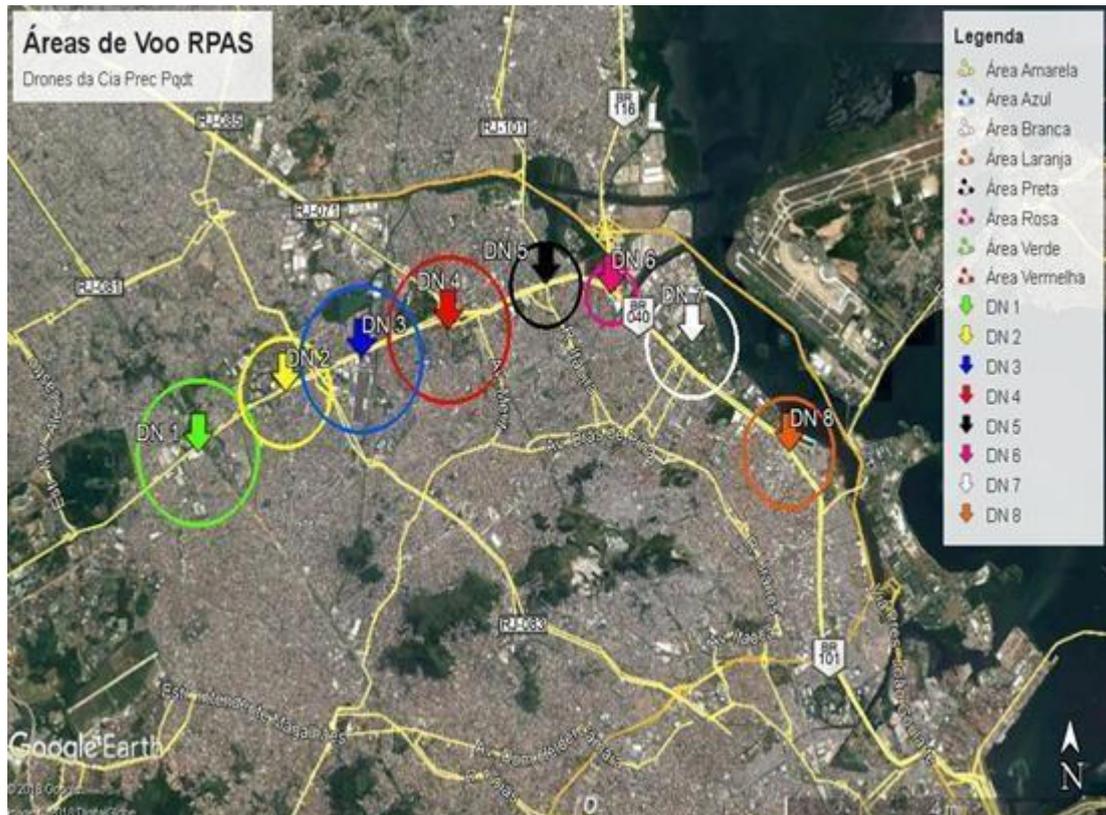
Figura 6 – Emprego do SARP Phantom 4 Advanced DJI



Fonte: VILAS BOAS *et al.* (2019)

As desvantagens deste SARP citadas por Vilas Boas *et al.*(2019) são limitação de autonomia de voo e resistência à chuva, no entanto, o mesmo é um equipamento confiável, que proporciona grande operacionalidade e segurança, tendo sido fundamental para as Operações de GLO no que diz respeito à obtenção de inteligência de combate.

Figura 7 – Áreas de voo do Phantom 4 Advanced DJI nas Operações Furacão



Fonte: VILAS BOAS *et al.* (2019)

O controle do espaço aéreo, durante a operação, foi executado pela Célula de Controle de Operações Aéreas (COA), que cumpriu essencial trabalho no gerenciamento do voo das aeronaves de asa rotativa da Aviação do Exército (AvEx), de SARP da Força Aérea Brasileira (FAB), de SARP do Exército Brasileiro (EB) e aeronaves de asa rotativa das Polícias Militar e Civil. Apesar de prover todas as medidas de coordenação e controle do espaço aéreo existiu um incidente, digno de um relatório de prevenção de acidentes aéreos (RELPREV), quando uma aeronave (Anv) BELL UH-1H, da Polícia Civil, voou abaixo dos 500 pés, coincidindo com a faixa de voo do SARP da Cia Prec Pqdt. Este incidente poderia resultar em um acidente com implicações, o que corrobora a obrigação do rigoroso implemento das medidas de controle do espaço aéreo instituídas. (VILAS BOAS *et al.*, 2019, s/p.).

