

**ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO NO NÍVEL LATO SENSU DE  
APERFEIÇOAMENTO EM OPERAÇÕES MILITARES**

**1º Ten Art WAGNER DE OLIVEIRA SANTOS**

**O SARP EM APOIO À GUERRA ELETRÔNICA**

**RIO DE JANEIRO  
2014**

1º Ten Art **WAGNER DE OLIVEIRA SANTOS**

## **O SARP EM APOIO À GUERRA ELETRÔNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea como requisito parcial para a obtenção do Grau Aperfeiçoamento em Operações Militares.

Orientador: 1º Ten Art **RODRIGO GONÇALVES ROCHA**

Rio de Janeiro  
2014



MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA

**DIVISÃO DE ENSINO / SEÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO**

*COMUNICAÇÃO DO RESULTADO FINAL AO POSTULANTE (TCC)*

SANTOS, Wagner de Oliveira (1º Ten). *O SARP em Apoio à Guerra Eletrônica*. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no programa *lato sensu* como requisito parcial para obtenção do certificado de especialização em Operações Militares. Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea.

Resultado do Exame do Trabalho de Conclusão de Curso: \_\_\_\_\_

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Rio de Janeiro , \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014.

\_\_\_\_\_  
EDUARDO DA CRUZ OLIVEIRA - CAP  
PRESIDENTE

\_\_\_\_\_  
ANDRÉ DE OLIVEIRA FERREIRA – 1º Ten  
MEMBRO

\_\_\_\_\_  
RODRIGO GONÇALVES ROCHA - 1º Ten  
MEMBRO/ORIENTADOR

À Deus, que em sua infinita grandiosidade  
alimenta de Vida todos os seres da criação.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, sobretudo, por ter me conduzido até este momento da minha vida e ter sempre me guiado, não permitindo que eu me entregasse ao mal.

Aos meus familiares, pelo amor com que me conceberam e educaram, pelas inúmeras horas que velaram meu sono, e pelas palavras de incentivo a cada tropeço de minha jornada, minha eterna gratidão.

Ao Exército Brasileiro, cuja gratidão materializo na dedicação ao presente trabalho realizado.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para este projeto fosse concluído.

O sábio não se exhibe, por isso brilha.  
Ele não se faz notar, e por isso é notado.  
Ele não se elogia, e por isso tem mérito.  
E, porque não está competindo, ninguém no  
mundo pode competir com ele. (Lao-Tsé).

## O SARP EM APOIO À GUERRA ELETRÔNICA

Wagner de Oliveira Santos

**Resumo:** Os SARPs foram idealizados para fins militares inspirados nas bombas voadoras alemães do tipo V-1 e nos aeromodelos controlados por rádio. Sua maior destinação se dá para atividades militares muito perigosas para serem executadas por seres humanos nas áreas de inteligência militar, apoio e controle de tiro de artilharia, apoio aéreo a tropas de infantaria e cavalaria no campo de batalha, controle de mísseis de cruzeiro e em diversas operações de segurança pública.

De acordo com o manual de campanha C 34-1 Emprego da Guerra Eletrônica, a integração da Guerra Eletrônica com plataformas aéreas tripuladas ou não merece especial atenção, tendo em vista as vantagens do emprego das referidas plataformas, tais como continuidade de apoio em operações dinâmicas (marcha para o combate, aproveitamento do êxito, perseguição, e outras), o aumento da eficácia dos meios de GE, complementando os dados coletados por sensores em plataformas terrestres e da capacidade de obtenção de dados, dentre outras.

Por sua vez, o caderno de instrução EB20-MC-10.214 Vetores Aéreos da Força Terrestre aponta a possibilidade de integração da Guerra Eletrônica com plataformas aéreas não tripuladas, da mesma forma como citado pelo manual de campanha C 34-1 Emprego da Guerra Eletrônica. Além disso, cita ainda que o emprego de SARP neste tipo de missão permite ampliar o alcance operativo da Guerra Eletrônica, possibilitando que esta atinja zonas do Espaço de Batalha onde as unidades de Guerra Eletrônica, pela carência de meios, não teriam prioridade de atuação.

**PALAVRAS-CHAVE:** SARP, Guerra Eletrônica e vetores aéreos.

**Abstract:** The SARPs were developed for military purposes inspired by German flying bombs of the type V-1 and radio controlled model airplanes. His biggest allocation occurs for very dangerous military activities to be performed by humans in the areas of military intelligence, support and control of artillery fire, air support to troops of infantry and cavalry on the battlefield, control cruise missiles and various operations of public safety.

According to Fm C 34-1 Employment of Electronic Warfare, Electronic Warfare integrating with manned aerial platforms or no deserves special attention in view of the advantages of the use of these platforms, such as continuing support for dynamic operations (march to combat exploitation of success, persecution, and other), the increase in the effectiveness of GE, complementing data collected by sensors on terrestrial platforms and the ability to obtain data, among others.

In turn, contract instruction EB20-MC-10214 Air Land Force Vectors indicates the possibility of integration of Electronic Warfare with Unmanned aerial platforms in the same way as quoted by C 34-1 campaign Employment Electronic Warfare manual. In addition, it also mentions the use of this type of mission SARP allows greater operating range of Electronic Warfare, enabling it reaches areas where the Battle of the Electronic Warfare units, the lack of means, would have priority action area.

**KEY WORDS:** SARPs, electronic warfare and aerial vectors.



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 METODOLOGIA.....	17
3 GUERRA ELETRÔNICA.....	20
3.1 MEDIDAS DE APOIO A GUERRA ELETRÔNICA (MAGE).....	22
3.1.1 AQUISIÇÃO DO SINAL .....	23
3.1.2 LOCALIZAÇÃO ELETRÔNICA .....	23
3.1.3 ANÁLISE DE SINAIS .....	25
3.1.4 DIFUSÃO DAS INFORMAÇÕES .....	26
3.1.5 RECEPTORES DE GUERRA ELETRÔNICA .....	26
3.1.6 CARACTERÍSTICAS DOS SINAIS RADAR NAS MAGE .....	27
3.1.7 O EMPREGO DE PLATAFORMAS AÉREAS NÃO TRIPULADAS EM AÇÕES DE MAGE .....	28
3.1.8 POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DA UTILIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MAGE .....	29
3.2 MEDIDAS DE ATAQUE ELETRÔNICO .....	30
3.2.1 ARMAS ANTI-RADIAÇÃO .....	31
3.2.2 DISPOSITIVOS DE ENERGIA DIRECIONADA .....	32
3.2.3 BLOQUEIO .....	32
3.2.4 DESPISTAMENTO .....	34
3.3 MEDIDAS DE PROTEÇÃO ELETRÔNICA .....	35

