

RESERVADO

**MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK**

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM
GUERRA ELETRÔNICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**O EMPREGO DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS EM MEDIDAS DE GUERRA
ELETRÔNICA E POSSIBILIDADES DE APLICAÇÕES FUTURAS PARA A MARINHA
DO BRASIL**



1ºTen ARTHUR PINHEIRO DE ARAÚJO COSTA

Rio de Janeiro
2021

RESERVADO

RESERVADO

1ºTen ARTHUR PINHEIRO DE ARAÚJO COSTA

O EMPREGO DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS EM MEDIDAS DE GUERRA ELETRÔNICA E POSSIBILIDADES DE APLICAÇÕES FUTURAS PARA A MARINHA DO BRASIL

Monografia apresentada ao Centro de Instrução
Almirante Wandenkolk como requisito parcial à
conclusão Curso de Aperfeiçoamento Avançado em
Guerra Eletrônica.

Orientadores:

CMG (Ref) Luiz Antonio Carvalho

CT Willian Sathler Lino Soares

CIAW
Rio de Janeiro
2021

RESERVADO

RESERVADO

FOLHA DE APROVAÇÃO

1ºTen ARTHUR PINHEIRO DE ARAÚJO COSTA

O EMPREGO DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS EM MEDIDAS DE GUERRA
ELETRÔNICA E POSSIBILIDADES DE APLICAÇÕES FUTURAS PARA A MARINHA
DO BRASIL

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Wandenkolk como requisito parcial
à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica.

Aprovada em _____

Banca Examinadora:

CMG (Ref) Luiz Antonio Carvalho - CIAW _____

CT Igor Pinheiro de Araújo Costa -
CASNAV _____

CT Willian Sathler Lino Soares - CIAW _____

CIAW
Rio de Janeiro

RESERVADO

2021

RESERVADO

RESERVADO

Dedico este trabalho a todos os militares da Marinha do Brasil que, por meio do seu esforço e amor à pátria, entregam suas vidas para a defesa dos interesses nacionais.

RESERVADO

RESERVADO

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais Francisco e Marilene, que sempre me apoiaram em todos os desafios e conquistas da minha vida.

Ao meu orientador CMG Luiz Carvalho, por todo o suporte, conhecimentos, experiências e orientações para a confecção deste trabalho.

Ao meu orientador CT Sathler, por todo o conhecimento transmitido na área de Guerra Eletrônica, orientando-me com empenho e motivação.

RESERVADO

*“Até mesmo um grande plano tem início em um
pequeno modelo.”*

Mokiti Okada

RESERVADO

RESERVADO

O EMPREGO DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS EM MEDIDAS DE GUERRA ELETRÔNICA E POSSIBILIDADES DE APLICAÇÕES FUTURAS PARA A MARINHA DO BRASIL

RESUMO

O emprego de Aeronaves Não Tripuladas (UAV - *Unmanned Aerial Vehicle*) em Medidas de Guerra Eletrônica (MGE) tem sua relevância comprovada em combate no decorrer da história. Além disso, UAV de Guerra Eletrônica (GE) são amplamente utilizados pelas grandes potências bélicas mundiais, as quais já perceberam a importância dessa plataforma no contexto da guerra moderna e investem expressivamente na aquisição e fabricação de aeronaves não tripuladas. Nesse contexto, os UAV possuem consideráveis vantagens em relação às aeronaves convencionais e poderão substituir o homem em muitas atividades, como já acontece em algumas situações do cotidiano. Por outro lado, existem inúmeros UAV de GE sendo fabricados e utilizados por diversas potências bélicas, e suas características, recursos e vantagens em combate serão abordadas neste trabalho, denotando suas possibilidades de emprego para a Marinha do Brasil (MB). Também serão estudadas outras formas de emprego complementares, como inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR - *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*). O UAV ISR se destaca como um componente aéreo básico das forças armadas modernas, oferecendo capacidade de rastreamento do campo de batalha em tempo real e obtenção das posições inimigas. Como cerne deste TCC, foram abordadas as possibilidades de emprego de UAV com capacidade de MGE para a MB, mais especificamente no que tange às técnicas de Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) e Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE). O futuro investimento em UAV de Guerra Eletrônica possibilitaria o domínio dessa nova tecnologia; aumentaria a capacidade do Poder Naval e de suas Tarefas Básicas; além de elevar a eficiência operacional dos meios navais da Marinha do Brasil no ambiente da guerra moderna, a qual exige sistemas cada vez mais tecnológicos, versáteis e eficientes.

PALAVRAS-CHAVE: Guerra Eletrônica. Marinha do Brasil. UAV.

RESERVADO

RESERVADO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura das Medidas de Guerra Eletrônica.....	16
Figura 2 - Classificação das MPE.....	18
Figura 3 - UAS e seus componentes.....	21
Figura 4 - Estação de Controle de um UAV MQ-9 Reaper.....	22
Figura 5 - Bloqueio SOJ.....	28
Figura 6 - Bloqueio EJ.....	29
Figura 7 - Bloqueio SSJ.....	30
Figura 8 - UAV AQM-34 acoplado à asa de uma aeronave convencional.....	34
Figura 9 - UAV Global Hawk durante voo de reconhecimento.....	36
Figura 10 - UAV Predator B.....	37
Figura 11 - UAV Scan Eagle embarcado.....	38
Figura 12 - UAV Northrop Chukar BQM-74 sendo alvejado por unidades de artilharia antiaéreas.....	39
Figura 13 - Um Pioneer RQ-2 pronto para lançamento durante a operação Escudo do Deserto.	40
Figura 14 - UAV Heron da IAI.....	41
Figura 15 - Hermes 900.....	42
Figura 16 - UAV KZO Mucke.....	42
Figura 17 - UAV ASN-209 Silver Eagle.....	43
Figura 18 - UAV Aerosonde da Textron Systems.....	44
Figura 19 - Tela do radar de navegação mostrando a interferência causada pelo UAV de MAE.	45
Figura 20 - Evolução dos UAV no decorrer dos anos.....	45

RESERVADO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ARP-E	Aeronave Remotamente Pilotada - Embarcada
ATC	<i>Air Traffic Control</i>
C-Ap-A	Curso de Aperfeiçoamento Avançado
C2	Comando e Controle
C-SAR	<i>Combat Search And Rescue</i>
CGAEM	Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha
CGE	Capacidade de Guerra Eletrônica
CGEM	Centro de Guerra Eletrônica da Marinha
CIAW	Centro de Instrução Almirante Wandenkolk
CIEMA	Controle das Irradiações Eletromagnéticas e Acústicas
ComFFE	Comando da Força de Fuzileiros da Esquadra
COMINT	<i>Communications Intelligence</i>
DDD	<i>Dull, Dirty and Dangerous</i>
DSTO	<i>Defense Science and Technology Organization</i>
DF	<i>Direction Finding</i>
EEM	Espectro Eletromagnético
ELINT	<i>Electronic Intelligence</i>
ELP	Exército de Libertação do Povo
EJ	<i>Escort Jamming</i>
EUA	Estados Unidos da América
FAB	Força Aérea Brasileira
ForTarAnf	Força-Tarefa Anfíbia
GE	Guerra Eletrônica
HARM	<i>High-Speed Antiradiation Missile</i>
HOJ	<i>Home On Jamming</i>
ISR	<i>Intelligence, Surveillance and Reconnaissance</i>
KZO	<i>Kleinfluggerät Zielortung</i>
LDP	Linha de Posição
LOS	<i>Line Of Sight</i>
MAE	Medidas de Ataque Eletrônico
MAGE	Medidas de Apoio a Guerra Eletrônica

RESERVADO

RESERVADO

MB	Marinha do Brasil
MGE	Medidas de Guerra Eletrônica
MSA	Míssil Superfície-Ar
MN	Milhas Náuticas
MPE	Medidas de Proteção Eletrônica
NAe	Navio-Aeródromo
NAM	Navio-Aeródromo Multipropósito
NDM	Navio Doca Multipropósito
NPaOc	Navio-Patrolha Oceânico
PRM	Programa de Reparilhamento da Marinha
RCS	<i>Radar Cross Section</i>
RETRON	Reconhecimento Eletrônico
RWR	<i>Radar Warning Receiver</i>
SDAI	Supressão da Defesa Aérea Inimiga
SIGINT	<i>Signals Intelligence</i>
SOJ	<i>Stand-Off Jamming</i>
SSJ	<i>Self-Screening Jamming</i>
TO	Teatro de Operações
UAS	<i>Unmanned Aircraft System</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
USAF	<i>United States Air Force</i>

RESERVADO

RESERVADO

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Medidas de Guerra Eletrônica	14
2.1.1 Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica.....	16
2.1.2 Medidas de Ataque Eletrônico.....	17
2.1.3 Medidas de Proteção Eletrônica.....	18
2.2 Classificação dos UAV	19
2.2.1 Classificação por peso.....	19
2.2.2 Classificação por autonomia.....	19
2.2.3 Classificação por máxima altitude operacional.....	20
2.3 Componentes do UAS e princípio de funcionamento	20
2.4 Vantagens de emprego de UAV em relação aos meios aeronavais convencionais ..	22
3 EMPREGO DE UAV EM MGE	25
3.1 Emprego de UAV em MAE	26
3.1.1 UAV em bloqueio eletrônico.....	27
3.2 Emprego de UAV em MAGE	32
4 PRINCIPAIS UAV UTILIZADOS EM GE	33
4.1 Estados Unidos da América (EUA)	34
4.2 Israel	39
4.3 Alemanha	42
4.4 China	43
4.5 Austrália	43
5 POSSIBILIDADES DE EMPREGO DE UAV EM MGE PARA A MARINHA DO BRASIL	46
5.1 UAV com capacidade MAE	46
5.2 UAV com capacidade MAGE	47
5.3 Outras possibilidades de emprego: inteligência, vigilância e reconhecimento	48
5.4 Desafios enfrentados	49
6 CONCLUSÕES	50
6.1 Sugestões para trabalhos futuros	51
REFERÊNCIAS	53
APÊNDICE A - Entrevista	58

1 INTRODUÇÃO

Garantindo altos indicadores operacionais e táticos em combate, os sistemas eletrônicos são, ao mesmo tempo, um dos elementos mais vulneráveis nos sistemas de controle, pois podem ser detectados a partir de sua radiação e estão sujeitos a contramedidas por meio de técnicas de Guerra Eletrônica (GE). A dialética de combate, medidas e contramedidas eletrônicas deram origem à GE; embora esta tenha sido considerada inicialmente um tipo de operação de apoio ao combate, subsequentemente, tornou-se um elemento primordial (VAKIN; SHUSTOV; DUNWELL, 2001).

Após a Segunda Grande Guerra, tem sido desenvolvida uma grande quantidade e variedade de equipamentos militares que empregam e, por fim, dependem do Espectro Eletromagnético (EEM) para executar uma série de funções como detecção, interferência, comunicações, guiamento de armas, visão noturna, além de outras. Justamente para explorar tal dependência, a Guerra Eletrônica desenvolveu-se sensivelmente e, desde então, ela é parte fundamental do arsenal de uma força militar que deseje obter sucesso rapidamente. A GE baseia-se em três principais ações: obter informações existentes nas transmissões inimigas, atacar a dependência que o oponente possui do EEM e, por fim, evitar que nossos sistemas sejam afetados pela GE inimiga (VENÂNCIO; FELDENS, 2019).

O controle do EEM pode ter um grande impacto no sucesso das operações militares em todos os níveis de conflito. O emprego adequado da GE aumenta a capacidade de obtenção de sucesso em combate, além de ser um multiplicador de força, que opera desde a autoproteção até os planos de ataque operacional. Quando as ações desse modal de conflito estão devidamente integradas a outras operações militares, uma sinergia é o efeito alcançado, as perdas são minimizadas e a eficácia aumentada (UNITED STATES AIR FORCE, 2002).

Nesse contexto, Venâncio e Feldens (2019) defendem que plataformas aéreas são os principais meios para condução das ações de GE, uma vez que suas características de alcance, altura e velocidade permitem uma versatilidade superior às terrestres ou marítimas. Os meios aéreos convencionais, entretanto, possuem limitações evidentes, tais como uma maior fragilidade ao fogo inimigo, aumentando o risco da sua tripulação, além do tempo de permanência na área de operações ser relativamente reduzido. Tais limitações, no entanto, são minimizadas quando a tripulação é desembarcada das aeronaves e posicionada em centros de Comando e Controle (C2) que podem estar localizados a milhares de quilômetros do Teatro de

Operações (TO).

Uma Aeronave Não Tripulada (UAV - *Unmanned Aerial Vehicle*) é basicamente uma aeronave que pode ser controlada remotamente ou pode voar de forma autônoma com base em planos de voo pré-programados (ERDEMLI, 2009). Por sua vez, o termo UAS (*Unmanned Aircraft System*) é definido pelo UAV e seus elementos associados a operações seguras, que podem incluir estações de controle (terrestres, marítimas ou aéreas), links de controle, equipamentos de apoio, *payloads*, sistema de voo terminal e equipamentos de lançamento/recuperação. Ademais, um UAS consiste de três elementos: UAV, Estação de Controle e link de dados (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2020).

Quando se compara a capacidade de transporte de carga entre navio e UAV, percebe-se que este último possui capacidade limitada de carregamento, o que se materializa como uma vantagem do emprego de meios navais em relação às aeronaves não tripuladas. Entretanto, há de se considerar o emprego dos UAV embarcados em navios, o qual apresenta expressivos benefícios, como será visto no decorrer deste trabalho.

Motivadas pelos benefícios proporcionados pelo emprego dos UAV, inúmeras potências bélicas mundiais engendraram esforços com a finalidade de se obter maior vantagem possível em combate, minimizando ao máximo o risco ao seu pessoal. Através disso, surge a ideia da utilização das aeronaves não tripuladas, as quais são utilizadas veementemente na guerra moderna.

De acordo com Erdemli (2009), os UAV são usados tanto para fins defensivos, quanto ofensivos; seus tamanhos e capacidades diferentes proporcionam diversas aplicabilidades no meio militar. Nesse contexto, o ambiente do campo de batalha exhibe pontos de fusão entre UAV e Guerra Eletrônica e usando essa relação, pode-se incrementar a qualidade do resultado de ambas, numa ótima sinergia. O emprego de UAS para GE não é novo e, de fato, está se tornando cada vez mais comum. Ademais, o emprego de um UAV para conduzir uma missão de GE, por estas serem missões perigosas e arriscadas, é a solução mais racional, uma vez, ainda, que não põe em perigo a vida humana. Corroborando com Erdemli, Cordesman (2002) defende que uma das ferramentas tecnológicas que tem aumentado a eficácia das operações militares é o UAV. Dentre todas as tecnologias empregadas nos conflitos recentes, incluindo Balcãs, Afeganistão e Iraque, a que mais revolucionou o campo de batalha foi o UAV, conforme demonstra também a BBC (2019), ao explicitar a utilização de UAV por Israel para atividades de inteligência, vigilância e missões de ataque nos conflitos do Oriente Médio.