Outra possível utilização da ARP Cat. 0, ou superior, seria auxiliar o planejamento do fluxo e o controle do trânsito até a Zona de Reunião. Nas Operações Furacão os itinerários não puderam ser reconhecidos antecipadamente, sendo utilizadas imagens de aplicativos

comerciais como o “Google Earth”, “Google Street View” e “Waze” para o planejamento dos deslocamentos e para a observação de alguns objetivos. (VILAS BOAS *et al.*, 2019).

Com a utilização do SARP evitou-se que as tropas ficassem expostas durante os movimentos embarcados e desembarcados, o que foi de grande importância para que fosse mantida a segurança da tropa. Porém, em Vilas Boas *et al.* (2019), surge o seguinte alerta:

Entretanto, é necessário atentar para o fato de que os APOP se enquadram na curva de aprendizagem e poderão, em algum momento, fazer uso de ARP contra as Forças Legais. No Brasil, as organizações criminosas já utilizam ARP Cat. 0 para transportar armas de porte e drogas para dentro de presídios. Portanto, as tropas empenhadas em futuras Operações de GLO devem ser dotadas de meios para destruir ou capturar as ARP utilizadas pelos APOP. São exemplos desses meios os interferidores eletrônicos, as redes disparadas por lançadores manuais ou por outra ARP e aves de rapina. (VILAS BOAS *et al.*, 2019)

Figura 8 - Áreas de voo do Phantom 4 Advanced DJI nas Operações Furacão



Fonte: VILAS BOAS *et al.* (2019)

Diante do que foi exposto, a utilização do Phantom 4 Advanced DJI nas Operações Furacão foi de grande proveito em diversas fases do combate, principalmente no Planejamento e Reconhecimento, principalmente por ser uma plataforma que possui grande capacidade de coleta de informações, com grande mobilidade e fácil manuseio. O drone foi de grande importância no sistema de Comando e Controle da operação, servindo como fonte de

dados de inteligência muito rica, propiciando maior consciência situacional aos comandantes, permitindo um melhor assessoramento às tomadas de decisões, além de promover maior segurança às tropas.

Em adição às possibilidades de emprego do drone Phantom 4 Advanced DJI já apresentadas e exploradas nas Operações Furacão, há também o uso dessas plataformas associadas a um sistema SDR: tais dispositivos possuem uma complexidade de hardware extremamente reduzida, o que por si só garante uma maior mobilidade e disponibilidade do campo de batalha. (CHOUDHURY *et al.*, 2021)

Por ser um sistema civil e comercial, o SDR apresenta constantes estudos e atualizações visando atender as diferentes necessidades do mercado consumidor, como visto em Choudhury *et al.* (2021). Dessa forma, a facilidade de utilização, o baixo custo e a maior eficiência sempre serão os objetivos das pesquisas envolvendo os sistemas de SDR.

A simplificação do hardware e a evolução dos softwares implementados nesse sistema resultam numa diminuição do tamanho e, conseqüentemente, do peso desses equipamentos. Ao mesmo tempo, a indústria de drones e VANTs vem desenvolvendo, cada vez mais, equipamentos com maior capacidade de carga, chegando a dispositivos capazes de carregar até 30 kg durante o voo. (PEDRO, 2022)

Assim, o sistema SDR apresenta-se como importante ferramenta para ações de MAGE em Op GLO, principalmente quando vinculado a plataformas aéreas. Com o emprego associado desses dois sistemas, há um aumento da eficácia dos meios de MAGE, complementando os dados coletados por plataformas terrestres, além de ampliar o alcance dos equipamentos, garantindo continuidade de apoio mesmo em operações descentralizadas e dinâmicas, características do ambiente urbano. (BRASIL, 2019)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Operações de Garantia da Lei e da Ordem têm sido muito frequentes, e sendo as mesmas em ambiente urbanizado é fundamental que haja um certo cuidado em relação à população civil, minimizando os efeitos adversos. A maciça presença da mídia, com forte influência sobre a opinião pública e o combate assimétrico também são características desse ambiente operacional e devem ser considerados durante o planejamento e a execução dessas operações.