	10
3.4 FOTÔNICA E OPTRÔNICOS .....	36
4 SISTEMAS AÉREOS NÃO PILOTADOS (SARPs).....	37
4.1 EMPREGO DOS SARPs .....	40
4.2 POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DO SARP .....	41
4.3 O EMPREGO DOS SARPs NAS OPERAÇÕES DA FORÇA TERRESTRE .....	42
CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	47

**LISTA DE ABREVIATURAS**

AAe	Antiaéreo (a)
AAAe	Artilharia Antiaérea
Anv	Aeronave
A Sen	Área Sensível
GE	Guerra Eletrônica
Bda AAAe	Brigada de Artilharia Antiaérea
Bia AAAe	Bateria de Artilharia Antiaérea
SARP	Sistema Aéreo Remotamente Pilotado
Bx Alt	Baixa Altura
Can	Canhão
CINDACTA	Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
Cmt	Comandante
COAAe	Centro de Operações Antiaéreas
DAe	Defesa Aérea
DAAe	Defesa Antiaérea
DAesp	Defesa Aeroespacial
EB	Exército Brasileiro
MPE	Medidas de Proteção Eletrônica
F Ae	Força Aérea

GAA Ae	Grupo de Artilharia Antiaérea
IFF	Identification Friend or Foe. Sigla em inglês para um sistema do radar que identifica se a aeronave detectada é amiga ou inimiga.
MAGE	Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica
Msl	Míssil
MEM	Material de Emprego Militar
OM	Organização Militar
P Sen	Ponto Sensível
P Vig	Posto de Vigilância
ROB	Requisitos Operacionais Básicos
RTB	Requisitos Técnicos Básicos
R Vig	Radar de Vigilância
MAE	Medidas de Ataque Eletrônico
Sist Ct Alr	Sistema de Controle e Alerta
TO	Teatro de Operações
U Tir	Unidade de Tiro
UV	Unidade de Visualização
UVR	Unidade de Visualização Radar
VANT	Veículo Aéreo Não-Tripulado

## 1. Introdução

Segundo VENÂNCIO, A. G. e FELDENS, J. F., no artigo científico “VANT em missões de Guerra Eletrônica”:

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 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 Guerra Eletrônica baseia-se em três principais ações: obter informações existentes nas transmissões inimigas, atacar a dependência que o oponente possui do espectro eletromagnético e, por fim, evitar que nossos sistemas sejam afetados pela GE inimiga.

Os autores do artigo acima citado, ainda no mesmo artigo, afirmam:

As plataformas aéreas são os principais meios para condução das ações de Guerra Eletrônica, uma vez que suas características de alcance, altura e velocidade permitem uma versatilidade superior às terrestres ou marítimas. Os meios aéreos, entretanto, possuem limitações evidentes tais como a 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) localizados a milhares de quilômetros do Teatro de Operações (TO).

Neste trabalho, ainda podemos extrair:

A substituição do peso e do risco da tripulação por equipamentos e sensores confere aos Veículos Aéreos Não- Tripulados (VANT) uma série de vantagens em relação às aeronaves convencionais. VANTs 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 (IVR 24/7), sem a necessidade de pousos para se trocarem os pilotos. Tais características, no entanto, trazem a necessidade de estabelecer doutrinas de operação específicas para tais veículos, uma vez que as atuais ainda estão restritas às aeronaves tripuladas.

Por fim, o trabalho citado nos parágrafos anteriores nos traz que mesmo ocorre com relação ao emprego dos VANTs em missões aéreas de Guerra Eletrônica. O assunto é ainda novo e interessante, pois vislumbra-se que os VANTs apresentem também uma série de vantagens em relação às aeronaves convencionais.

Também podemos encontrar no manual de campanha C 34-1 Emprego da Guerra Eletrônica, 2ª Ed. 2009, no item 5-5, algumas vantagens do emprego de plataformas aéreas em apoio a Guerra Eletrônica, tais como:

- permitir a continuidade de apoio em operações dinâmicas (marcha para o combate, aproveitamento do êxito, perseguição, e outras);
- o aumento a eficácia dos meios de GE, complementando os dados coletados por sensores em plataformas terrestres; e
- o aprofundamento da capacidade de obtenção de dados.

Estas características conferem utilidades que vão de encontro com a proposta do presente trabalho.

O desenvolvimento deste trabalho se dará numa primeira parte de uma abordagem geral a respeito de Guerra Eletrônica, onde serão abordados conceitos e técnicas de Guerra Eletrônica, bem como suas formas de interação com as plataformas aéreas, sejam como fonte emissoras ou receptoras da energia emanada através do espectro eletromagnético. Numa segunda parte, serão abordados conceitos e características, tais como limitações e possibilidades, acerca dos Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados (SARPs).

Por fim será feita uma conclusão, onde analisaremos tudo o que foi exposto nas partes anteriores de modo a formarmos uma resposta acerca do problema tema do referente trabalho de pesquisa.

Com relação às dimensões da variável SARP, pretende-se abordar suas possibilidades e limitações, no contexto das operações militares, de forma a elucidar sobre a sua performance.

Dentre as dimensões da variável Guerra Eletrônica, serão abordados os conceitos relacionados aos ramos da Guerra Eletrônica, bem como sua aplicação por meio de plataformas aéreas.

O estudo foi limitado particularmente aos SARPs empregados no Brasil e pelos principais países no cenário internacional e a doutrina de Guerra Eletrônica preconizada no manual de campanha C 34-1 Emprego da Guerra Eletrônica e de suas aplicações nos recentes conflitos, além da consulta ao manual de ensino EB60-ME-23.020, Introdução à Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral.

A fim de viabilizar a consecução do objetivo geral de estudo, foram formulados objetivos específicos, de forma a encadear logicamente o raciocínio descritivo apresentado neste estudo:

- a) levantar e elucidar qual é a concepção doutrinária da Força Terrestre para o emprego de SARPs, de acordo com documentos expedidos pelo Centro de Doutrina do Exército;
- b) realizar uma descrição sobre possibilidades, limitações e recursos tecnológicos de SARPs;
- c) relatar casos de operações militares em que os SARPs foram empregados;
- d) levantar e elucidar qual é a concepção doutrinária da Força Terrestre de Guerra Eletrônica;
- e) elucidar sobre o emprego de Guerra Eletrônica operada através de plataformas aéreas, tripuladas ou não, em conflitos recentes; e
- f) Compreender sobre a viabilidade da integração da Guerra Eletrônica operada através de SARPs, de modo a concluir sobre a eficiência de tal proposta.

O objetivo do presente trabalho de pesquisa é angariar conhecimentos sobre o emprego de SARPs como plataformas de emprego de operações de Guerra Eletrônica.