De acordo com Nogueira (2008), ao contrário dos sistemas convencionais, o abate ou a perda de UAV não causa tantos desgastes políticos como a perda de vidas humanas das plataformas tradicionais.

As aeronaves não tripuladas são menores e, portanto, podem ser dotadas de tecnologia *stealth* mais facilmente do que plataformas tripuladas (NOGUEIRA, 2008).

Fazendo uma comparação do emprego de UAV e satélite para tarefas de reconhecimento, verifica-se que o primeiro leva vantagem em relação ao segundo, por ser mais barato e pela facilidade de reconfiguração de missão em voo, o que é muito mais dispendioso em um satélite (NOGUEIRA, 2008). Ressalta-se que podem ser adotados sistemas híbridos, contando tanto com sistemas convencionais, quanto UAV, de tal forma que os dois se complementem.

Retirar militares da frente de combate e substituir aeronaves tripuladas não faria sentido, se os UAV não desempenhassem missões semelhantes com eficácia, no mínimo, equiparável. Suas características como plataforma única que combina o uso de diversas tecnologias complementares, especialmente de observação prolongada e de missões de espionagem e engodo, tornam-na um armamento de utilidade singular em contextos de Guerra Eletrônica, que é, atualmente, uma das hipóteses de envolvimento de potências em conflitos internacionais (PERES, 2015). Verifica-se que o emprego de UAV gera vantagens, que alicerçam hipóteses altamente otimistas nesses tipos de missões, o que justifica a substituição gradual de aviões tripulados por UAV.

Dentro do contexto de Guerra Eletrônica, encontram-se as Medidas de Guerra Eletrônica (MGE), as quais possuem três subdivisões: Medidas de Ataque Eletrônico (MAE), Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) e Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica, as quais serão estudadas no decorrer desta pesquisa.

A metodologia adotada neste trabalho foi pesquisa de campo, com visitas realizadas ao Comando da Força de Fuzileiros da Esquadra (ComFFE) e Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha (CGAEM) em 02/03/2021 e 09/03/2021, respectivamente. Foi realizada revisão da literatura e, por se tratar de tema pouco explorado na academia nacional, grande parte das fontes aqui apresentadas são oriundas de países desenvolvidos, que dominam a tecnologia de UAV em GE. Também foi realizada entrevista (Apêndice A) em 15/03/2021, com o Auxiliar para Assuntos de Aeronaves Remotamente Pilotadas do ComFFE, 1ºSG-FN-CN Alexandre Magno Neves; e com o Supervisor de COMINT (*Communications Intelligence*

- Inteligência de Comunicações) do CGAEM, 1ºSG-FN-CN André de Brito Giannini, profissionais dotados de notório saber sobre o assunto em lide.

Algumas informações apresentadas neste trabalho foram retiradas das apostilas do Centro de Guerra Eletrônica da Marinha (CGEM), as quais são classificadas como reservadas, logo, este TCC também será classificado como RESERVADO. Para que não haja confusão a respeito das siglas utilizadas no decorrer do trabalho, o CGAEM se refere ao antigo CGEM, pois houve atualização de nomenclaturas.

Determinadas fontes presentes neste trabalho abordam a utilização de UAS em MAE, destacando-se que existe certa dificuldade em se encontrar conteúdo fidedigno que explique, detalhadamente, as técnicas concernentes às Medidas de Ataque Eletrônico.

Ante o exposto, verifica-se a relevância de aprofundar conhecimentos neste assunto, vislumbrando-se uma série de possibilidades de emprego de UAS em GE, analisando suas características, recursos e vantagens em operações de forças navais. O objetivo deste trabalho é descrever e analisar as formas de utilização de UAS em GE por alguns países que se destacam no manuseio dessa tecnologia, denotando suas possibilidades de emprego para a MB. Também serão exploradas outras formas de emprego complementares.

Como objetivos específicos, foi realizada revisão na literatura sobre os conceitos de Guerra Eletrônica relevantes para o entendimento do assunto em lide; foi estudado o funcionamento dos UAV, suas características e vantagens; foi descrito o emprego dos UAV em GE por algumas das potências bélicas mais avançadas no desenvolvimento e emprego dessa tecnologia; e foram abordadas as possibilidades de utilização dessas aeronaves não tripuladas para a MB.

Para que não aconteça confusão a respeito dos termos de Guerra Eletrônica utilizados, UAV de/em GE designam UAV que empregam técnicas de MGE para o cumprimento de sua missão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Medidas de Guerra Eletrônica

Poisel (2002) defende que, ao longo da história, a guerra envolveu medidas e contramedidas visando à obtenção de vantagem sobre o inimigo. Na guerra moderna, não há

outro aspecto em que esse fato seja mais evidente que em GE. Suas práticas estão em constante renovação, pois o surgimento de novas tecnologias está em desenvolvimento permanente. Teoricamente, esse processo poderia continuar sem limites, não fossem, principalmente, os grandes gastos que essas mudanças demandam. Esse fato é ainda mais acentuado em países em desenvolvimento, como no Brasil, por exemplo, onde existem projetos em aberto que comprometem considerável parcela dos recursos voltados para a Defesa, como o PROSUB e as Fragatas Classe Tamandaré.

A GE mantém uma posição predominante no ambiente de guerra altamente tecnológica dos dias atuais e não se pode conceber uma batalha sem o seu emprego. Ela se tornou uma das divisões mais importantes da guerra moderna (ERDEMLI, 2009).

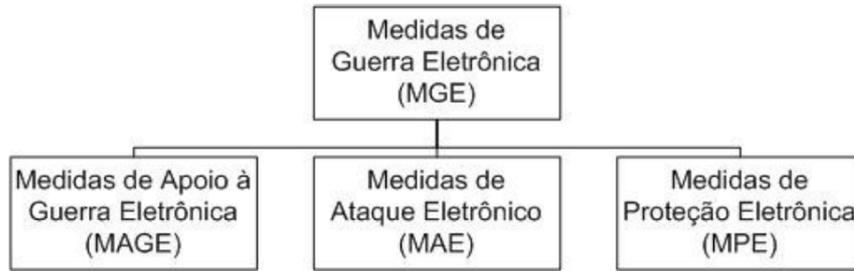
A Guerra Eletrônica é conceituada como o conjunto de ações que visam a explorar as emissões do inimigo, em toda a faixa do EEM, com a finalidade de conhecer a sua ordem de batalha, intenções e capacidades e, também, utilizar medidas adequadas para negar, reduzir ou prevenir o uso efetivo dos seus sistemas, enquanto se protege e utiliza, com eficácia, os seus próprios sistemas. Por sua vez, as MGE reúnem as ações que caracterizam o emprego de uma CGE (Capacidade de Guerra Eletrônica - somatório de meios e recursos de toda ordem, que permita ao Poder Naval empreender eficazmente ações de GE em proveito de suas operações), em apoio direto a uma operação militar. As MGE, conforme a Figura 1 apresenta, dividem-se em (MARINHA DO BRASIL, 2016a):

- MAGE: conjunto de ações visando à busca, interceptação, identificação e localização eletrônica das fontes de energia eletromagnética irradiada no ambiente eletrônico de uma Força ou unidade, a fim de permitir a análise, o imediato reconhecimento de uma ameaça ou sua posterior exploração;

- MAE: conjunto de ações tomadas para evitar ou reduzir o uso efetivo do EEM pelo oponente, bem como degradar, neutralizar ou destruir sua capacidade de combate, por meio de equipamentos e armamentos que utilizem este EEM; e

- MPE: conjunto de ações tomadas para proteção de meios, sistemas, equipamentos, pessoal e instalações, a fim de assegurar o uso efetivo do EEM, diante do emprego de Ações de GE por forças amigas ou inimigas.

Figura 1: Estrutura das Medidas de Guerra Eletrônica.



Fonte: (MARINHA DO BRASIL, 2016a).

2.1.1 Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica

Os sistemas MAGE clássicos geralmente envolvem a determinação da geolocalização da entidade emissora; determinação de sua frequência de transmissão; determinação do tipo de sinal, que é, por exemplo, analógico ou digital; e a obtenção do tipo de sistema de armas ao qual o sinal está associado. Essas informações são úteis para determinar a Ordem de Batalha Eletrônica (OBE), que se refere às entidades no campo de batalha e aos tipos de sistemas eletrônicos de radiofrequência que elas possuem (POISEL, 2002). As OBE são os conhecimentos obtidos pelo oponente a partir do Reconhecimento Eletrônico (RETRON). Eles indicam a distribuição espacial de sensores, sistemas de comunicações e C2 e suas características técnicas, operacionais, de procedimentos adotados e adestramento, pelos contatos de interesse. As OBE são resumidas como todos os conhecimentos do oponente, que possam ser conhecidos a partir do RETRON, em especial aqueles que possam afetar o controle do EEM (MARINHA DO BRASIL, 2016b).

O processamento das MAGE visa produzir conhecimento útil e oportuno sobre as características técnicas e operacionais dos sistemas de detecção e comunicações do oponente. Compreende as atividades de análise, disseminação e gradação de confiabilidade, além de possuir finalidade tática (MARINHA DO BRASIL, 2016c). Para Poisel (2002), existem dois propósitos fundamentais para os quais as informações obtidas a partir de sinais de comunicação interceptados são aplicadas, sendo a finalidade determinada pela aplicação destinada a essas informações, que por sua vez é estabelecida pelo tempo necessário para extraí-las. Se os sinais são analisados por um longo período, há a geração de dados de inteligência. Se a informação for colocada em uso imediato, geralmente não exigindo uma análise extensa para colocá-la em contexto, é chamada de informação de combate, não de

inteligência. É claro que, depois que o conteúdo do sinal for analisado, essa informação também pode ser usada para fins de combate, e a informação de combate pode ser usada para gerar inteligência. A principal diferença é o tempo que se leva para extrair informações úteis, visto que as informações de combate são usadas imediatamente. Portanto, há pouco, ou nenhum tempo para realizar a análise.

MAGE e RETRON se relacionam e se complementam em muitos aspectos, não obstante a diferença conceitual existente entre ambos. Por definição, RETRON é o emprego do EEM com cunho estratégico ou operacional, visando à identificação de sinais emitidos por fontes de interesse, considerando também a obtenção e processamento sistemático e oportuno de informações para a obtenção de conhecimentos sobre as intenções, disposição geográfica, capacidades e limitações dos emissores, de maneira furtiva (MARINHA DO BRASIL, 2016b).

A definição de RETRON está localizada, teoricamente, num campo que se localiza externamente às MGE e sua utilização se cobre de importância dentro do contexto bélico, ao possibilitar o conhecimento das capacidades do inimigo. Seu emprego com UAS, mesmo não sendo tema principal deste trabalho, também será explorado e está amplamente presente no meio militar.

2.1.2 Medidas de Ataque Eletrônico

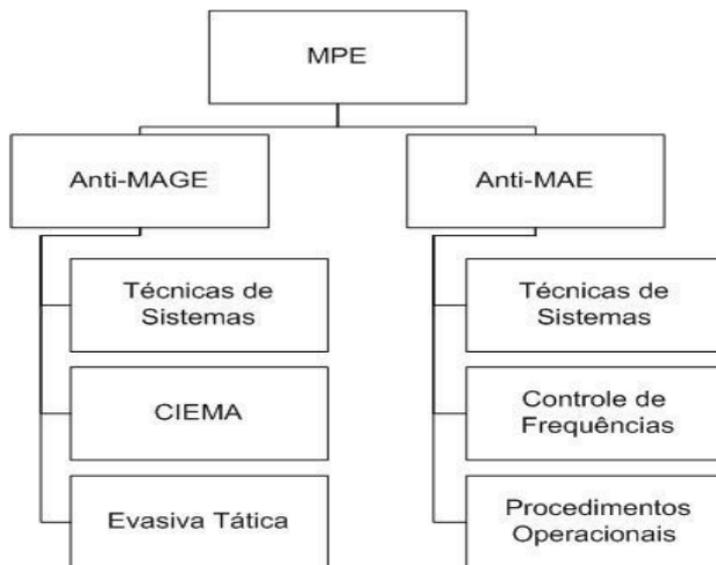
A eficácia do sistema de MAE, em grande parte, provém de um planejamento adequado e que envolva informações estratégicas, táticas e técnicas obtidas através de RETRON e MAGE. Dentre os aspectos importantes a serem considerados, estão os tipos de equipamentos inimigos, suas características e modos de operação, além de suas táticas, procedimentos, deficiências e vulnerabilidades. O perfeito conhecimento da capacidade de MAE da própria força é fundamental para o planejamento do seu emprego (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

As MAE são classificadas em não destrutivas (*soft kill*) e MAE destrutivas (*hard kill*). As MAE não destrutivas são aquelas que se valem do uso ativo ou passivo do EEM para atingir os propósitos do ataque eletrônico sem, no entanto, causar nenhum tipo de destruição física ao oponente. Dentre elas, destacam-se a Supressão Eletromagnética ou *Jamming* (Bloqueio Mecânico e Bloqueio Eletrônico); e o Despistamento Eletromagnético. Por sua vez, as MAE destrutivas incorporam o conceito de letalidade à Guerra Eletrônica, tida até pouco

tempo como um recurso defensivo de combate. Dentre as medidas destrutivas, estão os Mísseis Antirradiação e as Armas de Energia Direcionada (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

2.1.3 Medidas de Proteção Eletrônica

Figura 2: Classificação das MPE.



Fonte: (MARINHA DO BRASIL, 2016e).

As MPE, de acordo com a Figura 2, são classificadas em dois grupos básicos: as MPE Anti-MAGE e as MPE Anti-MAE. As MPE Anti-MAGE têm por finalidade negar ao oponente a interceptação, identificação, localização e/ou a análise de nossas emissões por meio das MAGE. Estão intrinsecamente relacionadas com o conceito de Segurança do Conteúdo que é um dos componentes da Segurança das Comunicações nas Doutrinas de Comunicações e de Contraineligência. Isto pode ser conseguido, basicamente, pelo emprego de Técnicas de Sistemas, pela execução do Controle das Irradiações Eletromagnéticas e Acústicas (CIEMA), que também pode prevenir as interferências provocadas pela própria força, e pelo emprego da Evasiva Tática¹.

Por sua vez, as MPE anti-MAE buscam minimizar o efeito das MAE inimigas, ou os efeitos colaterais do emprego das MAE por parte de forças amigas sobre nossos equipamentos. Estão intrinsecamente relacionadas com o conceito de Segurança de

¹ Compreende a execução de manobras com navios, aeronaves, dentre outros, com o propósito de impedir, retardar ou dificultar a detecção ou o acompanhamento de nossa força, por meio do emprego das MAGE do oponente (MARINHA DO BRASIL, 2016e).