O apoio de GE às Op GLO é planejado conforme os condicionantes da missão, muito influenciados pelo ambiente que estão inseridos, interferindo nos equipamentos e no pessoal que irá ser efetivamente empregado. Assim, foi visto nesse estudo, que a doutrina do EB prevê um maior foco em ações de MAGE quando se trata de operações desse tipo, através da aquisição e análise de dados, a partir de emissões eletromagnéticas que o oponente venha a realizar.

Em áreas urbanas, o sistema de comunicação do inimigo geralmente é marcado pela informalidade e pela ação descentralizada, além do uso de tecnologias civis de comunicação e informação. Essas características se tornam empecilhos para as ações de MAGE, em que muitas vezes as plataformas utilizadas atualmente não possuem grande mobilidade e facilidade de manuseio, não conseguindo atingir áreas mais isoladas e, conseqüentemente, não cobrindo toda a área de combate.

Além disso, operações em ambientes edificados também tem grande efeito sobre as emissões eletromagnéticas de dispositivos de comunicação e guerra eletrônica. O ambiente urbano, como já foi abordado nesse estudo, também apresenta suas peculiaridades quanto à exploração do Espectro Eletromagnético, o que dificulta ainda mais o emprego de GE.

As plataformas aéreas surgem nesse contexto como uma alternativa para superar as dificuldades apresentadas até aqui. Com alta mobilidade e autonomia, conseguem atingir áreas isoladas, que não seriam possíveis com outras plataformas. Além disso, portadas de câmeras de alta resolução ou com equipamentos eletrônicos, podem servir como importante vetor de inteligência para as tropas inimigas. Da mesma forma, também representam uma evolução em diversas áreas do combate moderno, trazendo possibilidades que não existiam até a sua implementação.

Assim sendo, foi descrita a utilização do drone Phantom 4 Advanced DJI, o qual foi utilizado durante a Intervenção Federal no Rio de Janeiro no ano de 2018, nas denominadas

Operações Furacão, com a intervenção da 9ª Brigada de Infantaria Motorizada e pela Brigada de Infantaria Paraquedista.

O Phantom 4 Advanced DJI teve como propósito enviar imagens em tempo real para o Centro de Coordenação de Operações – C COp, permitindo dessa forma que decisões fossem tomadas de acordo com as necessidades do momento. Em adição, também foi utilizados no Reconhecimento de diversas áreas de interesse, proporcionando um melhor Planejamento, garantindo maior segurança às tropas.

O equipamento provou sua eficiência em campo, tendo sido apontadas como desvantagens limitação de autonomia de voo e resistência à chuva, no entanto, elas não foram fatores que colocassem em descrédito a utilização do drone.

Somado a isso, os vetores aéreos também se apresentam como excelente alternativa de plataforma para ações de MAGE, como por exemplo, um sistema SDR atrelado a um SARP. Nesse caso, o vetor aéreo é empregado para estender o horizonte rádio do dispositivo, aumentando o alcance operativo da GE. Além disso, a transposição de obstáculos do ambiente urbano fica mais fácil de ser realizada, diminuindo a atenuação provocada pelos fenômenos eletromagnéticos, ao mesmo tempo que proporciona maior mobilidade ao apoio de GE no contexto de Op GLO, sendo capaz de cobrir uma área do campo de batalha bem maior que plataformas terrestres já utilizadas pela Força.

Desta forma, é evidente a necessidade de plataformas aéreas capazes de comportar meios de GE em Op GLO, principalmente em ações de MAGE, considerando o previsto no Manual de Campanha - A Guerra Eletrônica nas Operações quanto a utilização de meios operáveis remotamente, garantindo a ampliação do alcance das ações da GE e, ao mesmo tempo, proporcionando maior segurança às equipes e discricção quanto às operações desdobradas, sendo necessários novos trabalhos para verificar a melhor forma de realizar a junção desses meios.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, J. G.; GRAÇA, R. B. A Constituição de uma turma de GE para Operações de GLO em Ambiente Urbano. **Revista Científica do Centro de Instrução de Guerra Eletrônica**, Brasília, DF, ano 10, ed. 9, p. 17-20, 2010.

ANAC. **Perguntas e respostas**. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/Arquivos/pdf/Perguntas_e_respostas_VANT_02092015.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2021.