Neste sentido, o presente estudo justifica-se por promover uma aquisição de conhecimentos embasada em bibliografia científica a respeito de um tema atual para as Forças Armadas e de

suma importância para a ampliação da capacidade operativa junto com a diminuição do risco de vida de seres humanos.



## 2. Metodologia

Quanto à natureza, o presente estudo caracteriza-se por ser uma pesquisa do tipo aplicada, por ter por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos relacionados à possibilidade de utilização de sistemas aéreos remotamente pilotados como plataformas de guerra eletrônica, valendo-se, para tal, do método indutivo como forma de viabilizar a tomada de decisões acerca do alcance da investigação, das regras de explicação dos fatos e da validade de suas generalizações.

Trata-se de estudo bibliográfico que, para sua consecução, teve por método a leitura exploratória e seletiva do material de pesquisa, bem como sua revisão integrativa, contribuindo para o processo de síntese e análise dos resultados de vários estudos, de forma a consubstanciar um corpo de literatura atualizado e compreensível.

A seleção das fontes de pesquisa foi baseada em publicações de autores de reconhecida importância no meio acadêmico e em artigos veiculados em periódicos indexados.

O delineamento de pesquisa contemplou as fases de levantamento e seleção da bibliografia, coleta dos dados, crítica dos dados, leitura analítica e fichamento das fontes, argumentação e discussão dos resultados.

Com relação às dimensões da variável independente *guerra eletrônica*, pretende-se abordar os seus conceitos relacionados aos seus tipos, no contexto das operações militares continuadas, inferindo acerca da sua influência sobre o êxito das operações.

Com relação a variável sistema aéreo remotamente pilotado, foram abordados os conceitos relacionados à sua estrutura, tática de emprego e possibilidades de integração afetas às funções de planejamento de operações militares.

O estudo foi limitado ao estudo da doutrina corrente adotada pelo Exército Brasileiro tanto no que diz respeito a guerra eletrônica como aquilo que é concernente aos sistemas aéreos remotamente pilotados.

Por tratar-se de uma pesquisa bibliográfica e carecer de uma experimentação de campo, a investigação foi limitada pela impossibilidade de se generalizar os resultados ao ambiente real de combate.

Para elucidar as possibilidades de integração entre as duas variáveis supracitadas foi realizada uma pesquisa bibliográfica da seguinte forma:

**Fontes de busca** – realizou-se uma exaustiva pesquisa bibliográfica eletrônica, utilizando como fontes de busca:

- Artigos científicos relativos tanto a guerra eletrônica como ao emprego de sistemas aéreos remotamente pilotados;

- artigos e notícias diversas sobre o uso de sistemas aéreos remotamente pilotados e guerra eletrônica por outros países, a fim de enriquecer cognitivamente o presente trabalho; e

- Monografias arquivadas na biblioteca da Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea.

**Estratégia de busca para as bases de dados eletrônicas** – foram utilizados os seguintes termos descritores: *"guerra eletrônica, VANT, SARP, Drone"*, respeitando as peculiaridades de cada base de dado.

Após a pesquisa eletrônica, as referências bibliográficas dos estudos considerados relevantes serão revisadas, no sentido de encontrar artigos não localizados na referida pesquisa.

**Critérios de inclusão:**

- Estudos qualitativos publicados em português, inglês, ou espanhol.

- Estudos publicados de 2005 a 2014.

- Estudos quantitativos e qualitativos que descrevem a aplicação de sistemas aéreos remotamente pilotados em combate.

**Critérios de exclusão:**

- Estudos demasiadamente específicos sobre as tecnologias de guerra

eletrônica e se SARPs sobre um determinado país.

- Estudos que utilizam conceitos não mais adotados pelo Exército Brasileiro.

A análise e a discussão dos dados serão realizadas nos capítulos relativos a cada variável de estudo do presente trabalho.

### 3. Guerra Eletrônica

A guerra moderna tem como características o vasto emprego de tecnologia, a não linearidade e a rapidez das ações, tornando cada vez mais comum o emprego de sistemas eletrônicos para comunicações e levantamento de dados, muitos deles basados no emprego da energia através do espectro eletromagnético (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 1-24).

De acordo com o Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020, podemos conceituar Guerra Eletrônica da seguinte forma

[...]tem ganhado importância a vertente da arte da guerra denominada Guerra da Informação, definida como sendo as ações conduzidas para a obtenção de superioridade de informação em apoio à Estratégia Militar nacional, impedindo ou reduzindo o uso efetivo da informação pelo inimigo e, ao mesmo tempo, assegurando as nossas Forças a utilização e a proteção de nossas próprias informações e sistemas correlatos. Quando a Guerra da Informação é travada no domínio do espectro eletromagnético, recebe a denominação de **Guerra Eletrônica**. (BRASIL,2014, pág 1-24)

Temos a divisão da Guerra Eletrônica em dois campos de atuação, a Guerra Eletrônica de **Comunicações** e a Guerra Eletrônica de **Não Comunicações**. A Guerra Eletrônica de **Comunicações** abrange o conjunto dos sinais eletromagnéticos utilizados para a transmissão de informações, através do emprego de radiotransmissores e receptores em geral. A Guerra Eletrônica de **Não Comunicações** compreende o conjunto dos sinais eletromagnéticos utilizados para gerar informações através do emprego de dispositivos como radares, sensores de infravermelho, intensificadores de luz e diversos equipamentos com aplicações do laser (EB60-ME-23.020 Manual de Guerra Eletrônica, 2014, pag 1-26).

De acordo com o Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020 (2014, pág 1-27), podemos definir ainda Guerra Eletrônica dentro das seguintes ações

- a) utilizam a energia eletromagnética para destruir, neutralizar ou reduzir a capacidade de combate inimiga (MAE)
- b) buscam tirar proveito do uso do espectro eletromagnético pelo oponente (MAGE)
- c) visam assegurar o emprego eficiente das emissões eletromagnéticas próprias (MPE)

A Guerra Eletrônica pode ser dividida em três ramos, de acordo com suas finalidades, que são Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE), Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) e Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 1-27).

As Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE) compreendem ações que visam a obtenção de dados a partir das emissões eletromagnéticas de interesse operadas pelo inimigo (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 1-27).

As Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) englobam as ações que visam impedir ou reduzir o uso efetivo do espectro eletromagnético do inimigo, além de destruir, neutralizar ou degradar sua capacidade de combate usando energia eletromagnética ou armamento que empregue a emissão intencional do alvo para seu guiamento (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 1-27).

As Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) tem como objetivo permitir o uso efetivo (ativo e passivo) do espectro eletromagnético, a despeito das ações de Guerra Eletrônica empregadas pelo inimigo, pelas forças amigas ou de interferências não intencionais (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 1-27).