Transmissão, que é o outro componente da Segurança das Comunicações nas Doutrinas de Comunicações e de Contraineligência. Isto pode ser conseguido, basicamente, pelo emprego de Técnicas de Sistemas², de Controle de Frequências e Procedimentos Operacionais (MARINHA DO BRASIL, 2016e).

2.2 Classificação dos UAV

Classificar os UAV é um processo problemático, visto que eles têm aplicações diferentes, não sendo possível enquadrá-los em somente um sistema de classificação. Não existe uma nomenclatura internacional comum, mas tem sido geralmente aceito que os UAV podem ser classificados por suas especificações de desempenho e seus tipos de missão. Peso, autonomia e altitude máxima são algumas das especificações de desempenho para conduzir uma classificação adequada. Os tipos de missões mais comuns são inteligência, vigilância, aquisição de alvos e reconhecimento; combate; missões multipropósito; decolagem e pouso vertical; radar e retransmissão de comunicação; e entrega aérea e reabastecimento (ARJOMANDI *et al.*, 2006).

2.2.1 Classificação por peso

O peso dos sistemas não tripulados varia muito, desde micro UAV que pesam menos de alguns quilogramas (Kg), até UAV super pesados, com mais de 2.000 Kg. Existem cinco itens dentro dessa classificação, quais sejam (ARJOMANDI *et al.*, 2006):

- UAV super pesados: esta classe inclui UAV com peso de decolagem acima de 2 toneladas;
- UAV de peso pesado: esses UAV pesam entre 200 Kg e 2.000 Kg;
- UAV de peso médio: são os sistemas que pesam entre 50 Kg e 200 Kg;
- UAV de peso leve: esta classe inclui UAV de 5 Kg a 50 Kg; e
- Micro UAV: UAV com menos de 5 Kg estão nesta classe.

² São aquelas existentes nos circuitos e recursos dos próprios equipamentos, com a finalidade de proteção da força, para que não haja a interceptação pelo inimigo (MARINHA DO BRASIL, 2016e).

2.2.2 Classificação por autonomia

Existem três classificações (ARJOMANDI *et al.*, 2006):

- UAV de grande autonomia: esta classe inclui UAV que podem permanecer no ar por 24 horas ou mais. O alcance é correspondentemente alto, variando de 800 a 12.000 Milhas Náuticas (MN);

- UAV de média autonomia: possuem autonomia que varia entre 5 e 24 horas. Este é o tipo mais comum de UAV; e

- UAV de baixa autonomia: UAV com menos de 5 horas de autonomia. A maioria dos UAV de menor porte se enquadra nesta categoria.

2.2.3 Classificação por máxima altitude operacional

A máxima altitude operacional é outra medida de desempenho, pela qual os UAV podem ser classificados. A capacidade de alcançar altitudes mais elevadas é vital para aplicações militares. Para evitar a detecção e destruição pelo adversário, alguns UAV precisam voar em grandes altitudes, o que acontece em missões que visam à obtenção de imagens e reconhecimento, durante as quais uma altitude maior é necessária para a aquisição de imagens do terreno inimigo. Dentro dessa classificação existem três itens, os quais estão abaixo relacionados (ARJOMANDI *et al.*, 2006):

- UAV de baixa altitude: UAV que podem voar até 1000 metros (m) de altitude. Normalmente, são os micro UAV;

- UAV de média altitude: esta categoria inclui UAV com altitude máxima entre 1000 m e 10000 m. A maioria dos UAV se enquadra nesta categoria; e

- UAV de grande altitude: estas aeronaves não tripuladas podem voar a mais de 10.000 m de altitude.

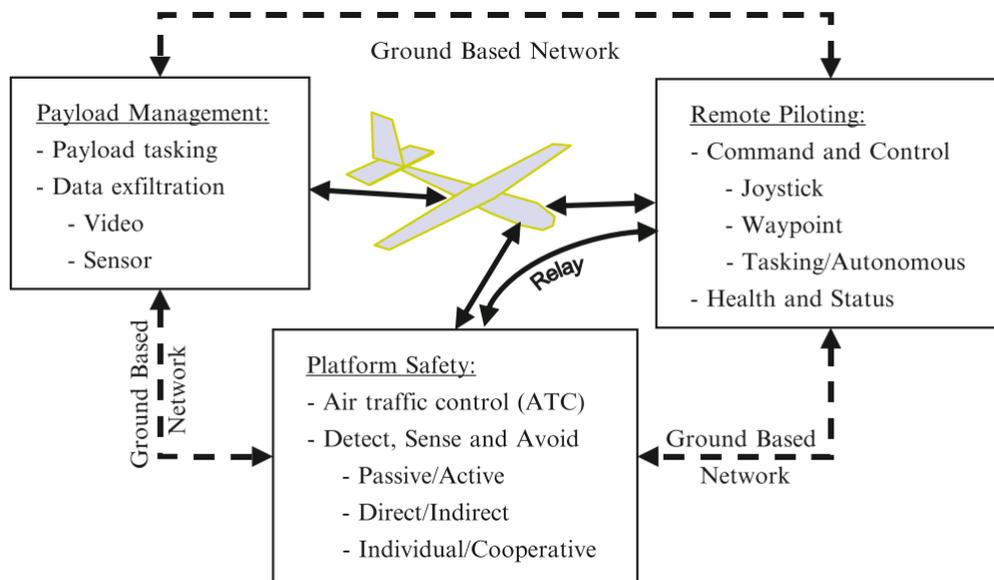
2.3 Componentes do UAS e princípio de funcionamento

Uma plataforma típica de UAS consiste em sistemas envolvendo Estação de Controle (presente na Figura 4), monitoramento e processamento de dados, bem como os UAV em si (PAULTRE, 2020). Ao contrário das aeronaves tripuladas, em que os sistemas de controle de

voo são partes integrantes da aeronave, os controles do piloto do UAS são fisicamente separados. Além disso, a comunicação com o Controle de Tráfego Aéreo (ATC - *Air Traffic Control*) e sensores para evitar colisões serão necessários para integrar, com segurança, o UAS aos sistemas do espaço aéreo (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2001).

A comunicação interna acontece dentro do UAS e inclui a conexão de Comando e Controle entre a aeronave não tripulada e o piloto, bem como o gerenciamento do *payload* (carga que o UAV pode carregar, a qual não abrange o próprio peso da aeronave não tripulada). Alguns exemplos de *payload* são câmeras extras, sensores, ou dispositivos de soltura³. A comunicação externa engloba o ATC e os sensores para evitar colisões. Deve-se observar que essas comunicações externas exigirão transmissão de dados fidedigna para o piloto, de tal forma que ele tenha conhecimento situacional adequado dos sistemas de gerenciamento do espaço aéreo. Conforme observado na figura 3, a comunicação é feita tanto com a aeronave, quanto entre as demais partes do UAS (VALAVANIS; VACHTSEVANOS, 2015).

Figura 3: UAS e seus componentes.



Fonte: (VALAVANIS; VACHTSEVANOS, 2015).

³ Permitem o transporte de objetos pelos UAV. No caso dos UAV *Predator*, por exemplo, no momento do lançamento, o dispositivo de soltura libera o míssil que está acoplado na aeronave não tripulada.

Figura 4: Estação de Controle de um UAV *MQ-9 Reaper*.

Fonte: (SHOEMAKER, 2013).

Devido às limitações de tamanho e peso dos UAV, eles possuem restrição em relação ao seu *payload*. Essas limitações conduzem a várias restrições adicionais: os componentes eletrônicos devem estar dispostos de tal forma a evitar, ao máximo, a interferência eletromagnética; a potência é limitada pelo espaço e capacidade para transporte de peso disponíveis para armazenamento de baterias; a velocidade do processador de energia é restringida pelo peso e energia disponíveis; além de que alguns recursos, como taxa de quadros de vídeo e resolução de imagem são limitados, devido ao peso de seus equipamentos (VALAVANIS; VACHTSEVANOS, 2015).

2.4 Vantagens de emprego de UAV em relação aos meios aeronavais convencionais

Há uma série de razões pelas quais os UAV, recentemente, receberam profunda relevância e prioridade de aplicação em relação a aeronaves convencionais. As aeronaves não tripuladas, em comparação com as aeronaves tripuladas, são mais propícias em missões *Dull, Dirty and Dangerous* (DDD), denotando tarefas que sejam redundantes, insalubres, ou de alto risco para as tripulações embarcadas (CLAPPER *et al.*, 2007). Engendrado nesse tripé, o emprego de UAV se consolidou e ganha força a cada dia, na medida em que substitui, em

grande parte, as desvantagens inerentes à utilização de meios aeronavais convencionais nesses tipos de missões.

Pelo preço de um Gripen, o caça mais avançado adquirido pela Força Aérea Brasileira (FAB), é possível comprar até 30 UAV *Scan Eagle*, recentemente adquiridos pela MB, cujo custo unitário aproximado é de US\$ 5 milhões (CAIAFA, 2019; RODRIGUES, 2019).

Existem UAV que podem operar por mais de 24 horas ininterruptas, cujo raio de ação varia entre 800 e 12000 MN. Por exemplo, a missão mais longa na Operação Liberdade Duradoura (resposta militar dos Estados Unidos aos ataques de 11 de setembro de 2001) foi uma surtida com o bombardeiro *B-2A Spirits*, a qual teve duração de mais de 44 horas; e a mais longa surtida na Guerra do Iraque foi executada também pelo *B-2A*, com duração de 39 horas (ERDEMLI, 2009). O controle da fadiga é um fator importante que deve ser levado em consideração em todas as circunstâncias do combate. As missões acima elencadas podem ser classificadas como redundantes dentro do conceito DDD e são exemplos de operações militares que talvez pudessem ser melhor executadas por UAS, visto que possibilitam aos seus operadores descanso apropriado, por estarem longe da zona de conflito, maximizando seu desempenho.

Como exemplo de missões insalubres, pode-se citar que, no período de 1946 a 1948, a Força Aérea dos Estados Unidos da América (USAF - *United States Air Force*), juntamente com sua Marinha (*US Navy*), utilizou aeronaves *B-17* e *F6F* não tripuladas, respectivamente, para voar em nuvens nucleares minutos após a detonação da bomba, com a finalidade de coletar amostras radioativas. Durante as missões insalubres, os UAS aumentam a probabilidade de uma missão ser bem-sucedida, além de minimizar a exposição humana (ERDEMLI, 2009).

Para Clapper *et al.* (2007), no que tange às missões de alto risco, vislumbra-se qualquer situação que pode ameaçar a integridade da tropa e que pode causar problemas políticos. Para tais missões, o UAS reduz o custo político e humano, se a aeronave for abatida.

Venâncio e Feldens (2019) defendem que a substituição do peso e do risco à tripulação em meios convencionais, por equipamentos e sensores, confere aos UAV uma série de vantagens. Os UAV podem, por exemplo, ser arremessados pelas mãos de um soldado para varrer uma determinada área, ou, permanecer voando continuamente por mais de 24 horas, ao longo de 7 dias da semana, em missões de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR - *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*), sem que haja a necessidade de pousos para troca de pilotos.

Para Poisel (2002), em combate, é eminente a obtenção da posição do inimigo, para que se tenha um planejamento adequado do emprego dos meios de uma força em conflito. Seguindo essa conjuntura, um benefício adicional da utilização dos UAV em sobrevoar a área de um alvo com maior proximidade, é a capacidade de se obter Linhas de Posição (LDP) para calcular sua localização. Com mais de um UAV em cena, é possível obter simultâneas LDP, o que possibilita, a partir de uma singular oportunidade, a obtenção da posição do inimigo. Entretanto, se houver apenas um UAV disponível, é necessário que a plataforma se mova, a fim de se obter, no mínimo, 3 LDP do alvo. Se a busca MAGE for realizada por plataformas navais, são necessárias, no mínimo, três plataformas para obter a posição do inimigo; enquanto que se for utilizada plataforma aérea, apenas uma aeronave é necessária para a obtenção da localização do alvo (MARINHA DO BRASIL, 2016c). Essa circunstância gera expressiva vantagem tática em combate, pois seria possível obter a posição do inimigo sem que houvesse a necessidade de envio de meios convencionais à cena de ação. A autonomia do meio naval é maior em relação ao UAV, contudo, se o UAV estiver embarcado num navio, pode-se ter inúmeras vantagens de emprego, visto que a aeronave não tripulada pode, sozinha, realizar interceptação da posição da ameaça e, em seguida, retornar ao meio naval de origem. Soma-se a autonomia do navio com a velocidade e praticidade dos UAV, objetivando o melhor cumprimento da missão.

Comparar os custos de UAV com aqueles relacionados a aviões tripulados é a forma mais intuitiva de estimar sua economicidade. Entretanto, deve-se considerar, também, que os UAV são usados para diminuir - ou mesmo eliminar, em alguns cenários - a necessidade de tropas em campo de batalha. A economia de recursos decorrente dessa substituição pode ser estimada com base no dado de que cada militar enviado ao TO tem um determinado custo (SIMÕES *et al.*, 2020). O dispêndio que envolve o envio de tropas e meios convencionais ao campo de batalha envolve uma série de fatores, como o custo do próprio meio e dos equipamentos que cerceiam seu funcionamento.

É altíssimo o valor inerente à formação dos pilotos de aeronaves convencionais, os quais são de difícil substituição e demandam volumosas quantias dos cofres públicos no decorrer de sua formação nas instituições militares. Ao se empregar UAV em conflitos, essas situações poderiam ser mitigadas.

De acordo com Simões *et al.* (2020), apesar de os benefícios estratégicos de longo prazo do uso de UAV serem questionáveis, os ganhos táticos de curto prazo e as condições

financeiras vantajosas favorecem seu emprego. Portanto, questões de ordem econômica atuam no sentido de estimular o emprego de UAV.

Se os custos unitários dos UAV são atrativos, aqueles envolvidos em seu uso e manutenção são ainda mais. Diferentemente dos caças modernos, que foram projetados para serem rápidos, potentes e manobráveis, a maioria dos UAV voa a velocidades mais baixas, são menores e mais leves, o que resulta em economia de combustível, fluidos e peças. O desenvolvimento dos UAV menos vulneráveis a defesas antiaéreas e com mais capacidades, está levando a uma diminuição de suas vantagens financeiras, diante de aeronaves tripuladas, pois encarecem o seu custo de produção (ERDEMLI, 2009). Para Simões *et al.* (2020), uma possível desvantagem a ser considerada na utilização dessas aeronaves não tripuladas seria o alto custo de investimento para seu emprego, visto que é preciso equipá-las com um complexo conjunto de sensores e de transmissores, que devem ser operados a partir de uma estação à distância. Dessa forma, embora o veículo aéreo não tripulado seja realmente mais barato que um meio aeronaval, o sistema aéreo não tripulado, por incluir a infraestrutura operacional necessária ao funcionamento do veículo, pode não ser tão vantajoso do ponto de vista financeiro.