BRASIL. **C 24-18: Emprego do Rádio em Campanha**. 4. ed. Brasília, DF. 1997.

BRASIL. **EB20-MC-10.214: Vetores Aéreos da Força Terrestre**. Brasília: Exército Brasileiro, 2020.

BRASIL. **EB70-MC-10.247: A Guerra Eletrônica nas Operações**. Brasília: Exército Brasileiro, 2020.

BRASIL. **EB70-MC-10.303: Operações em área edificada**. 1. ed. Brasília, DF. 2018.

BRASIL. **EB70-MC-10.201: A Guerra Eletrônica na Força Terrestre**. Brasília: Exército Brasileiro, 2019.

CHOUDHURY, NUPUR; KALITA, CHINMOY; KUMAR SARMA, KANDARPA . **Design of a Scalable 4G Portable Network Using Low Cost SDR And Raspberry Pi**. Guwahati, INDIA, v. 20, 2021. 117 p Monografia (Department of Electronics and Communication Engineering) - Gauhati University. Disponível em: https://www.academia.edu/51478426/Design_of_a_Scalable_4G_Portable_Network_Using_Low_Cost_SDR_And_Raspberry_Pi. Acesso em: 11 abr. 2022.

CONJUR. 2018. **Exército pede carta branca na intervenção**. Disponível em: <www.conjur.com.br/2018-fev-21/exercito-carta-branca-intervencao-lei-resguarda-militar>. Acesso em: 02 jan. 2022.

DEFESA AÉREA E NAVAL. **Operações de GLO: um desafio para as Forças Armadas brasileiras**. 2017. Disponível em: <www.defesaaereanaval.com.br/exercito/operacoes-de-glo-um-desafio-para-as-forcas-armadas-brasileiras>. Acesso em: 02 jan. 2022.

FITZEK, Frank; GRANELLI, Fabrizio; SEELING, Patrick. **Computing in Communication Networks: From Theory to Practice**. Academic Press, v. 3, f. 261, 2020. 522 p.

GARG, Vijay. **Wireless Communications & Networking**. Elsevier, v. 3, f. 420, 2010. 840 p.

JOINT PUBLICATION 3-85. **Joint electromagnetic spectrum operations**. 2020. Disponível em: <www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/jp3_85.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2022.

JÚNIOR, José Benedito Cruz; VILAS BOAS, Felipe Tavares; MENDONÇA, Vinícius . **O emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas nas Operações de Garantia da Lei e da**

Ordem durante a Intervenção Federal no Rio de Janeiro. Velho General. 2020. Disponível em: <https://velhogeneral.com.br/2020/08/02/o-emprego-de-aeronaves-remotamente-pilotadas-nas-operacoes-de-garantia-da-lei-e-da-ordem-durante-a-intervencao-federal-no-rio-de-janeiro/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

LIMA, I. L. B.; LUCCHINI, E. B. **A utilização do sistema de aeronave remotamente pilotada para as atividades de mage nas operações de glo no rio de janeiro.** 2018

MAHABOB, N. **Strategic invisible waves: a review on electronic warfare.** 2021. Disponível em: www.digitalcommons.northgeorgia.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1045&context=ijoss>. Acesso em: 02 jan. 2022.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Ondas eletromagnéticas.** 2018. Disponível em: www.mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>. Acesso em: 02 jan. 2022.

NASCIMENTO, H. P. **A abrangente concepção de emprego da Força Terrestre.** 2013. Disponível em: www.defesanet.com.br/terrestre/noticia/11432/A-abrangente-concepcao-de-emprego-da-Forca-Terrestre>. Acesso em: 27 dez. 2021.

PEDRO, João. **Os 10 Drones com Maior Capacidade de Carga em 2022.** Wondershare. Disponível em: <https://filmora.wondershare.com.br/drones/top-heavy-lift-drones.html>. Acesso em: 12 abr. 2022.

RAMOS, A. **Análise de sistemas eletromagnéticos.** São Paulo: Blucher, 2020.

RANGEL, S. C. **Drones: a tecnologia disruptiva das aeronaves remotamente pilotadas.** São Paulo: Editora Chiado, 2019.

RESENDE, S. **Vants brasileiros: uso dos drones no Brasil.** 2015. Disponível em: www.dronescomercial.weebly.com/vants-brasileiros.html>. Acesso em: 26 dez. 2021.