Para fins de limitação do conteúdo pertinente ao estudo no presente trabalho, restringiremos ao estudo de Guerra Eletrônica de Não Comunicações.

### 3.1 Medidas de Apoio a Guerra Eletrônica (MAGE)

Compreende a divisão da Guerra Eletrônica que engloba ações de busca de interceptação, monitoração, localização eletrônica, análise, registro e difusão de informações sobre fontes de irradiação de energia eletromagnética, com o objetivo de imediato reconhecimento de uma ameaça, ou posterior utilização para atividades de inteligência (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 1-28).

As ações de MAGE se confundem com as atividades SIGINT (Inteligência de Sinais) e a título de aumento de conhecimento, as distinguiremos uma de outra.

As ações de MAGE proprimanete ditas visam prover informações para a utilização do cenário eletromagnético, visando o cumprimento imediato de uma determinada missão ou operação (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 1-28).

De acordo com o Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020, podemos definir as atividades de SIGINT como:

[...]atividades de inteligência desenvolvidas principalmente em tempo de paz e relacionadas com radiações eletromagnéticas estrangeiras, com o propósito de proporcionar um conhecimento, o mais completo possível, destinados ao planejamento estratégico de ações, especialmente militares, bem como alimentar e facilitar os trabalhos da Guerra Eletrônica, atualizando e ampliando o banco de dados deste. Como são atividades estratégicas, os trabalhos da SIGINT costumam ser considerados de médio a longo prazo. Normalmente realiza análises mais demoradas e de maior profundidade. (BRASIL, 2014, pág 1-28)

O processamento das informações obtidas através de ações de MAGE visam produzir conhecimento útil e oportuno sobre as características técnicas e operacionais

dos sistemas de detecção e comunicação do oponente (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 2-3).

O processamento dos dados nas ações de MAGE pode ser definido através de quatro ações básicas, que são: aquisição do sinal, localização eletrônica, análise de sinais e difusão das informações (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 2-3).

### 3.1.1 Aquisição do sinal

A aquisição do sinal corresponde ao:

[...] o ato de encontrar emissões de interesse (Busca de interceptação), observá-las (Monitoração) para a confirmação de sua real importância e, quando constatada a relevância, realizar a gravação (Registro) do que está sendo observado. Caso contrário, aquela emissão é descartada e o ciclo retorna à fase da busca. Os sistemas de aquisição, quando instalados em plataformas aéreas, aumentam a capacidade de interceptação. Após a aquisição, podem ser realizadas a Loc Elt ou a análise. (BRASIL,2014, pág 2-4)

### 3.1.2 Localização Eletrônica

A ação de localização eletrônica tem por finalidade levantar a provável posição de uma fonte emissora de radiação eletromagnética na carta topográfica da região de operações (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 2-5).

Sobre tal ação, podemos encontrar no Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020 (2014, pág 2-5)

O processo de obtenção da posição dos emissores (Loc Elt) guarda semelhança com o realizado no campo das comunicações, ou seja,

se fundamenta na Técnica do Levantamento de Direção e Localização do emissor (alvo) através dos equipamentos de detecção passiva desdobrados sobre uma linha-base utilizando o processo de Triangulação Horizontal apoiado pelo método da Elipse de Incerteza (linha base é a linha imaginária que vai do ponto onde foi obtido o primeiro azimute até o seguinte, deste segundo até o terceiro e assim por diante). (BRASIL)

Cabe ainda acrescentar que:

A Loc Elt é feita por técnicas consagradas mundialmente e segue algumas padronizações que serão vistas. Todavia, há ainda mais um fato a ser observado para uma adequada Loc Elt: o **tipo de plataforma** utilizada para realizar as MAGE NCom, que pode ser **naval, aérea, terrestre ou espacial**, que também será visto neste Capítulo, bem como outros aspectos relacionados ao planejamento de emprego dos postos de MAGE NCom e à confiabilidade dos resultados obtidos diante de uma série de variáveis [...] (BRASIL, 2014, pág 2-6,)

Para um melhor entendimento acerca do processo de localização eletrônica, será de grande valia acrescentarmos ainda os seguintes trechos, onde é detalhado o processo de localização eletrônica pelo método de triangulação horizontal, extraídos do Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020

Realizada com o auxílio de receptores e sistemas especiais de antenas, permite estabelecer a direção e o sentido das emissões. Se as medidas forem efetuadas de pontos adequadamente afastados, a interseção dos azimutes obtidos indicará uma área provável da localização do emissor (Elipse de Incerteza). A precisão desta localização será influenciada pelo maior ou menor número de medidas tomadas.

A triangulação horizontal pode ser feita em um Único Momento, empregando simultaneamente dois ou mais - geralmente três ou quatro - equipamentos de determinação de direção (DF),



normalmente instalados em plataformas aéreas, terrestres, navais e convenientemente distanciados, ou ser realizada em Momentos Distintos, efetuando medidas em posições sucessivas com um único equipamento instalado em plataforma aérea. (BRASIL, 2014, pág 2-6)

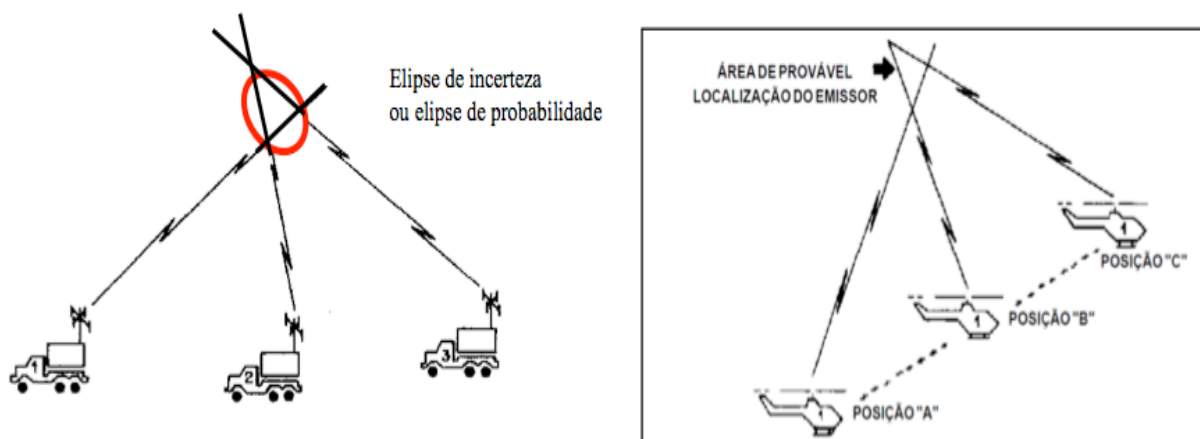


figura 1 – Localização Eletrônica. Fonte: Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020

### 3.1.3 Análise de Sinais

A ação seguinte à localização eletrônica e da aquisição é a análise, que tem por finalidade a obtenção dos parâmetros, que são medidos pelos receptores de guerra eletrônica (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 2-8 e 2-9).