Ainda assim, como o custo unitário do veículo é baixo, procede o argumento de que ele tende a ser empregado em missões mais arriscadas, que dificilmente seriam realizadas caso só houvesse a opção de envio de meios aeronavais convencionais para o cumprimento da missão (SIMÕES *et al.*, 2020). De acordo com Erdemli (2009), as missões que envolvem a utilização de GE costumam ser perigosas e arriscadas. Com isso, a utilização de UAS para conduzir esse tipo de tarefa é a solução mais racional, uma vez que não põe em perigo a vida humana.

A necessidade de reposição mais frequente dos UAV em relação a aviões tripulados é outro aspecto que merece destaque, ponderando-se que essas aeronaves não tripuladas são expostas a missões mais arriscadas. Contudo, à medida que a tecnologia amadurece, a capacidade de engajamento bem sucedido nas diversas missões aumentará, diminuindo perdas (ERDEMLI, 2009).

3 EMPREGO DE UAV EM MGE

Os procedimentos intrínsecos às MPE têm o objetivo de fornecer segurança à transmissão de dados dos meios e equipamentos da própria força e estão fortemente

relacionados a Técnicas de Sistemas, Controle de Frequências e Procedimentos Operacionais dos próprios equipamentos. Esse trabalho tem como foco principal o emprego de UAV em MAGE e MAE.

Neste capítulo também serão abordadas as atividades de RETRON, como a COMINT e Inteligência Eletrônica (ELINT - *Electronic Intelligence*). Ressalta-se que o produto do RETRON é a Inteligência de Sinais (SIGINT - *Signals Intelligence*) que também será estudada no capítulo 3.

Para Erdemli (2009), o UAS pode contribuir em todos os aspectos da Guerra Eletrônica, desde o bloqueio e Supressão da Defesa Aérea Inimiga (SDAI), até MAGE e SIGINT.

3.1 Emprego de UAV em MAE

Neste tópico, serão abordadas as possibilidades de emprego de UAS em Medidas de Ataque Eletrônico, que possuem mais relevância dentro do contexto bélico, dentre as quais se destacam o bloqueio eletrônico e a SDAI.

Os UAS têm sido usados em conflitos para fins de GE desde a Guerra do Vietnã. Com o aprimoramento da tecnologia, os sistemas de aeronaves não tripuladas estão cada vez mais dentro do contexto da Guerra Eletrônica. Como dispositivos MAE, os UAS podem ser empregados para bloqueio eletrônico, despistamento eletromagnético, armas de energia direcionada, lançamento de mísseis antirradiação, *flares* e *decoys* ativos (ERDEMLI, 2009). *Decoys* são dispositivos desenvolvidos para assemelhar-se à plataforma que estão protegendo, possuindo as seguintes missões: saturar o sistema de defesa do oponente, forçar o oponente a expor suas forças antecipadamente e despistar o radar oponente. Por sua vez, o *decoy* ativo utiliza um conjunto de antenas e um amplificador de potência, com a finalidade de aumentar o ganho do sinal refletido (MARINHA DO BRASIL, 2016d). UAV já foram empregados por Israel como *decoys* em alguns conflitos no decorrer da história, como será visto no capítulo quatro.

O emprego de MAE numa operação naval é resultado de meticuloso planejamento. Seu emprego pode ser efetivado por determinação expressa do comandante, após criterioso exame corrente da situação, pelo cumprimento de respostas pré-programadas em documentos operativos que tratam da GE ou, em última análise, nos casos de emergência para autodefesa das unidades (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

Os UAV podem ser empregados em inúmeras ações de MAE, em função de sua mobilidade e velocidade, da capacidade de atingir pontos onde os navios não alcançam e da maior altitude de operação das antenas de seus equipamentos. Os UAV também apresentam a vantagem de operar infiltrados, muito além das linhas inimigas (MARINHA DO BRASIL, 2016d). Erdemli (2009) defende que os UAV são plataformas ideais para transportar *payloads* de MAE, por causa da sua Seção Reta Radar (RCS - *Radar Cross Section*) menor, possibilitando maior capacidade de penetração nas linhas de defesa do inimigo com reduzida probabilidade de ser detectado, em comparação às aeronaves convencionais.

3.1.1 UAV em bloqueio eletrônico

Bloqueio eletrônico é a radiação, ou reirradiação de EEM, para impedir que um adversário use efetivamente o EEM. Como uma das formas alternativas de realizar bloqueio eletrônico por UAV, pode-se operar, conjuntamente, várias aeronaves não tripuladas para realizar o bloqueio, de tal forma que seja possível aumentar o nível de ruído sobre um radar. Isso exigiria a localização, orientação e trajetória de voo dos UAV, de modo que o EEM necessário seja concentrado, coordenadamente, sobre os equipamentos inimigos que estejam numa determinada posição (MEARS, 2005).

A eficácia do bloqueio na supressão eletromagnética depende, em grande parte, de um planejamento adequado e que envolva informações estratégicas, táticas e técnicas obtidas por meio de RETRON, operações de inteligência e MAGE. Dentre os aspectos importantes a serem considerados, estão os tipos dos equipamentos oponentes, suas características e modos de operação, além de suas táticas, procedimentos e deficiências. O perfeito conhecimento da capacidade de MAE da própria força é fundamental para o planejamento do seu emprego (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

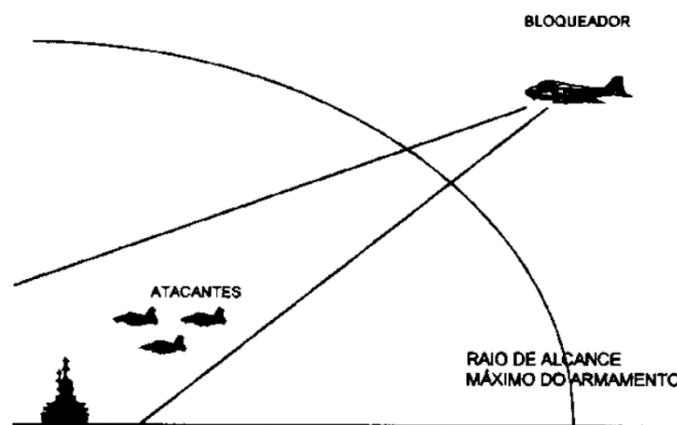
Segundo Poisel (2002), provavelmente, a vantagem mais significativa de aplicação de MAE por um UAV é sua capacidade de sobrevoar a área do alvo e irradiar a energia de interferência mais próximo possível do inimigo, o que diminui as possibilidades de fratricídio. Isso, é claro, não se aplica a uma situação verdadeiramente não linear, em que as comunicações amigáveis estão na mesma área geográfica que os alvos, mas, mesmo assim, a energia de interferência pode ser colocada mais perto do alvo do que em configurações distantes. No entanto, pontua-se que um planejamento previamente bem executado permite que o fato em questão seja atenuado, ou até evitado, diminuindo as possibilidades de

fratricídio, dando aos UAV maior liberdade de manobra durante a interferência contra a ameaça na cena de ação. Nogueira (2008) explica também que o UAV pode operar em altitudes muito mais apropriadas, tanto para a localização eletrônica, como para as ações de interferência eletrônica. A alta furtividade do UAV permite que o equipamento possa ser empregado em distâncias muito mais próximas do alvo do que as plataformas convencionais.

Quanto ao emprego tático, algumas formas de bloqueio eletrônico efetuadas por plataformas aéreas podem ser destacadas, quais sejam (MARINHA DO BRASIL, 2016d):

- Bloqueio fora do alvo ou afastado (SOJ - *Stand-Off Jamming*): realizado quando as unidades que o executam não são o alvo principal da vigilância, ou das armas inimigas controladas eletronicamente. É o caso do bloqueio feito por aeronaves especialmente equipadas para MAE que, fora do alcance do armamento das unidades vítimas, encobrem as ações das aeronaves atacantes. Pode ser também efetuado por postos em terra com alta potência de bloqueio, atuando sobre redes rádio de alto escalão (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

Figura 5: Bloqueio SOJ.



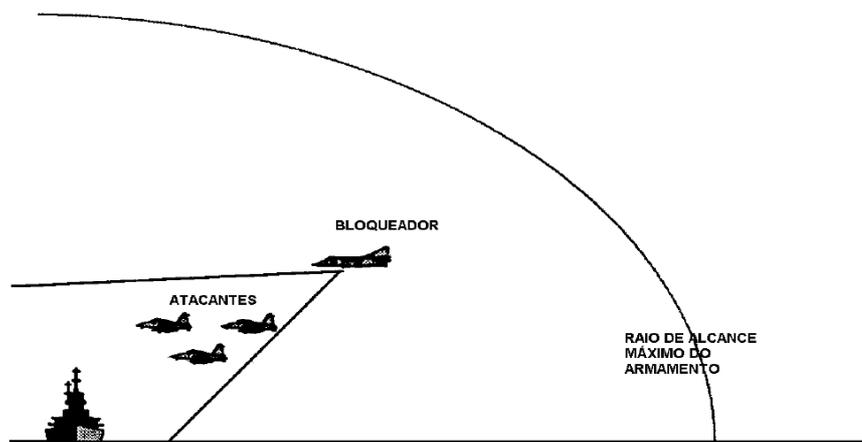
Fonte: (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

Uma vantagem considerável desse tipo de bloqueio é que a aeronave pode permanecer fora do alcance do armamento inimigo, culminando na diminuição das possibilidades de perda da aeronave. Erdemli (2009) defende que UAV maiores também podem cumprir essa missão por meio do carregamento de *payload* de interferência necessário.

- Bloqueio de acompanhamento (EJ - *Escort Jamming*): a potência efetiva do bloqueio é função da distância entre o interferidor e a unidade alvo. Quando não for possível produzir

potência de bloqueio suficiente a longas distâncias, mesmo aproveitando-se das condições de propagação, será necessário que a plataforma interferidora acompanhe a esquadilha atacante. A diminuição da distância em relação ao radar vítima significa que a potência necessária para produzir um bloqueio efetivo será menor, logo poder-se-á utilizar aeronaves menores e com maior manobrabilidade. A maior desvantagem desta técnica é o fato de que a plataforma interferidora precisa penetrar na área defendida, ficando vulnerável a mísseis, caças e artilharia antiaérea. A perda da aeronave bloqueadora significa a exposição da esquadilha atacante (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

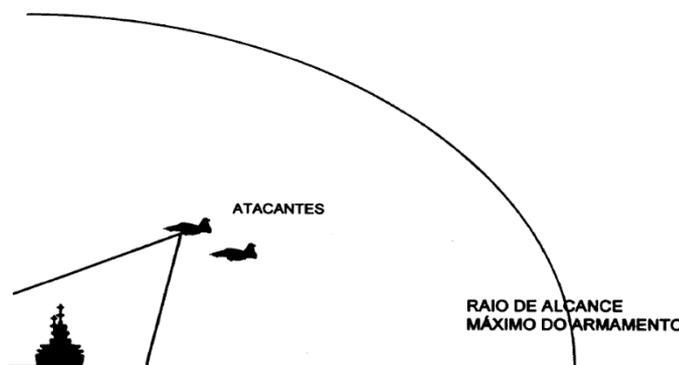
Figura 6: Bloqueio EJ.



Fonte: (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

- Bloqueio de autoproteção (SSJ - *Self-Screening Jamming*): no caso do bloqueio SSJ, as unidades que o empregam estão, elas próprias, sujeitas à vigilância ou ataque das armas inimigas controladas por emissões eletromagnéticas. É o caso, por exemplo, das aeronaves de uma vaga atacante, ao tentarem bloquear as emissões dos radares oponentes de direção de tiro; ou de um navio sob ataque de míssil. O bloqueio SSJ é feito para encobrir a própria unidade que o irradia, ao perceber-se alvo de emissão inimiga. A desvantagem principal deste método é que ele permite ao oponente a obtenção de marcações radiogoniométricas da fonte do bloqueio, facilitando sua localização. Essa desvantagem se acentua quando são utilizados mísseis que se orientam por bloqueio (HOJ - *Home On Jamming*) (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

Figura 7: Bloqueio SSJ.



Fonte: (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

Conforme explicam Venâncio e Feldens (2019), duas situações interessantes podem ser obtidas quando um UAV carregar um equipamento gerador de bloqueio contra um radar, ao invés dessa tarefa ser feita por meios aeronavais convencionais. Primeiro, considerando que um UAV possui RCS menor, por diferenças de tamanho e geometria, é possível uma maior aproximação ao radar inimigo, pois sua distância de *burn-through* (distância na qual o alvo é visível mesmo com a presença de bloqueio) será menor. Aplicando essa ideia à Marinha do Brasil, a escassez de recursos orçamentários para aquisição de novos meios navais e aeronavais, assim como a manutenção dos meios já existentes, evidencia a considerável vantagem existente no emprego/aquisição dos UAV. Como exemplo, pode-se citar que um *F-117A Nighthawk*, o qual foi o primeiro avião de ataque no mundo a empregar a tecnologia *stealth*, possuindo $0,025 \text{ m}^2$ de RCS, custa aproximadamente US\$ 42 milhões, enquanto é possível encontrar um UAV de GE por um valor equivalente a milhares de dólares (ROGOWAY, 2020).

Todo equipamento que transmite é suscetível à interceptação pelo inimigo, o que colocaria a tripulação de meios aeronavais em risco. Um UAV, neste caso, pode proteger uma força atacante se for colocado em uma posição diferente dela, pois irá atrair a atenção das forças inimigas para um setor do qual não virá o ataque (VENÂNCIO; FELDENS, 2019). A situação em questão materializa uma possível vantagem de emprego dos UAV, se o inimigo não possuir a capacidade de engajar vários alvos ao mesmo tempo; caso contrário, esse benefício diminui sobremaneira, apesar de continuar sendo, ainda, bastante útil, visto que possibilita ao comandante da força mais opções na cena de ação, aumentando a flexibilidade.

O bloqueio eletrônico possui sua máxima efetividade quando a largura de banda do receptor radar (Br) e do bloqueador (Bj) são iguais, logo, sua razão (Br/Bj) é igual a 1. Além disso, para que o bloqueio seja bem executado, a potência do sinal do bloqueio deve exceder a potência do sinal radar (MARINHA DO BRASIL, 2016d). É necessário equipar o UAV com equipamentos capazes de gerar a energia adequada e, para que isso ocorra, a potência despendida do UAV precisa ser alta o suficiente para que seja realizado um bloqueio eficaz, sendo necessários equipamentos com potência suficiente, demandando sistemas maiores e mais pesados. Pelo fato de sua pequena RCS, os UAV poderiam chegar mais próximo do alvo, em comparação às aeronaves convencionais, possibilitando quantidade de energia menor para efetuar o bloqueio eletrônico.