REVISTA PEGASUS. **Possibilidades de emprego de sistemas de autoproteção de guerra eletrônica nas aeronaves de aviação do Exército.** 2012. Disponível em: www.ciavex.eb.mil.br/pegasus/pegasus17/sma.html>. Acesso em: 03 jan. 2022.

SDR - O QUE É SDR?. Radio Com Brasil. Disponível em: <https://radiocombrasil.com.br/sdr-o-que-e-um-sdr/>. Acesso em: 27 mar. 2022.

TAVARES, Paulo. Rádio-práticas e a ocupação do espectro urbano. PISEAGRAMA, Belo Horizonte, número 01, página 50 - 55, 2010.

VILAS BOAS, F. T.; CRUZ JÚNIOR, J. B.; MENDONÇA, V. O Emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas nas Operações de Garantia da Lei e da Ordem durante a Intervenção Federal no Rio de Janeiro. 2019. **Revista PADECEME – A Intervenção Federal no Rio de Janeiro – Escola de Comando e Estado Maior do Exército, ECEME, Rio de Janeiro, 02/ 2019, v.14 n.23.**

ZUFFEREY, J. C. **A eficiência de dados geográficos com drones.** 2016. Disponível em: <www.blog.droneng.com.br>. Acesso em: 26 dez. 2021.

ANEXO

ANEXO 1 – Datasheet do Drone Phantom 4 Advanced DJI

PHANTOM 4 ADVANCED Especificações

[Página Inicial](#) / [Produtos](#) / [Phantom 4 Advanced](#) / [Especificações](#)

Aircraft

Weight (Battery & Propellers Included)	1368 g
Diagonal Size (Propellers Excluded)	350 mm
Max Ascent Speed	S-mode: 6 m/s P-mode: 5 m/s
Max Descent Speed	S-mode: 4 m/s P-mode: 3 m/s
Max Speed	S-mode: 45 mph (72 kph) A-mode: 36 mph (58 kph) P-mode: 31 mph (50 kph)
Max Tilt Angle	S-mode: 42° A-mode: 35° P-mode: 25°
Max Angular Speed	S-mode: 250°/s A-mode: 150°/s
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 feet (6000 m)
Max Wind Speed Resistance	10 m/s
Max Flight Time	Approx. 30 minutes
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)

Satellite Positioning Systems

GPS/GLONASS

Hover Accuracy Range

Vertical:
 ± 0.1 m (with Vision Positioning)
 ± 0.5 m (with GPS Positioning)
 Horizontal:
 ± 0.3 m (with Vision Positioning)
 ± 1.5 m (with GPS Positioning)

Vision System

Vision System

Forward Vision System
 Downward Vision System

Velocity Range

 ≤ 31 mph (50 kph) at 6.6 ft (2 m) above ground

Altitude Range

0 - 33 feet (0 - 10 m)

Operating Range

0 - 33 feet (0 - 10 m)

Obstacle Sensory Range

2 - 98 feet (0.7 - 30 m)

FOV

Forward: 60° (Horizontal), $\pm 27^\circ$ (Vertical)
 Downward: 70° (Front and Rear), 50° (Left and Right)

Measuring Frequency

Forward: 10 Hz
 Downward: 20 Hz

Operating Environment

Surface with clear pattern and adequate lighting (lux>15)

Remote Controller

Operating Frequency	2.400 - 2.483 GHz
Max Transmission Distance	2.400 - 2.483 GHz (Unobstructed, free of interference) FCC: 4.3 mi (7 km) CE: 2.2 mi (3.5 km) SRRC: 2.5 mi (4 km)
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)
Battery	6000 mAh LiPo 2S
Transmitter Power (EIRP)	2.400 - 2.483 GHz FCC: 26 dBm CE: 17 dBm SRRC: 20 dBm MIC: 17 dBm
Operating Current/Voltage	1.2 A@7.4 V
Video Output Port	GL300E: HDMI GL300C: USB
Mobile Device Holder	GL300E: Built-in display device (5.5 inch screen, 1920×1080, 1000 cd/m ² , Android system, 4 GB RAM + 16 GB GL300C: Tablets and smart phones

Intelligent Flight Battery

Capacity	5870 mAh
Voltage	15.2 V
Battery Type	LiPo 4S
Energy	89.2 Wh
Net Weight	468 g
Charging Temperature Range	41° to 104°F (5° to 40°C)
Max Charging Power	160 W