Os parâmetros em questão podem ser de leitura básica (frequência, frequência de repetição de pulsos, tipo de modulação, intervalo de pulso, largura de pulso, tipo de varredura, potência e polarização do sinal recebido) ou de leitura apurada (nível de limiar dos receptores, variações na potência do sinal devido a fatores como diagrama de varredura ou comutação liga/desliga, tempo de chegada do sinal, tempo de espera pelo emissor, posição da fonte e rotação da antena, banda de operação e ângulo de emissão).

### 3.1.4 Difusão das informações

Último procedimento das ações de MAGE, após a confecção de algum tipo de documento de inteligência, ocorre a divulgação desse documento para quem de interesse (difusão das informações propriamente ditas). No caso em questão, de MAGE de Não Comunicações, prioritariamente é a 2ª seção da Brigada de Artilharia Antiaérea ou da Divisão de Exército enquadrante (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 2-10).

### 3.1.5 Receptores de Guerra Eletrônica – Sistemas MAGE

Receptores de Guerra Eletrônica são equipamentos de detecção passiva que tem por finalidade ações como busca e interceptação, monitoração, localização das fontes (localização eletrônica), registro, análise, identificação de ameaças e fornecer dados para alimentação de bancos de dados (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 2-11).

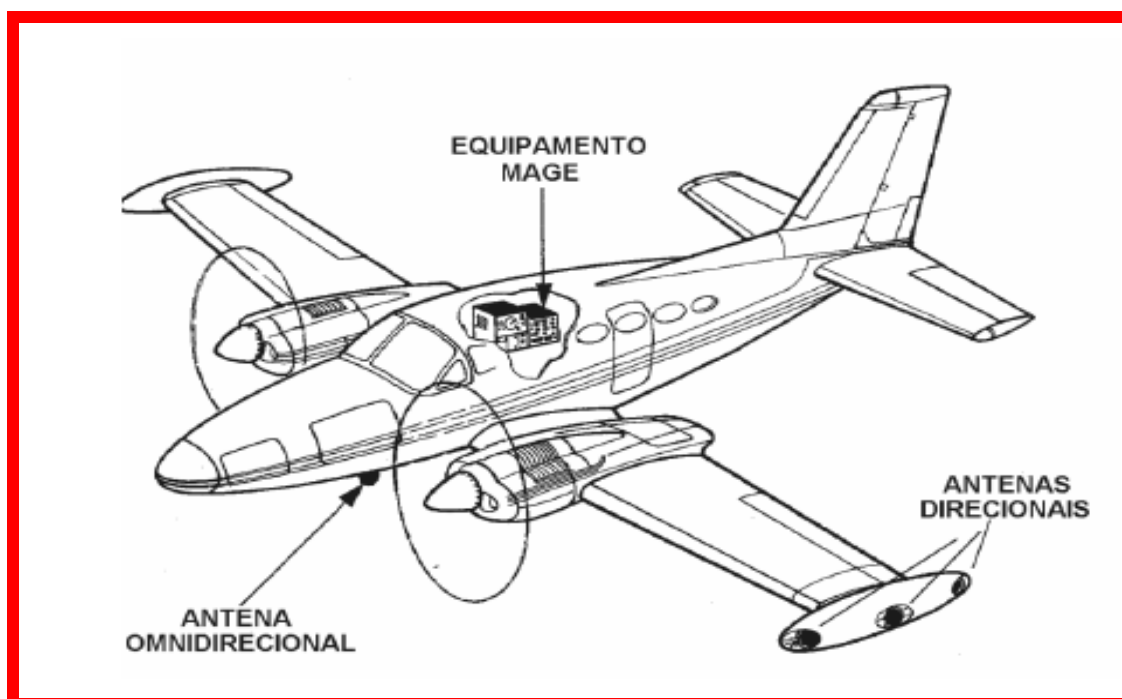


Figura 2 – Equipamento MAGE embarcado. Fonte: Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020

### 3.1.6 Características dos sinais radar nas MAGE

Após a detecção, um sinal deverá ser submetido à análise. Essa análise consiste no levantamento de suas características, de possíveis correlações com características de outros emissores já conhecidos, com alvos ativos ou com informações constantes de ordens de operações, além de um exame que determinará seu potencial como ameaça.

A Análise Técnica é o método de investigação realizado com a finalidade de se obter conhecimentos sobre alvos eletrônicos a partir do estudo dos parâmetros técnicos das emissões eletromagnéticas provenientes dos emissores oponentes. É realizada pelo Analista Técnico.

Outra definição consagrada no âmbito do Ministério da Defesa declara que a análise técnica consiste no levantamento dos parâmetros técnicos característicos das emissões eletromagnéticas irradiadas para compará-los com os parâmetros dos bancos de dados, visando a identificar os oponentes que delas se utilizam.

A Análise Técnica será uma análise de longo prazo quando for a intenção levantar os parâmetros técnicos dos radares que o oponente utiliza, visando alimentar e/ou atualizar o Banco de Dados de Sinais. E será uma análise corrente quando, pelos parâmetros técnicos levantados, procura-se, por meio da comparação desses parâmetros com as informações armazenadas no Banco de Dados de Trabalho, resultados para responder a pedidos de busca relativos às operações táticas e estratégicas correntes. Toda a eficácia da GE depende da confiabilidade de seus bancos de dados, já que é a partir da correlação entre os sinais interceptados e aqueles registrados nos depósitos de dados que será feita a identificação dos emissores e as demais inferências acerca do inimigo (armamento associado, dispositivo, possibilidades, intenções, etc).

Resumindo, são objetivos intermediários para a produção de conhecimentos durante a análise técnica:

- identificar os parâmetros técnicos das emissões de interesse;
- identificar equipamentos e sistemas eletrônicos em uso na região de interesse;
- obter, validar ou retificar a **assinatura eletrônica** dos emissores.

Como pode-se inferir de tudo o que foi apresentado até o presente momento sobre análise técnica de Não Comunicações, é imprescindível a existência de um Banco de Dados de Guerra Eletrônica (BDGE) rico em informações, atualizado e disponibilizado para os trabalhos da Guerra Eletrônica, particularmente no nível tático, o qual exige muita agilidade na produção de conhecimento para emprego oportuno dessas informações pelos meios existentes.