Ehrhard (2010) defende que os UAV também foram empregados como dispensadores de *chaff* na Guerra do Vietnã. Na época, técnicas MAE de bloqueio eletrônico realizadas por UAV migraram para aeronaves convencionais. Através da tecnologia vigente naquele momento, as aeronaves não tripuladas não eram grandes o suficiente para transportar a engrenagem eletrônica necessária para efetuar o bloqueio adequado. Em contrapartida, um caça *EF-111A Raven* tinha a capacidade de carregar três toneladas de equipamento de bloqueio eletrônico, além de possuir dois motores *turbofan* de alta potência, que produziam a energia necessária para alimentar os sistemas de GE adequados com o intuito de bloquear os radares inimigos. O aumento da velocidade dos processadores e das taxas de transferência de dados levaram a uma nova era na fabricação de UAV, culminando em equipamentos cada vez menores e mais eficientes (ERDEMLI, 2009). A miniaturização dos circuitos oriunda dos constantes avanços tecnológicos resulta em *payloads* menores e mais satisfatórios, tornando os UAV cada vez mais leves e eficientes.

3.1.2 UAV em operações de SDAI

Além dos casos de autodefesa, um uso muito corriqueiro das MAE é a Supressão da Defesa Aérea Inimiga. Ela visa neutralizar, destruir ou temporariamente degradar a defesa antiaérea oponente, com o propósito de aumentar a segurança das operações aéreas, especialmente sobre terra. O emprego de MAE por aeronaves em operações ofensivas está diretamente relacionado com as atividades de SDAI. Para tal, podem ser empregadas aeronaves especializadas provendo proteção para o pacote de aeronaves de ataque, empregando entre outros sistemas, mísseis antirradiação. Esta mesma lógica pode ser

empregada em ações de Busca e Salvamento em Combate (C-SAR - *Combat Search And Rescue*), caso ainda exista uma defesa aeroespacial funcional sobre a área de operações (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

Missões SDAI já foram conduzidas por UAV e para que essas operações sejam mais eficazes, é necessário que haja uma miniaturização das armas com poder destrutivo necessário. Assim, seria possível equipar os UAV com os armamentos necessários ao cumprimento desse tipo de missão como, por exemplo, a possibilidade de emprego do míssil antirradiação HARM (*High-Speed Antiradiation Missile*), o qual tem capacidade de ser implantado num UAV *Predator B* e pode mudar o conceito das operações SDAI no futuro (ERDEMLI, 2009).

3.2 Emprego de UAV em MAGE

As perspectivas de preservação da vida e mitigação de custos e recursos em situações de guerra já são disseminadas entre as grandes potências bélicas do mundo e incentivaram a introdução do UAV em diversos conflitos bélicos. A motivação para que os pesquisadores desenvolvessem trabalhos sobre o assunto surgiu da rápida difusão dessa plataforma pelas principais forças armadas do mundo. Esse fenômeno propagou o interesse e o desenvolvimento de estudos no intuito de empregar UAV como plataforma viável aos equipamentos MAGE (SIMÕES *et al.*, 2020).

Além disso, como sistemas MAGE, os UAS são empregados em missões como RWR, sistemas MAGE para interceptação e aquisição de transmissões do inimigo e *Direction Finding* (DF - medida da direção a partir da qual um sinal recebido foi transmitido, a qual permite a obtenção das LDP do alvo) (ERDEMLI, 2009).

Os sistemas MAGE são passivos, ou seja, eles não precisam emitir EEM durante sua operação, para interceptar os sinais da ameaça, sendo essa uma de suas maiores vantagens, pois é possível interceptar as transmissões adversárias sem que esse fato denuncie a posição da força.

Por exemplo, um Receptor de Alerta Radar (RWR - *Radar Warning Receiver*, o qual é um sistema MAGE, cuja principal função é o alerta contra ameaças imediatas) pode ser uma fonte de informações vitais, especialmente quando correlacionando informações que possibilitem uma consciência situacional mais completa e precisa da OBE inimiga. O objetivo principal é a integração das entradas de todos os sensores do veículo, ou, no caso de sistemas menores e

mais distribuídos, que empregam uma mistura heterogênea de sensores, busca-se a integração de todos os sensores de todos os veículos (ERDEMLI, 2009).

Erdemli (2009) defende que a precisão de DF aumenta, à medida que mais plataformas estão disponíveis para coletar dados. Outro fator relevante é que os UAS podem desempenhar um papel muito importante neste tipo de missão MAGE, por serem mais baratos e não transportarem tripulantes a bordo, de tal forma que eles podem ser enviados ao território inimigo sem colocar em risco os pilotos dos meios convencionais.

Para realizar a busca de interceptação MAGE por plataformas aéreas, geralmente deve-se voar nos maiores níveis possíveis, com a intenção de aumentar o alcance do horizonte rádio. Em algumas situações especiais, principalmente sobre o mar e em regiões que apresentem alto índice de umidade, como a região amazônica, há maior possibilidade de formação de neblinas. Nessas situações, a aeronave poderá ter que adequar seu perfil de voo aos efeitos desses fenômenos, como voar em níveis mais baixos, por exemplo (MARINHA DO BRASIL, 2016c).

A plataforma não tripulada de Guerra Eletrônica pode ser empregada em ações de preparação para um ataque, dado que um UAV poderia mapear a OBE inimiga com um voo de penetração nas defesas do alvo (NOGUEIRA, 2008). As ações de SDAI poderiam também ser conduzidas por uma Força-Tarefa Anfíbia (ForTarAnf) sobre região litorânea hostil durante operação de Projeção de Poder Sobre Terra, atuando contra sistemas de radares de vigilância, equipamentos de direção de tiro e na busca de alvos.

A relação entre MAGE e SIGINT engloba a ELINT⁴ e COMINT⁵, além de estar intimamente concatenada, pois ambas compartilham as funções comuns de pesquisa, interceptação, identificação, localização e exploração do EEM. A SIGINT é definida como uma categoria de inteligência que compreende individualmente, ou conjuntamente, toda a inteligência de comunicações e inteligência eletrônica (UNITED STATES AIR FORCE, 2002).

4 PRINCIPAIS UAV UTILIZADOS EM GE

4 Inteligência técnica e de geolocalização derivada de radiações eletromagnéticas que não são concernentes a sistemas de comunicações e são utilizados por alvos de interesse (UNITED STATES AIR FORCE, 2002).

5 Informações técnicas e de inteligência derivadas de sistemas de comunicações oriundos de alvos de interesse (UNITED STATES AIR FORCE, 2002).

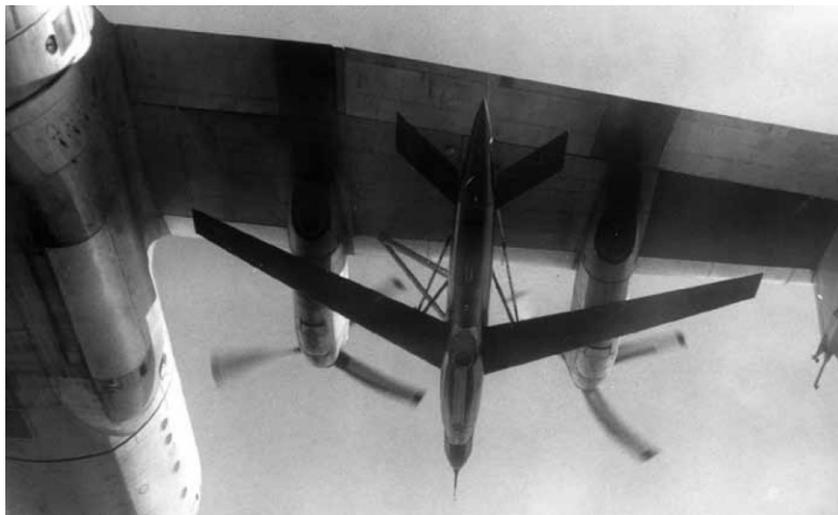
Neste tópico, através de pesquisa da literatura, serão estudados os principais UAV utilizados em GE por alguns dos países detentores dessa tecnologia, denotando suas características e funcionalidades. Segundo Erdemli (2009), o emprego de UAV em operações militares está crescendo diariamente, e alguns países estão investindo fortemente em veículos aéreos não tripulados com *payloads* de GE.

A corrida armamentista que envolve as grandes potências é alicerçada em pesquisas sigilosas, principalmente no que tange ao emprego de UAV em GE (ERDEMLI, 2009). As fontes fidedignas acessíveis permitem ao leitor a quantidade de informações necessária para não prejudicar o prosseguimento dessas pesquisas.

4.1 Estados Unidos da América (EUA)

Nos EUA, a empresa *Teledyne Ryan* desenvolveu uma família de veículos aéreos não tripulados que foram usados em uma variedade de missões, incluindo reconhecimento, SIGINT, bloqueio eletrônico, *decoys* e lançamento de folhetos (JAMES, 2000). Uma das linhas de produção da *Teledyne*, o *147* (*147A*, *147B*, *AQM-34*, *BQM-34*) foi um dos UAV mais empregados ao longo da história, sendo lançados pela primeira vez em 1951. Além de serem utilizados na Guerra do Vietnã para voos de reconhecimento sobre o Vietnã do Norte. Durante esse conflito, mais de 1.000 veículos *Ryan 147 Lightning Bug*, pilotados remotamente, voaram 3.435 missões de combate com uma taxa de perda de 4%, o que evitou muitos incidentes internacionais em potencial e a perda de inúmeras aeronaves tripuladas muito mais caras (WAGNER, 1982).

Figura 8: UAV *AQM-34* acoplado à asa de uma aeronave convencional.



Fonte: (EHRHARD, 2010).

Os *Global Hawk* também são UAV de renome mundial, os quais são produzidos pela multinacional americana *Northrop Grumman*. Esses UAV são empregados para missões de reconhecimento aéreo de longa duração e grande autonomia, fornecendo imagens de alta resolução, quase em tempo real, de significativas áreas geográficas. Para aumentar a capacidade de sobrevivência, a aeronave voa a uma altitude de 20.000 m, o que minimiza a exposição aos mísseis superfície-ar (MSA). O sistema modular de autodefesa da aeronave inclui um equipamento RWR e um sistema de bloqueio eletrônico a bordo, além de serem equipados também com *payloads* de ELINT (AIRFORCE TECHNOLOGY, 2021).

Esses UAV desempenharam papel fundamental durante a Guerra do Iraque, localizando treze baterias de mísseis superfície-ar, cinquenta lançadores MSA, mais de setenta veículos de transporte MSA e mais de 300 tanques, no decorrer de dezesseis missões (AIR FORCE TECHNOLOGY, 2009, apud ERDEMLI, 2009). Mesmo que os *Global Hawk* tenham voado apenas 5% das missões de grande altitude da Guerra do Iraque, eles foram responsáveis pela obtenção de 55% dos alvos que exigiam resposta imediata de ataque pelas forças americanas, sendo esses oriundos da defesa aérea inimiga (U.S. AIR FORCE, 2005). Erdemli (2009) explica também que durante a Guerra do Iraque, a capacidade de compartilhar dados em tempo real tornou o UAS vital para as operações. Além disso, segundo afirma Khan (2005), os *Global Hawk* também foram utilizados durante a Guerra do Afeganistão, gerando imagens de vigilância e reconhecimento de alvos inimigos em potencial. Estes dados demonstram o alto nível de confiança no desempenho dos UAS em combate, para missões que envolvam equipamentos MAGE e ELINT, auxiliando sobremaneira no planejamento,

mapeamento do território e mensuração das capacidades do inimigo. Isso gera relevante vantagem, visto que possibilita às forças amigas melhor planejamento do combate, propiciando a iniciativa das ações.

Figura 9: UAV *Global Hawk* durante voo de reconhecimento.



Fonte: (AIRFORCE TECHNOLOGY, 2021).

Outro UAV de considerável relevância é o *MQ-9 Reaper* da empresa americana *General Atomics*. Conhecido por *Predator B*, ele é um UAV multipropósito que possui autonomia de mais de 27 horas, velocidade de aproximadamente 240 nós, podendo operar numa altitude de até 15.000 m, além de ter capacidade de carregar até 1.361 Kg de *payload*. A aeronave apresenta *payload* com capacidades variadas, destacando-se seus sensores radar de vigilância marítima, seu sistema MAGE-SIGINT embarcado, além de inúmeros armamentos (GENERAL ATOMICS, 2021).

Na Guerra do Afeganistão, UAV *Predator* (antecessor dos *Predator B*) armados com mísseis ar-superfície (ASM - *Air to Surface*) *Hellfire*, foram usados contra alvos fixos e móveis e seus recursos de reconhecimento e ataque foram aplicados durante a mesma missão sem qualquer risco à tripulação (PARKER, 2002). Em outubro de 2000, um *Predator* disparou com sucesso um míssil *Hellfire* contra um carro que transportava seis suspeitos da *Al-Qaeda* no Iêmen (KHAN, 2005). Há registros de dois ataques do *Predator* na Guerra do Iraque, em março de 2003: um contra um veículo antiaéreo e outro contra uma antena parabólica de televisão. Também se sabe que esse UAV foi usado com sucesso como um recurso SDAI no Kosovo (PARDESI, 2005).

De acordo com Hambling (2020), o general iraniano Qassem Soleimani foi morto por um ataque de *MQ-9 Reaper*, mostrando que eles são empregados contra alvos de maior valor, em ataques que necessitem de elevada precisão de tiro. O *Predator B* é considerado um dos recursos mais letais das forças armadas dos EUA, sendo capaz de ser lançado de bases aéreas próximas à cena de ação, com autonomia de mais 27 horas, além de ser equipado com um conjunto de sensores sofisticados, uma mistura de mísseis *Hellfire* e bombas guiadas por laser e GPS.

O emprego de MAE por aeronaves em operações ofensivas está diretamente relacionado com as atividades de SDAI. Essas missões podem ser realizadas por UAV visando à proteção das aeronaves atacantes da força. As missões de SDAI se caracterizam, principalmente, pelo emprego de mísseis antirradiação, como já visto anteriormente. Apesar de não terem sido encontradas fontes fidedignas acessíveis, que comprovassem a utilização de mísseis antirradiação pelo UAV *Predator B*, dentre outros motivos, devido ao sigilo que encobre o assunto, sabe-se que existem estudos nesse propósito, conforme defende Erdemli (2009), ao explicar que pesquisas envolvendo o emprego do míssil antirradiação *AGM-88 HARM*, pelos *Predator B*, foram iniciadas no ano de 2009. Mísseis antirradiação representam um enorme impacto no cenário operacional, principalmente como fator de dissuasão, possuindo capacidade de lançamento através de plataformas navais, terrestres ou aéreas, sendo mais comum seu emprego a partir dessa última, em missões de SDAI (MARINHA DO BRASIL, 2016d).

Figura 10: UAV *Predator B*.

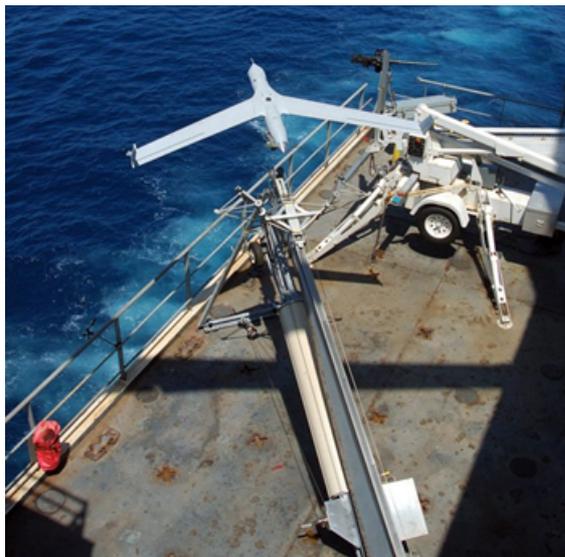


Fonte: (VALAVANIS; VACHTSEVANOS, 2015).

Outra empresa conceituada do mercado de UAV é a americana *Insitu*, que faz parte do grupo *The Boeing Company*. Como um de seus principais produtos, eles disponibilizam a aeronave não tripulada *Scan Eagle*, a qual foi adquirida pela MB recentemente. Essa aeronave possui renome mundial, sendo empregada pela *US Navy* há muitos anos, além de ser utilizada por mais de duas dezenas de países (CAIAFA, 2019). O *Scan Eagle* possui envergadura de 3,1 m, comprimento de 1,6 m, peso máximo de decolagem de 26.5 Kg, velocidade de cruzeiro de 50 a 60 nós e autonomia que pode exceder 18 horas. A potência para manter-se em voo vem de um motor dois tempos que funciona, dentre outros, com combustível *JP-5* (INSITU, 2020).

Caiafa (2019) explica que o Programa ARP-E (Aeronave Remotamente Pilotada - Embarcada), lançado pela Marinha do Brasil, preconiza a obtenção de cinco sistemas, que incluem uma Estação de Controle, antenas sinalizadoras e duas ou três aeronaves. Assim, o número total de UAV a serem adquiridos poderá variar entre 10 e 15 unidades. O *Scan Eagle* foi testado no litoral brasileiro com sucesso em fevereiro de 2014, tendo como plataforma um Navio-Patrolha Oceânico (NPaOc) da Classe Amazonas. Esse UAV deverá operar futuramente nas novas Fragatas da Classe Tamandaré. Saliencia-se que uma vantagem logística e operativa considerável da utilização do *Scan Eagle*, ocorre pelo fato de alguns navios da MB, como os próprios Classe Amazonas, já possuírem sistema de reabastecimento de combustível *JP-5*, o mesmo utilizado pelo UAV.

Esses UAV realizam tarefas de inteligência, vigilância e reconhecimento e são equipados com *payloads* que podem ser trocados durante as missões e serem capazes de rapidamente serem reconfigurados, para suportar uma ampla gama de tarefas de Guerra Eletrônica (INSITU, 2020). Por motivos já expostos neste trabalho, não se conseguiu maiores detalhes de como são realizadas as tarefas de Guerra Eletrônica desse UAV.

Figura 11: UAV *Scan Eagle* embarcado.

Fonte: (INSITU, 2020).

4.2 Israel

Israel é um dos países líderes na indústria de UAV, empregando-os com táticas inovadoras. Uma das chaves para o sucesso dos israelenses foi o uso inteligente do UAV durante suas operações de combate. Durante a Guerra dos Seis Dias, em 5 de junho de 1967, Israel usou UAV como *decoys* em seus ataques aéreos contra o Egito. Os israelenses enviaram vários UAV contra instalações egípcias, antes de enviarem suas forças de ataque. As forças de defesa aérea egípcia disparavam contra os UAV que se aproximavam, os quais pareciam ser aeronaves convencionais israelenses no visor do radar. Durante o período de recarga, aeronaves tripuladas atacaram os sistemas de defesa egípcios e neutralizaram a maioria deles (ARMITAGE, 1988). Outro uso operacional significativo de UAV, por Israel, ocorreu em 1982 no Vale do Bekaa, onde Israel usou inúmeros UAV *decoy Northrop Chukar BQM-74*, para atrair fogo dos sistemas *SA-6* da Síria, por meio dos quais foram extraídas informações necessárias sobre as frequências usadas pelas funções de busca, rastreamento e atividade de mísseis dos sistemas de combate sírios. Esses dados foram usados para realizar bloqueio eletrônico nos sistemas *SA-6* (ERDEMLI, 2009).

Figura 12: UAV *Northrop Chukar BQM-74* sendo alvejado por unidades de artilharia antiaéreas.



Fonte: (NORTHROP GRUMMAN, 2006).

Os UAS *Pioneer*, que foram desenvolvidos em conjunto entre a *Israel Aircraft Industries* (IAI) e *AAI Corporation*, foi o sistema mais versátil usado na Guerra do Golfo. O sistema foi projetado para realizar missões desarmadas de vigilância e reconhecimento do campo de batalha. Ele era lançado da terra ou do mar por meio de catapulta, ou pista de pouso e decolagem, sendo capaz também de enviar informações em tempo real, por vídeo analógico via link de dados de Linha de Visada (LOS - *Line Of Sight*). O sistema *RQ-2 Pioneer* desempenhou papel fundamental na Guerra do Golfo, Somália, Bósnia, Kosovo e Iraque, sob comando do Exército, Marinha e Fuzileiros Navais dos EUA. Ele também esteve em serviço com forças patrocinadas por Israel e Cingapura (STAFF WRITER, 2017).

Após a Guerra do Golfo, os relatórios do combate observaram que as informações coletadas não chegaram aos comandantes no TO a tempo hábil para auxiliar na tomada de decisão. Em contraste, muitos comandantes militares de alto escalão elogiaram os poucos UAV disponíveis no confronto em lide, como os *Pioneer*. O motivo pelo qual os líderes seniores elogiaram esses UAV foi que eles permitiram aos tomadores de decisão, presentes na cena de ação, a obtenção de informações em tempo real, ou quase isso. Como resultado, posteriormente, os UAV tiveram forte demanda durante as operações dos EUA na Bósnia e Kosovo (JAMES, 2000).

Essas operações mostraram que os *Pioneer* tinham potencial para preencher a lacuna entre plataformas aéreas tripuladas e plataformas de reconhecimento por satélite. Como as aeronaves convencionais *RF-4* foram aposentadas, um dos principais usos do *Pioneer* foi preencher a lacuna criada pela aposentadoria de aeronaves de reconhecimento tripuladas (KURKCU; OVEYIK, 2008). Os *Pioneer* da *US Navy* voaram 318 horas e 138 missões

durante a Operação Escudo do Deserto e 185 missões e 662 horas durante a Operação Tempestade no Deserto (JAMES, 2000). Os *Pioneer* foram retirados de fabricação em 2007, mas seu legado deixou uma série de aprendizados provenientes da utilização de UAV em GE, o que justifica seu estudo neste trabalho.

Figura 13: Um *Pioneer RQ-2* pronto para lançamento durante a operação Escudo do Deserto.



Fonte: (VALAVANIS; VACHTSEVANOS, 2015).

Em setembro de 2005, o governo israelense concedeu um pedido de aquisição de US\$ 50 milhões para o UAV *Heron* da IAI (RICHARDSON; RICHARDSON, 2004). Os *Heron* são sistemas projetados para executar missões de grande autonomia, contando com até 45 horas de voo ininterruptas, além de possuir *payloads* de COMINT, ELINT e MAGE. Outra característica relevante desse UAV é sua capacidade de suportar até 470 Kg de *payload*, que o permite estar equipado com expressiva quantidade de equipamentos para o cumprimento de sua missão (IAI, 2021).

Figura 14: UAV *Heron* da IAI.

Fonte: (IAI, 2021)

Outra empresa muito forte do ramo de aeronaves não tripuladas é a israelense *ELBIT Systems*, a qual produz o *Hermes 900*, que é um UAV de médias altitudes e grande autonomia, multipropósito e possui capacidade de realizar missões de inteligência, vigilância, aquisição de alvos e reconhecimento. O *Hermes 900* incorpora múltiplos *payloads* com configurações flexíveis de última geração, destacando-se suas funções de COMINT e MAGE (ELBIT SYSTEMS, 2021). O *Hermes 900* é utilizado pela FAB e foi adquirido em 2014. Além do Brasil, México, Colômbia e Chile são outros países que também operam esse UAV (FORÇA AÉREA BRASILEIRA, 2014).

Figura 15: *Hermes 900*.

Fonte: (ELBIT SYSTEMS, 2021).

4.3 Alemanha

Na Alemanha, a *Rheinmetall Defense Electronics* vem desenvolvendo uma versão para GE do UAV *Kleinfluggerät Zielortung* (KZO), que é usado para fins de reconhecimento. A versão *Mucke* do UAV KZO carrega um *payload* de MAE que possui um bloqueador de radar programável a bordo. A *Rheinmetall Defense Electronics* também desenvolveu a versão UAV *Fledermaus* KZO dotada de um *payload* de MAGE, que inclui sistemas para interceptar e adquirir radares e transmissões de rádio que fornecem informações de posição e características de sinal dos alvos. O exército alemão está em campo com o UAV KZO desde suas operações no Afeganistão em fevereiro de 2006 (ARMY TECHNOLOGY, 2021).

Figura 16: UAV KZO *Mucke*.



Fonte: (ARMY TECHNOLOGY, 2021).

4.4 China

HSU *et al.* (2013) defendem que a *Xi'an ASN Technology Group Company* é uma das organizações mais proeminentes e prolíficas da China. O Exército de Libertação do Povo (ELP) fez um acordo com a *Xi'an* para desenvolver um UAV para Medidas de Ataque Eletrônico de baixa autonomia. Esse é o UAV *ASN-206*, cuja produção começou em 1996 e possui um *payload* de MAE que permite bloquear comunicações na faixa entre 20-500 Megahertz (KUNKEL, 2008 apud ERDEMLI, 2009).

O complexo militar-industrial chinês continua a evoluir em um ritmo acelerado, conforme mostra sua coleção crescente de veículos aéreos não tripulados ativos e em desenvolvimento. Isso é materializado por equipamentos como o UAV *ASN-209 Silver Eagle* (evolução do *ASN-206*), cuja produção se iniciou em 2011 e é capaz de realizar missões de média altitude e média autonomia, em serviço pelo ELP. O desenvolvimento dessa aeronave começou em 2011 e ele tem capacidade de cumprir uma variedade de funções, incluindo designação e rastreamento de alvos, ELINT e outras funções de GE (STAFF WRITER, 2020). Não foi possível obter maiores detalhes sobre as funções específicas de GE do *ASN-209*.

Figura 17: UAV *ASN-209 Silver Eagle*.



Fonte: (STAFF WRITER, 2020).

4.5 Austrália

Outra nação expoente na tecnologia de aeronaves não tripuladas é a Austrália, que se destaca através da sua empresa *Textron Systems*. Projetado para operações expeditórias em terra e no mar e equipado com sensores que permitem realizar missões de COMINT, SIGINT, MAE e MAGE, o UAV *Aerosonde* da *Textron Systems* oferece desempenho confiável, sendo comprovado em campo com mais de 500.000 horas de operação, abrangendo desde o calor do deserto ao frio do Ártico (TEXTRON SYSTEMS, 2021).

Figura 18: UAV *Aerosonde* da Textron Systems.

Fonte: (TEXTRON SYSTEMS, 2021).

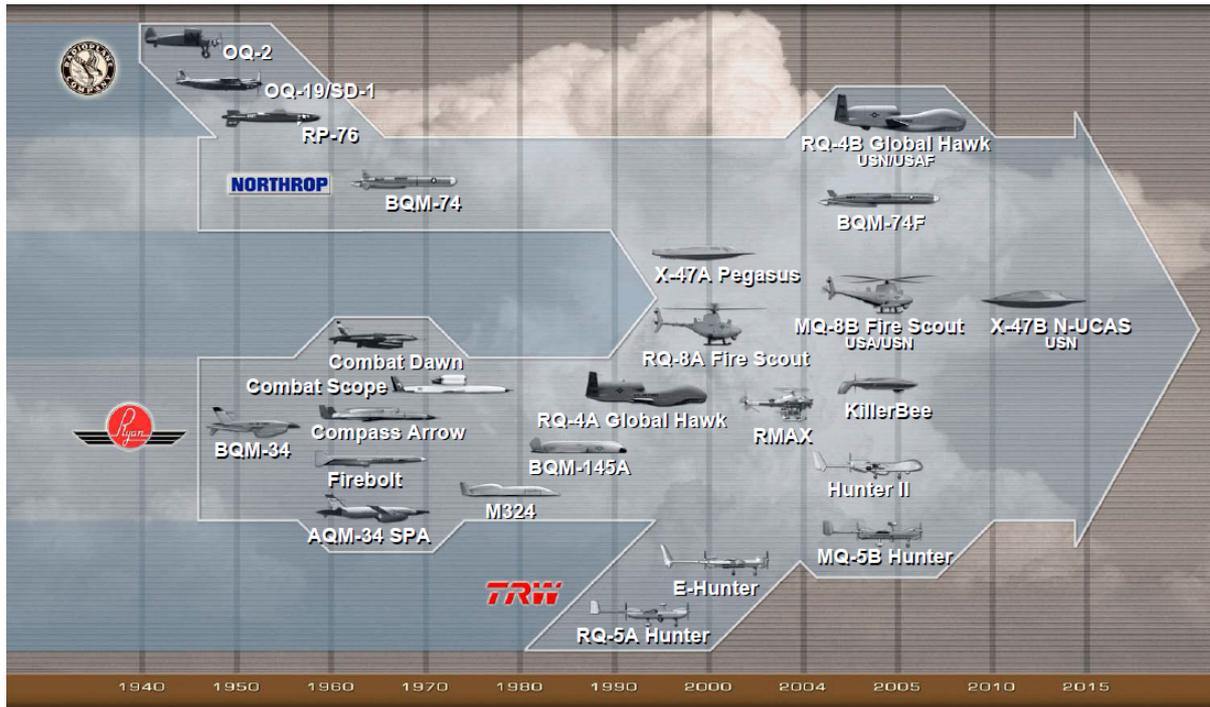
A *Defense Science and Technology Organization* (DSTO), que faz parte do Departamento de Defesa da Austrália, conduziu uma série de testes para demonstrar as capacidades de GE do UAV *Aerosonde* durante operações marítimas de guerra eletrônica. O UAV foi projetado, construído e operado pela *Aerosonde Ltd.* (a qual faz parte, hoje, da *Textron*), e os *payloads* foram projetados, construídos e operados pela DSTO. Durante esses testes, um radar de navegação foi usado para verificar os *payloads* de MAE. Um segundo UAV, com *payload* contendo um repetidor de radiofrequência, foi usado e operou em conjunto com o primeiro UAV. Como resultado, o radar de navegação do navio, cujo *display* está expresso na Figura 19, foi bloqueado com sucesso (FINN; BROWN; LINDSAY, 2002).