### 3.1.7 O emprego de plataformas aéreas não tripuladas em ações de MAGE

Podemos extrair os seguintes trechos elucidativos do Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020:

Devido à alta velocidade e grande altura de operação, as aeronaves dotadas de equipamentos MAGE podem realizar a busca passiva em grandes áreas e em pouco tempo, obtendo a máxima vantagem sobre as emissões inimigas. Também podem ser empregadas para verificar o cumprimento dos planos de controle de emissões da própria força amiga.

[...] devemos destacar a crescente utilização de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), ou UAV (do inglês *Unmanned Aerial Vehicle*), ao quais são adequados a tarefa de SIGINT, podendo embarcar eletrônicos avançados (radares de abertura sintética – SAR, equipamentos MAGE e de MAE, câmeras FLIR e multi-espectral). Estas máquinas voadoras de última geração (*drones*) foram concebidas, projetadas e construídas para serem usadas em missões muito perigosas para serem executadas por seres humanos, nas áreas de inteligência militar, apoio e controle de tiro de artilharia, apoio aéreo a tropas de infantaria e cavalaria no campo de batalha, controle de mísseis de cruzeiro, atividades de patrulhamento urbano, costeiro, ambiental e de fronteiras, atividades de busca e resgate, entre outras. Diversos países vêm investindo nesse tipo de plataforma aérea, surgindo no mercado modelos como o MQ-1 Predator da *General Atomics* (EUA), o RQ-4 Global Hawk, da *Northrop Grumman* (EUA), o RQ-170 Sentinel da *Lockheed Martin* o Heron IAI (Machatz-1) da

*Israel Aerospace Industries (IAI)*, o Hermes 450 da *Elbit Systems*, o Pterodáctilo I da *Chengdu* (Chinês), dentre outros.(BRASIL, 2014, pág 2-51 a 2-53)

### 3.1.8 Possibilidades e limitações da utilização dos equipamentos de MAGE

Segundo o Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020 (2014, pág 2-60 e 2-61) é possível apontar as seguintes possibilidades do emprego de equipamentos de detecção passiva:

a) Podem ser utilizados sem que o inimigo sequer tome conhecimento da presença deles na área;

b) Podem permitir a interceptação de sinais além do horizonte radar, o que resulta no acompanhamento da posição do emissor e em mais tempo para a adoção das medidas necessárias;

c) Permitem a detecção passiva das forças inimigas antes da detecção da própria plataforma por seus meios ativos, contribuindo, dessa maneira, para obtenção do fator surpresa;

d) Auxiliam na detecção de alvos de difícil visualização pelo radar, como aeronaves em vôo rasante, mísseis, submarinos em “cota” de utilização do radar, entre outros;

e) De maneira geral, permitem a localização e acompanhamento de alvos a distâncias maiores que as alcançadas por outros equipamentos eletrônicos, possibilitando que a plataforma permaneça fora do alcance dos radares e do armamento do inimigo;

f) São a única fonte de informações quando estão em vigor condições rígidas de controle de emissões eletromagnéticas (silêncio eletrônico), bem como podem ser empregados para a avaliação da aplicação dos plano de controle de emissões;

g) São utilizados em qualquer situação tática, sem interferir com os equipamentos eletrônicos amigos;

h) Obtêm dados úteis à determinação do *modus operandi* inimigo e à avaliação técnica e operacional de seus equipamentos;

i) Dados colhidos por diferentes plataformas podem ser agrupados e consolidados, para serem submetidos à análise de assinatura e de provável localização de emissores; e

j) Caso sejam eficientemente utilizadas, podem forçar o inimigo a abandonar o emprego de seus sensores ou sistemas de comunicação.

Podemos apontar como limitações na utilização de equipamentos de detecção passiva:

a) Seus resultados dependem da utilização, por parte do inimigo, de equipamentos eletrônicos ativos. Se o inimigo não transmitir, ou transmitir fora da nossa capacidade de detecção, não haverá interceptação de sinais;

b) A utilização de equipamentos ativos pela força amiga ou elementos neutros pode causar interferências, prejudicando as atividades de busca de interceptação; e

c) São sujeitas a despistamento (ou até mesmo bloqueio) por parte do inimigo, o qual pode transmitir sinais falsos que podem levar a uma avaliação incorreta do cenário.

### 3.2 Medidas de Ataque Eletrônico (MAE)

De acordo com o Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020 (2014, pág 3-1), podemos definir Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) como

[...] ações para impedir ou reduzir o uso efetivo do espectro eletromagnético do inimigo, bem como destruir, neutralizar ou degradar sua capacidade de combate, usando energia eletromagnética ou armamento que empregue a emissão do alvo para o seu guiamento.

Podemos dividir o conjunto de ações de Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) dentro do seguinte organograma:



Figura 3 – Estrutura da MAE. Fonte: Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020

Para fins de definição MAE destrutivas são aquelas que visam destruir ou danificar equipamentos eletrônicos inimigos e MAE não destrutivas são aquelas que não visam causar danos aos equipamentos eletrônicos inimigos, apenas degradar momentaneamente sua operação (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 3-3 e 3-15).

### 3.2.1 Armas anti-radiação

Encontramos a seguinte definição para armas anti-radiação no Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020 (2014, pág 3-3)

Mísseis anti-radiação (MAR) ou Anti-Radiation Missile (ARM), são armas capazes de navegar com alta precisão em direção a um radar, guiados pela radiação emitida pelo mesmo. Isso é conseguido por meio de um sistema de guiamento passivo, que consiste basicamente de um mini sistema MAGE instalado na cabeça do míssil, diretamente associado ao sistema de guiamento.

As armas anti-radiação representam no contexto moderno um grande impacto no cenário operacional, tendo em vista ser um grande dador dissuasório. Tais armamentos são, normalmente, lançados de diversas plataformas, marcando o tipo de missões de supressão de defesa aérea inimiga (EB60-ME-23.020 Manual Escolar –

Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 3-3).

### 3.2.2 Dispositivos de energia direcionada

Recentemente, a tradicional ação defensiva de Guerra Eletrônica foi expandida de modo a incluir ações ofensivas objetivando o dano ou a capacidade de Guerra Eletrônica inimiga. Neste contexto, as armas de energia direcionada são um dos métodos de implementar essa capacidade ofensiva (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 3-13).

Armas de energia direcionada incluem lasers de alta potência, feixes de partículas carregadas, feixes de partículas neutras e armas de microondas de alta potência. A bomba eletromagnética é o armamento mais conhecido e estudado pelos cientistas que desenvolvem tecnologia de energia direcionada, armamento este que consiste basicamente de um gerador de pulsos curtíssimos de alta potência, capazes de avariar equipamentos eletrônicos dentro do seu raio de ação, como computadores, radares e sistemas de comunicações (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 3-13 e 3-14).