Figura 19: Tela do radar de navegação mostrando a interferência causada pelo UAV de MAE.



Fonte: (FINN; BROWN; LINDSAY, 2002).

Figura 20: Evolução dos UAV no decorrer dos anos.



Fonte: (NORTHROP GRUMMAN, 2006).

Como visto neste capítulo, a indústria de fabricação de UAV é bastante vasta e diversificada. Através da Figura 20, é possível percorrer parte da história da evolução dessas aeronaves. Novas melhorias na tecnologia permitem que sistemas melhores e mais complexos sejam construídos e, futuramente, os sistemas não tripulados poderão substituir, cada vez mais, as aeronaves militares tripuladas, como já acontece em diversas situações do cotidiano.

5 POSSIBILIDADES DE EMPREGO DE UAV EM MGE PARA A MARINHA DO BRASIL

Este capítulo abordará as propriedades dos UAV com capacidade de MGE para a MB, mais especificamente no que tange às técnicas de MAE e MAGE, de acordo com o que foi exposto no decorrer do trabalho. Essas atividades foram abordadas com a finalidade de simplificar ao máximo o entendimento das diversas capacidades técnicas dessas aeronaves, de acordo com as funções de seus respectivos *payloads*. Outras possibilidades de emprego também serão exploradas, como inteligência, vigilância e reconhecimento, proporcionadas pela recente aquisição do UAV ISR *Scan Eagle* pela Marinha.

5.1 UAV com capacidade MAE

No que tange ao emprego de *decoys* no cenário naval, poder-se-ia lançar UAV como *decoys* ativos para despistar navios inimigos em combate, visando obter informações que privilegiassem o posterior ataque pelas forças navais amigas. Seria possível, então, obter informações a respeito do sistema de combate da ameaça e de sua posição, para que fosse realizado engajamento preciso sobre os alvos, o que se apresenta como um grande benefício para a MB.

O UAV *Northrop Chukar BQM-74* comprovou a viabilidade do emprego de aeronaves não tripuladas embarcadas como *decoys*. Apesar de ser um equipamento antigo, o objetivo é abordar as suas qualidades de despistamento, que ainda apresentam grandes benefícios no cenário da guerra moderna e seriam de grande valia à Marinha do Brasil para tarefa semelhante.

No que tange às ações de bloqueio eletrônico, o emprego de UAV com essas capacidades, como o *KZO Mucke*, *Global Hawk* e o *Aerosonde*, daria à MB a capacidade de gerar interferência nos equipamentos inimigos em combate, apresentando enorme vantagem tática. O emprego de tais UAV durante um combate permite realizar o bloqueio preciso nos sistemas radares inimigos, enquanto os meios da força naval realizam o ataque oportuno.

No que tange ao emprego de UAV em missões SDAI, o *Predator* já demonstrou sua eficácia em combate e sua propriedade de carregar mísseis nas asas traz inúmeras possibilidades a serem exploradas pela MB.

Como formas de emprego desse UAV para a Marinha do Brasil, pode-se citar a execução da Tarefa Básica do Poder Naval de Projeção de Poder Sobre Terra. O *Predator B* poderia, aproveitando-se dos seus recursos de reconhecimento e ataque preciso, ser aplicado para destruir alvos em litoral hostil, antecipando o desembarque das tropas na região com redução significativa de risco aos combatentes. Além disso, essa aeronave poderia substituir, com limitações, a aviação de asa fixa embarcada em Navio-Aeródromo (NAe), neste momento em que a MB se apresenta sem porta-aviões.

Mais uma capacidade oriunda da aquisição dos *Predator B* para a MB surge da outra Tarefa Básica do Poder Naval de Controle de Área Marítima. Esse UAV traria forte apoio nesse tipo de operação, reforçando a presença da MB e o monitoramento da Amazônia Azul, podendo atuar conjuntamente aos meios navais contra possíveis ameaças no território

marítimo brasileiro, seja em tempo de guerra, seja em tempo de paz. Outros UAV de GE também realizam tarefa semelhante, sem armamento, controlando sem atacar.

5.2 UAV com capacidade MAGE

Dentre esses UAV, destacam-se suas capacidades de DF, RWR e sistemas MAGE para interceptação e aquisição de transmissões do inimigo.

UAV com capacidade DF permitem a obtenção de LDP para o cálculo da localização da ameaça, sendo necessária, para isso, apenas uma aeronave. Essa característica traz expressiva vantagem tática para MB, pois não seria mais necessário empregar meios navais convencionais à cena de ação com esse objetivo.

Outro significativo benefício é alcançado por meio de um UAV com capacidade RWR para proporcionar o alerta antecipado da presença de forças inimigas. Essa seria outra inédita oportunidade para MB, pois aumentaria a capacidade ofensiva na guerra de superfície, com a utilização de UAV para transmissão das coordenadas de um alvo além do alcance radar.

Dentre os UAV com *payload* MAGE, destacam-se o *Hermes 900*, *Predator B*, *Aerosonde*, *Heron* e *Global Hawk*. Os equipamentos MAGE a bordo dos navios da Esquadra são em pequeno número, o que fortalece o argumento de que é necessário adquirir mais sistemas desse tipo, para o melhor aprestamento da força.

A questão dos custos é outra forma comparativa que demonstra as vantagens de UAV MAGE em relação a navios. Enquanto um UAV *Hermes 900* custa US\$ 8 milhões (PEREZ, 2014), uma Fragata Classe Tamandaré, a qual possuirá equipamento MAGE, possui valor de US\$ 425 milhões (PADILHA, 2021). Essa comparação, apesar de ter sido feita através de dois meios totalmente distintos, demonstra que, por um valor bem inferior, pode-se ter um sistema que executa operações MAGE.

A partir da aplicação de UAV MAGE seria possível o incremento das capacidades de interceptação dos sinais emitidos pelo inimigo, permitindo, como já mencionado, realizar a varredura de uma determinada área afastada da força de forma mais rápida e precisa, sem risco de perda de pessoal.

5.3 Outras possibilidades de emprego: inteligência, vigilância e reconhecimento

De acordo com as especificações do fabricante, o *Scan Eagle* possui características de GE, todavia, como já foi explicitado no capítulo 4, não foi possível abordá-las. Por isso, serão aqui consideradas suas características como um UAV ISR, que se destaca como um componente aéreo básico das forças armadas modernas, oferecendo rastreamento do campo de batalha em tempo real e designando as posições inimigas, mesmo com a restrição de alcance máximo de 55 MN de sua Estação de Controle (INSITU, 2020).

Segundo Neves e Giannini (2021), essas aeronaves poderão operar com os navios da Classe Tamandaré, Navio Doca Multipropósito (NDM) Bahia, Navio-Aeródromo Multipropósito (NAM) Atlântico e Navios-Patrolha Oceânicos Classe Amazonas. Em suma, elas serão uma extensão dos sensores desses navios, viabilizando significativo aumento da flexibilidade na realização das mais diversas tarefas, com importantes evoluções nos procedimentos operativos da MB. O emprego do *Scan Eagle* e dos demais UAV já apresentados, pode substituir, com limitações, aeronaves convencionais que seriam utilizadas em tarefas semelhantes a partir de porta-aviões. Seu uso, portanto, contribuiria para fechar a lacuna de possibilidades futuras de emprego, que foi aberta com a baixa do NAe São Paulo.

Essa integração terá significativa importância estratégica para o Brasil, reforçando seu poder de dissuasão, pois o monitoramento da Amazônia azul será muito mais eficaz e eficiente, inibindo, potencialmente, ações hostis na região, além de reforçar a vigilância das áreas de interesse nacionais. Como eles possuem a capacidade de ser lançados de navios, sua eficiência é aumentada, na medida em que sua decolagem pode ser efetuada o mais próximo possível da área de interesse, com raio de ação de até 55 MN do navio lançador.

O Controle de Área Marítima terá grande reforço com o uso desses UAV, visto que os *Scan Eagle* podem alcançar velocidades entre 50 e 60 nós, sendo capazes de chegar a uma determinada região com maior rapidez que meios navais convencionais. Soma-se a isso suas mais de 18 horas de voo ininterruptas, sendo necessário, apenas, o revezamento de operadores de acordo com seus quartos de serviço.

A capacidade de mapear uma área inimiga com segurança, pelo *Scan Eagle*, propiciará enorme vantagem tática, pois esse UAV possui pequena RCS, o que proporciona reduzida possibilidade de ser detectado.

Através da capacidade de tais aeronaves poderem operar com as Classe Tamandaré, espera-se que essas fragatas, assim como os demais navios de escolta, realizem engajamento de alvos de superfície além do horizonte radar.

Como outra eminente oportunidade de emprego, o *Scan Eagle* será peça essencial para a Tarefa Básica do Poder Naval de Projeção de Poder Sobre Terra. Sua capacidade de reconhecimento da área de litoral hostil, sem haver a necessidade de envio de tropas para fazer o mapeamento antecipado do território, apresenta considerável vantagem em combate, possibilitando a identificação e posição precisa dos alvos pelos meios navais da força. Em seguida, após o ataque e posterior verificação, poderá haver o desembarque da tropa na cabeça de praia, dando continuidade à operação de forma mais segura (NEVES; GIANNINI, 2021).

Além do mais, Neves e Giannini (2021) explicam que quando se utiliza o *Scan Eagle* em sincronismo com a tropa de desembarque na cabeça de praia, o UAV pode ajudar na tomada de decisão, direcionando os combatentes às posições futuras a serem conquistadas, orientando-os para um ponto onde exista determinada fraqueza das forças inimigas.

5.4 Desafios enfrentados

Não é realizado emprego de UAV em GE atualmente na MB. Isso ocorre, em grande parte, pela ausência de recursos para essa área, culminando na falta de conhecimento, equipamentos e ferramentas específicas. Soma-se a isso os demais projetos em aberto na Marinha do Brasil, como as Fragatas Classe Tamandaré, o PROSUB e, ainda, os gastos inerentes à manutenção dos meios atualmente empregados (NEVES; GIANNINI, 2021), que possuem prioridade em relação ao investimento nessas inovações tecnológicas.

Para que essa situação seja revertida, o ideal seria dar mais relevância às pesquisas que envolvem a utilização dos UAV nas forças navais, priorizando, de acordo com as demandas da MB, a aquisição desses sistemas dentro das demandas do Programa de Reparcelamento da Marinha (PRM), por ser uma tecnologia que, a cada dia, mostra-se mais eficiente e flexível.

Ademais, deve-se adaptar a doutrina de GE para tirar o máximo proveito dessa ferramenta, colocando, assim, o UAV de Guerra Eletrônica dentro do escopo dos meios da Marinha do Brasil. Dessa forma, a questão da criação de doutrina específica de seu emprego é latente e deve ser levada em consideração.

Outro ponto a ser considerado é o custo dessas aeronaves. Aproximadamente, a partir da compra de três *Scan Eagle*, é possível adquirir um *Predator B*, que é tido como um dos UAV mais poderosos e modernos do mundo, e está avaliado em US\$ 17 milhões (INSINNA, 2020). O *Predator B*, além de todas as aptidões já anunciadas, é um UAV que possui grande

capacidade ISR, assim como o *Scan Eagle*. Mesmo que esse UAV ISR de ataque seja cerca de três vezes mais caro, é válido o questionamento a respeito de qual aeronave apresentaria maiores vantagens táticas e operacionais à MB. É importante ressaltar que o UAV em questão é item de tecnologia sensível e que, além dos recursos financeiros, possivelmente haverá esforço diplomático envolvido para a aquisição da aeronave em si e de seus *payloads*.

6 CONCLUSÕES

Verificou-se que UAV de GE já são amplamente utilizados por países e, conforme demonstram alguns autores citados neste trabalho, possuem considerável importância no contexto das guerras modernas, proporcionando expressivos benefícios aos detentores dessa tecnologia. Como visto, tais aeronaves podem ser empregadas em missões de SDAI, bloqueio eletrônico, *decoys* ativos, RWR, DF e MAGE, e suas aplicações podem conferir uma expressiva gama de aplicações táticas, operacionais e estratégicas inéditas para a MB.

Considera-se também as formas de emprego como inteligência, vigilância e reconhecimento, que são angariadas a partir do *Scan Eagle* - o precursor dos UAV embarcados em navios da Marinha - o qual é uma ponte para uma nova mentalidade na MB e pode ser considerado um elemento de expressiva relevância para o futuro da doutrina da Marinha, visto que, até então, não há princípios que regem a capacidade de operação do binômio navio x UAV. Ademais, é relevante citar que, futuramente, a partir da familiarização do *Scan Eagle*, uma série de outras tarefas podem vir a ser operacionalizadas, com novas aquisições de diferentes aeronaves não tripuladas com capacidade de executar missões de Guerra Eletrônica, as quais poderão operar em conjunto, flexibilizando as ações na execução das mais diversas tarefas.

Esse UAV ISR será peça essencial no apoio às Tarefas Básicas do Poder Naval. No tocante à Projeção de Poder Sobre Terra, tal aeronave permitirá maior percepção situacional em combate, disponibilizando ao Comandante da ForTarAnf as informações necessárias para um melhor cumprimento da missão. Além disso, quando tal aeronave for implementada em sincronismo com os movimentos dos militares que desembarcarão na região inimiga, permitirá ao comandante da tropa maior flexibilidade nas ações e auxílio na tomada de decisão. No que diz respeito ao Controle de Área Marítima, o *Scan Eagle* trará significativo reforço, sendo capaz de chegar a uma determinada região com maior rapidez que meios navais convencionais e transmitir imagens da área de interesse em tempo real.

A partir da baixa do NAe São Paulo, algumas das tarefas realizadas pelos UAV já mencionados neste trabalho, operando simultaneamente com os meios navais da MB, podem substituir, com limitações, o que aeronaves convencionais de asa fixa fariam a partir daquele navio. A utilização desses sistemas não tripulados assistiria, sobremaneira, o fechamento do hiato de possibilidades futuras de emprego, que foi aberto com a baixa do Navio-Aeródromo em lide.

Além disso, UAV como o *Predator B*, que possuem *payloads* dotados de tecnologia sensível, podem ser de difícil obtenção, abrangendo não somente questões monetárias, como também esforços diplomáticos. Essa circunstância pode resultar em soluções alternativas, culminando com o envolvimento das outras Forças Armadas, ou, até, com a atuação do Ministério da Defesa para o desenvolvimento dessas aeronaves não tripuladas.

Não obstante restrições no orçamento, é necessário que seja dada maior prioridade no investimento em UAV de GE dentro do PRM, visando ao aumento da eficiência operacional dos meios navais da Marinha do Brasil no ambiente da guerra moderna, a qual exige sistemas cada vez mais tecnológicos, versáteis e eficientes. Para que essa situação seja conquistada, o ideal seria estudar as possibilidades de emprego dos UAV nas forças navais e, a partir das conclusões, alocar paulatinamente recursos necessários à implementação, dando seguimento à nova mentalidade que está nascendo na MB, a partir da aquisição dos *Scan Eagle*.

Por fim, o futuro investimento em UAV de Guerra Eletrônica, além de possibilitar o domínio dessa nova tecnologia, aumentaria a capacidade do Poder Naval com reflexos positivos no cumprimento de suas missões; avultaria expressivamente seu poder de dissuasão; e asseguraria a soberania do Brasil, reforçando a defesa dos interesses nacionais.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Por este TCC apresentar as capacidades de emprego de UAV em GE de forma não exaustiva, uma série de outros assuntos ainda podem ser explorados e estudados. Como trabalhos futuros, sugere-se o emprego de UAV em missões SDAI, enfatizando a dinâmica do combate e a coordenação dos meios convencionais e das aeronaves não tripuladas, conjuntamente; possibilidade de enfretamento a forças navais inimigas, utilizando-se, somente, UAV; utilização de ferramenta multicritério para apoio à decisão na aquisição de UAV ISR para a MB; e estudo das táticas de defesa dos UAV quando em missões de bloqueio eletrônico SOJ, EJ e SSJ.

REFERÊNCIAS

- AIRFORCE TECHNOLOGY. **RQ-4A/B Global Hawk HALE Reconnaissance UAV**. Disponível em: <<https://www.airforce-technology.com/projects/rq4-global-hawk-uav/>>. Acesso em: 9 mar. 2021.
- ARJOMANDI, M. et al. Classification of unmanned aerial vehicles. **Report for Mechanical Engineering class, University of Adelaide, Adelaide, Australia**, 2006.
- ARMITAGE, M. Brasseys Unmanned Aircraft. **McLean, Virginia: Brassey's Defense Publishers**, 1988.
- ARMY TECHNOLOGY. **KZO Reconnaissance and Target Acquisition UAV**. Disponível em: <<https://www.army-technology.com/projects/brevel/>>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- BBC. **Como o uso de drones mudou o cenário dos combates no Oriente Médio**. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-49748760>>. Acesso em: 24 jan. 2021.
- CAIAFA, R. **UAS SCAN EAGLE para a MARINHA do BRASIL**. Disponível em: <<https://tecnodefesa.com.br/uas-scan-eagle-para-a-marinha-do-brasil/>>. Acesso em: 3 mar. 2021.
- CLAPPER, J. et al. Unmanned systems roadmap 2007-2032. **Office of the Secretary of Defense**, v. 188, 2007.
- CORDESMAN, A. H. **The lessons of Afghanistan: War fighting, intelligence, and force transformation**. [s.l.] Csis, 2002.
- EHRHARD, T. P. **Air Force UAV's: The Secret History**. [s.l.] Mitchell Inst for Airpower Studies Arlington VA, 2010.
- ELBIT SYSTEMS. **Hermes 900**. Disponível em: <<https://elbitsystems.com/product/hermes-900-5/>>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- ERDEMLI, M. G. **General Use of UAS in EW Environment-EW Concepts and Tactics for Single or Multiple UAS Over the Net-Centric Battlefield**. [s.l.] NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL MONTEREY CA, 2009.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Order 7610.4J: special military operations. 2001.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **UAS LEP INITIATIVE SPANISH GLOSSARY**. Disponível em:

<https://www.faa.gov/uas/espanol/glosario/media/UAS_LEP_Initiative_Glossary.pdf>.

Acesso em: 15 fev. 2021.

FINN, A.; BROWN, K.; LINDSAY, T. **Miniature uav's & future electronic warfare**. Land Warfare Conference. **Anais...**2002

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. **Hermes 900 reforça capacidade operacional da FAB no reconhecimento eletrônico**. Disponível em:

<<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/18093/REAPARELHAMENTO---Hermes-900-reforca-capacidade-operacional-da-FAB-no-reconhecimento-eletronico>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

GENERAL ATOMICS. **MQ-9A Reaper**. Disponível em: <<https://www.ga-asi.com/remotely-piloted-aircraft/mq-9a>>. Acesso em: 19 mar. 2021.

HAMBLING, D. **Why The Air Force Needs A Cheaper Reaper**. Disponível em:

<<https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2020/06/10/why-the-air-force-needs-a-cheaper-reaper/?sh=4c9d156d946f>>.

HSU, K. et al. **China's military unmanned aerial vehicle industry**. [s.l.] US-China Economic and Security Review Commission Washington, DC, 2013.

IAI. **Heron Multi-Role MALE UAS**. Disponível em: <<https://www.iai.co.il/p/heron>>.

Acesso em: 10 mar. 2021.

INSINNA, V. **Congress resurrects MQ-9 Reaper program, adding 16 drones for the Air Force**. Disponível em: <<https://www.defensenews.com/air/2020/12/22/congress-resurrected-the-mq-9-reaper-program-adding-16-drones-for-the-air-force/>>. Acesso em: 14 mar. 2021.

INSITU. **Scan Eagle**. Disponível em: <https://www.insitu.com/wp-content/uploads/2020/12/ScanEagle_ProductCard_DU120320.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2021.

JAMES, G. K. **Unmanned aerial vehicles and special operations: Future directions**. [s.l.] NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL MONTEREY CA, 2000.

KHAN, A. A. Role of UAVs/UCAVs in Air Power Employment Concept. **Centre for Aerospace Power Studies**, 2005.

KURKCU, C.; OVEYIK, K. **US Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) and Network Centric Warfare (NCW): Impacts on Combat Aviation Tactics From Gulf War I Through 2007 Iraq**. [s.l.] NAVAL Postgraduate School Monterey CA, 2008.

MARINHA DO BRASIL. **GE 101 Conceitos Básicos de Guerra Eletrônica**. Centro de Guerra Eletrônica da Marinha. Rio de Janeiro, RJ, 2016a.

- MARINHA DO BRASIL. **GE 106 RECONHECIMENTO ELETRÔNICO**. Centro de Guerra Eletrônica da Marinha. Rio de Janeiro, RJ, 2016b.
- MARINHA DO BRASIL. **GE 102 Introdução às Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica**. Centro de Guerra Eletrônica da Marinha. Rio de Janeiro, RJ, 2016c.
- MARINHA DO BRASIL. **GE 103 Introdução às MAE**. Centro de Guerra Eletrônica da Marinha. Rio de Janeiro, RJ, 2016d.
- MARINHA DO BRASIL. **GE 104 Medidas de Proteção Eletrônica**. Centro de Guerra Eletrônica da Marinha. Rio de Janeiro, RJ, 2016e.
- MEARS, M. J. **Cooperative electronic attack using unmanned air vehicles**. Proceedings of the 2005, American Control Conference, 2005. **Anais...IEEE**, 2005
- NEVES, A. M.; GIANNINI, A. DE B. **Entrevista concedida a Arthur Pinheiro de Araújo Costa**. Rio de Janeiro, 14 mar. 2021., 2021.
- NOGUEIRA, M. DE S. **Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados no Sistema Tático de Guerra Eletrônica (SITAGE)**. Disponível em: <[http://www.ccomgex.eb.mil.br/cige/sent_colina/7_edicao_agosto_08/Artigos Revista Edicao 7/JA FEITO/Artigo_Maj Nogueira_uav_corrige3.pdf](http://www.ccomgex.eb.mil.br/cige/sent_colina/7_edicao_agosto_08/Artigos%20Revista%20Edicao%207/JA%20FEITO/Artigo_Maj%20Nogueira_uav_corrige3.pdf)>. Acesso em: 16 jan. 2021.
- NORTHROP GRUMMAN. **BQM-74 Series : The Legacy Continues**, 2006.
- PADILHA, L. **Programa Fragata Classe Tamandaré recebe primeiro reajuste**. Disponível em: <<https://www.defesaaereanaval.com.br/naval/programa-fragata-classe-tamandare-recebe-primeiro-reajuste>>. Acesso em: 11 abr. 2021.
- PARDESI, M. S. Unmanned aerial vehicles/unmanned combat aerial vehicles: Likely missions and challenges for the policy-relevant future. **Air & Space Power Journal**, v. 19, n. 3, p. 45, 2005.
- PARKER, R. The Predator's War: UAVs Take Center Stage in the War on Terrorism. **Airman Magazine**, 2002.
- PAULTRE, A. **Drones, Electronic Warfare, and Advanced Sensor Integration**. Disponível em: <<https://www.evaluationengineering.com/applications/mil-aero-test/article/21135853/drones-electronic-warfare-and-advanced-sensor-integration>>. Acesso em: 18 jan. 2021.
- PERES, H. F. Novos desafios securitários: as implicações da tecnologia de veículos aéreos não tripulados para o sistema internacional. 2015.
- PEREZ, M. **Conheça o novo drone comprado pela FAB para segurança na Copa do Mundo**. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/seguranca/Conheca-o-novo-drone->

comprado-pela-FAB-para-seguranca-na-Copa-do-Mundo/>. Acesso em: 11 abr. 2021.

POISEL, R. A. **Introduction to communication electronic warfare systems**. [s.l.] Artech House, Inc., 2002.

RICHARDSON, D.; RICHARDSON, L. D. UAV Payload Developments. **Jane's Defence Weekly**, 2004.

RODRIGUES, A. **Brasil recebe primeiro dos 36 caças Gripen comprados para a FAB**.

Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-09/brasil-recebe-primeiro-dos-36-cacas-gripen-comprados-para-fab>>. Acesso em: 3 mar. 2021.

ROGOWAY, T. **Stripped F-117 Nighthawk Stealth**. Disponível em:

<<https://www.thedrive.com/the-war-zone/32240/stripped-f-117-nighthawk-stealth-jet-listed-on-government-surplus-website>>. Acesso em: 3 mar. 2020.

SHOEMAKER, M. **In the virtual cockpit: What it takes to fly a drone**. Disponível em:

<<https://www.nbcnews.com/technolog/virtual-cockpit-what-it-takes-fly-drone-1C9319684>>.

Acesso em: 8 mar. 2021.

SIMÕES, E. et al. AS VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA NAS MEDIDAS DE APOIO À GUERRA ELETRÔNICA.

Revista do CIAAR, v. 1, n. 1, 2020.

STAFF WRITER. **IAI RQ-2 Pioneer**. Disponível em:

<https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=325>. Acesso em: 9 mar. 2021.

STAFF WRITER. **The Aisheng ASN-209 was a joint-development of a MAME UAV system between China and Egypt**. Disponível em:

<https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=1285>. Acesso em: 11 mar. 2021.

TEXTRON SYSTEMS. **Aerosonde**. Disponível em:

<<https://www.textronsystems.com/products/aerosonde>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

U.S. AIR FORCE. The US Air Force Remotely Piloted Aircraft and Unmanned Aerial Vehicle Strategic Vision. 2005.

UNITED STATES AIR FORCE. **Air Force Doctrine Document (AFDD) 2-5.1: Electronic Warfare** Washington, DC: Secretary of the Air Force, 2002.

VAKIN, S. A.; SHUSTOV, L. N.; DUNWELL, R. H. Fundamentals of electronic warfare.

IEEE AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS MAGAZINE, v. 16, n. 10, p. 13–14, 2001.

VALAVANIS, K. P.; VACHTSEVANOS, G. J. **Handbook of unmanned aerial vehicles**. [s.l.] Springer, 2015. v. 1

VENÂNCIO, A. G.; FELDENS, J. F. VANT em Missões de Guerra Eletrônica. **São José dos Campos: Centro Tecnológico Aeroespacial**, 2019.

WAGNER, W. **Lightning bugs and other reconnaissance drones**. [s.l.] Armed Forces Journal International, 1982.

APÊNDICE A - Entrevista

Foi realizada, em 15/03/2021, entrevista com o Auxiliar para Assuntos de Aeronaves Remotamente Pilotadas do ComFFE, 1ºSG-FN-CN Alexandre Magno Neves; e com o Supervisor de COMINT do CGAEM, 1ºSG-FN-CN André de Brito Giannini, profissionais dotados de notório conhecimento a respeito do emprego de UAV em Guerra Eletrônica. A entrevista foi dividida em tópicos, os quais estão abaixo relacionados:

- Emprego de UAV em GE atualmente na Marinha do Brasil e desafios enfrentados

Não é realizado emprego de UAV em GE atualmente na MB. Isso ocorre, em grande parte, pela ausência de recursos para essa área, culminando na falta de conhecimento, equipamentos e ferramentas específicas. Soma-se a isso os demais projetos em aberto na Marinha do Brasil, como as Fragatas Classe Tamandaré, o PROSUB e, ainda, os gastos inerentes à manutenção dos meios atualmente empregados

- Projetos de implementação futuros relativos ao emprego de UAV na MB, em operações conjuntas com seus meios navais

Atualmente, existem estudos sendo realizados através do Programa ARP-E para os recém-adquiridos UAV *Scan Eagle*, visando uma futura operação com as Fragatas Classe Tamandaré.

- Possibilidades de operação com o UAV *Scan Eagle* embarcado em navios da MB

Além das Classe Tamandaré, esses UAV também poderão operar embarcados em outros meios navais da MB, tais como o NDM Bahia, NAM Atlântico e NPaOc Classe Amazonas. Através desse fato, percebe-se o quão importante será a operação conjunta desse UAV com os meios navais da MB, resultando na capacidade de executar missões inéditas.

- Possibilidades de emprego do UAV para projeção de poder sobre terra

O *Scan Eagle* será peça essencial para a Tarefa Básica do Poder Naval de Projeção de Poder Sobre Terra. Sua capacidade de reconhecimento da área de litoral hostil, sem haver a necessidade de envio de tropas para fazer o mapeamento antecipado do território, apresenta considerável vantagem em combate, possibilitando a identificação e posição precisa dos alvos pelos meios navais da força. Em seguida, após o ataque e posterior verificação, poderá haver o desembarque da tropa na cabeça de praia, dando continuidade à operação de forma mais segura.

Além do mais, quando se utiliza o *Scan Eagle* em sincronismo com a tropa de desembarque na cabeça de praia, o UAV pode ajudar na tomada de decisão, direcionando os combatentes às posições futuras a serem conquistadas, orientando-os para um ponto onde exista determinada fraqueza das forças inimigas.