### 3.2.3 Bloqueio

No Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020 (2014, pág 3-15) encontramos a seguinte definição

Bloqueio é a radiação, reirradiação, absorção ou reflexão deliberada de energia eletromagnética com o objetivo de anular ou reduzir a capacidade de sistemas ou equipamentos eletrônicos inimigos, podendo ser realizado por meios eletrônicos ou mecânicos.

Existem dois tipos de bloqueio, o mecânico e o eletrônico. O bloqueio mecânico consiste no emprego de meios físicos interpostos entre um transmissor e



seu objetivo, que pode ser um receptor ou um alvo. A finalidade de tais artefatos interpostos é dificultar o uso normal da energia eletromagnética, através da absorção e da reflexão da mesma (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 3-15).

O bloqueio eletrônico consiste no emprego da “força bruta” no espectro eletromagnético, que é a radiação intencional de energia eletromagnética visando sobrepujar o sinal bloqueador ao sinal útil ou, dentro da esfera de possibilidades, a saturação dos receptores inimigos. Existem três tipos de bloqueio, de varredura, de ponto e de barragem (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 3-15 e 3-16).

O bloqueio de ponto consiste na concentração de toda potência do sinal bloqueador na banda sintonizada pelo receptor, podendo ser superado pela mudança da banda de operação do receptor (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 3-16 e 3-17).

O bloqueio de barragem consiste de um sinal bloqueador de menor densidade de potência porém abrangendo uma banda maior de frequências, podendo ser superado pelo aumento de potência do transmissor numa determinada banda ou pelo emprego de agilidade de frequências nos receptores (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 3-17 e 3-18).

O bloqueio de varredura pode ser descrito no seguinte trecho extraído do Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020 (2014, pág 3-18)

O bloqueio de varredura é um bloqueio de faixa estreita que é varrida ao longo de uma faixa relativamente alta de frequências, percorrendo-a em uma certa velocidade, interferindo intermitentemente em todos os receptores radar nele contidos. A vantagem do bloqueio de varredura é que ao mesmo tempo em que concentra toda potência do bloqueio em uma estreita faixa de

freqüências, cobre uma ampla banda, que pode conter vários equipamentos.

### 3.2.4 Despistamento

Podemos definir despistamento da seguinte maneira, de acordo com o Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020:

Despistamento é a radiação, re-irradiação, alteração, absorção ou reflexão de energia eletromagnética com o objetivo de iludir o inimigo na interpretação das informações recebidas por seus sistemas eletrônicos. O despistamento, basicamente, introduz falsas informações nos sistemas inimigos, induzindo-os a cometer erros; da mesma forma que o bloqueio[...] (BRASIL, 2014, pág 3-23)

Existem dois tipos de despistamento, o mecânico e o eletrônico. O despistamento mecânico se dá pelo emprego de meios físicos, não ativos, interpostos entre um transmissor e seu objetivo, com o intuito de refletirem de maneira irreal o sinal do radar. Temos como exemplo chaff, flare e tecnologia stealth (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 3-23).

O despistamento eletrônico é descrito resumidamente no seguinte trecho elucidativo extraído do Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020

O despistamento eletrônico baseia-se no emprego de irradiação ou reirradiação intencional de energia eletromagnética, ou seja, na geração sinais falsos a partir da repetição de tais sinais ou da geração de sinais a partir da utilização da própria irradiação inimiga, respectivamente.

Re-irradiação é diferente de reflexão, pois se refere ao processo de: captação de uma emissão de interesse, armazenamento pelo tempo conveniente, amplificação ou modificação, quando necessário, e, finalmente, a irradiação do novo sinal de volta ao

receptor inimigo, com a finalidade de criar alvos falsos em qualquer tempo futuro, bem como em azimutes diferentes do mantido pelo interferidor. (BRASIL, 2014, pág 3-51)

### 3.3 Medidas de Proteção Eletrônica (MPE)

Entende-se por Medidas de Proteção Eletrônica as ações de Guerra Eletrônica que visam assegurar o uso efetivo (ativo e passivo) do espectro eletromagnético, mesmo sob influência de Guerra Eletrônica inimiga, de interferência da Guerra Eletrônica das forças amigas e demais interferências não intencionais (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 4-1).

O seguinte trecho do Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral EB60-ME-23.020 complementa a definição das ações de MPE

Enquanto as MAGE buscam obter informações para defesa ou ataque e são eminentemente passivas, as MPE têm como objetivo principal a defesa e a segurança da continuidade das operações do próprio equipamento e/ou sistema, procurando, também, anular ou reduzir os efeitos das MAE e MAGE a que o equipamento estiver sujeito.(BRASIL, 2014, pág 4-1)

As ações de MPE se subdividem em MPE anti-MAGE e MPE anti-MAE. As ações de MPE anti-MAGE englobam ações que visam evitar que o inimigo obtenha informações sobre a capacidade de combate das forças amigas através de ações de MAGE (interceptação e análise das emissões). As ações de MPE anti-MAE englobam ações que visam contrapor-se as medidas de ataque eletrônico (bloqueio, despistamento e armas anti-radiação) que porventura estejam sendo utilizadas pelo inimigo (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 4-1 e 4-2)

### 3.4 Fotônica e Optrônicos

Podemos conceber optrônica como a interação (conversão, produção e amplificação) entre energia elétrica e energia eletromagnética compreendidas na faixa do espectro eletromagnético que abrange o ultravioleta, o espectro visível, o infravermelho e todas as formas de radiação laser (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 5-1).

Basicamente, os sistemas eletro-ópticos são empregados militarmente para ampliação da capacidade da visão humana, guiamento de armamentos, comunicações, vigilância, alarme e aquisição de alvos e iluminação infravermelha e ultravioleta (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 5-12).

A ampliação da capacidade da visão humana resume-se na possibilidade de se enxergar sem a necessidade de iluminação convencional. Os principais equipamentos que nos facultam tal possibilidades se subdividem em equipamentos de imageamento termal (equipamentos infravermelho) e intensificador de imagens (amplificação de luz residual) (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 5-12).

O laser tem como aplicação militar mais comum a iluminação de alvos para armas guiadas a laser. Neste tipo de aplicação um feixe laser é direcionado ao alvo, reflete-se e é captado por um sensor montado no sistema de guiamento de uma bomba, que transforma tais sinais refletidos em comandos de guiamento (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 5-47).

O uso do infravermelho é explorado pelos sistemas de guiamento passivo de alguns armamentos, como o sistema IGLA-S por exemplo. O receptor na cabeça de guiamento do armamento transforma as emissões de calor provenientes do alvo (radiação infravermelha) em comandos de guiamento de modo a orientar o míssil até seu destino final (EB60-ME-23.020 Manual Escolar – Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral, 2014, pag 5-12).

#### 4. SISTEMAS AÉREOS NÃO PILOTADOS (SARPs)

A utilização de plataformas aéreas robotizadas, conhecidas popularmente como VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados), são uma realidade no campo de batalha desde a década de 60 do século passado, quando foram registrados os primeiros usos de tal tecnologia na guerra do Vietnã e, de maneira mais efetiva, nos conflitos árabe-israelenses das décadas de 70 e 80 do século passado (BRASIL, 2012).

Em nosso Exército, o emprego deste tipo de equipamento ainda se encontra em estado insipiente, estando restrito ao reboque de alvos aéreos para exercícios de tiro de artilharia antiaérea e iniciativas das Forças de Paz no Haiti, visando a obtenção de imagens das áreas de conflitos e a panfletagem (BRASIL, 2012).

A mudança de nomenclatura de VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados) para SARP (Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados) advém de estudos doutrinários que entenderam por bem abandonar o conceito de um veículo não tripulado e considerar o de um veículo remotamente pilotado, pois independente de alguns sistemas modernos terem a capacidade de realizar missões automatizadas, existirá sempre a ação de controle externa, onde o homem é o elemento fundamental, dando consistências às operações de diferentes aspectos, inclusive o jurídico (BRASIL, 2012).

De maneira oposta dos equipamentos utilizados no início deste tipo de atividade, trata-se de um vetor de grande capacidade pela possibilidade da utilização de sistemas embarcados de alta tecnologia, normalmente exclusivo de nações com razoável domínio de tecnologias decisivas, entre os quais se pode incluir o Brasil (BRASIL, 2012).

Os ensinamentos frutos dos últimos conflitos armados, de ampla complexidade tecnológica, observa-se que os SARPs têm sido empregados cada vez mais inseridos no conceito de manobra aeromóvel. Isto ocorre devido às capacidades que este tipo de sistema dispõe: obtenção de informações e obtenção de objetivos além da visão humana em profundidade, ofertadas pela possibilidade do sobrevôo de zonas hostis (sob o paradigma dos beligerantes ou de condições ambientais adversas), transferindo ao sistema automatizado missões perigosas ou desgastantes, preservando os recursos humanos, o que inclusive fomenta debates sob o ponto de vista da ética e da moral acerca de tal emprego tecnológico (BRASIL, 2012).

Extremamente aptos ao desempenho de missões conhecidas com IRVAA (Inteligência, Reconhecimento, Vigilância e Aquisição de Alvos), os sistemas modernos podem servir como plataforma de emprego múltiplo, incluindo até armas de alta tecnologia, embora não seja interesse prioritário para o Exército Brasileiro este tipo de emprego (BRASIL, 2012).

Atualmente, a concepção de operações militares com o emprego de SARP nos diversos escalões da Força tornou-se uma necessidade, porém entende-se que sua implantação será progressiva em virtude de sua complexidade e por não se tratar de um único sistema, mas de um conjunto de sistemas que deverá ser integrado entre si, à manobra da Força Terrestre seu sistema de comando e controle (BRASIL, 2012).

Podemos conceber o SARP sendo composto por uma aeronave remotamente pilotada propriamente dita, um módulo de estação de controle de solo, um módulo de comando e controle, um módulo de logística e por fim um módulo de recursos humanos (BRASIL, 2012).

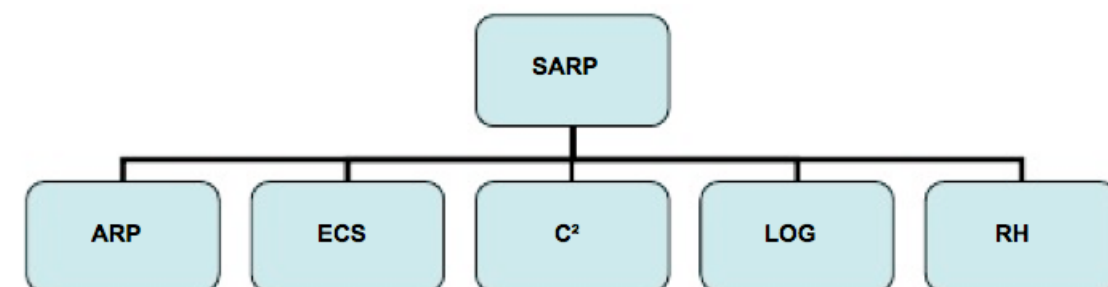


Figura 4 – Organograma sistêmico do SARP. Fonte: NOGUEIRA, Marcelo de Souza. **O uso de Veículos Aéreos não Tripulados no Sistema Tático de Guerra Eletrônica**. Brasília: Centro de Instrução de Guerra Eletrônica (CIGE).

O módulo ARP (aeronave remotamente pilotada) é composto pelo vetor aeronave, com sua motorização, combustível e sistemas necessários ao controle de vôo e navegação. O módulo possui tantas aeronaves quantas sejam necessárias para a manutenção da continuidade das operações. Normalmente, a maioria dos sistemas empregam três ARPs idênticos. Cabe ainda elucidar acerca do conceito de carga paga (pay load), representada pelos equipamentos operacionais embarcados destinados ao cumprimento da missão (sensores, optrônicos e outros) (BRASIL, 2012).

O módulo Estação de Controle de Solo (ECS) é composto por um subsistema de preparação e condução da missão, um subsistema de comandos de vôo e um subsistema de controle da carga paga (BRASIL, 2012).

O módulo de Comando e Controle (C<sup>2</sup>) consiste de todos os equipamentos necessários para realizar os enlaces para os comandos de vôo para transmissão de dados da carga paga e para coordenação de tráfego aéreo com os órgãos de controle de tráfego aéreo na jurisdição do espaço aéreo onde a ARP evolua (BRASIL, 2012).

As transmissões de dados podem ser estabelecidas por linha de visada direta ou além do horizonte, por retransmissão terrestre ou via satélite, o que aumenta a complexidade do sistema. Em todos os casos, a gestão do espectro eletromagnético deve ser executada de maneira a impedir a interferência de ou sobre outros sistemas de transmissão que estejam operando na mesma região (BRASIL, 2012).

O módulo de logística consiste de todos os meios de transporte e/ou acondicionamento das diversas partes do sistema, bem como todos os meios necessários à sua manutenção (BRASIL, 2012).

Por fim, o módulo de recursos humanos consiste das equipes de operação do sistema, bem como dos meios e do pessoal responsável pelo treinamento das respectivas equipes (BRASIL, 2012).



Figura 5 – Maquete ilustrativa dos subsistemas do SARP. Fonte: NOGUEIRA, Marcelo de Souza. **O uso de Veículos Aéreos não Tripulados no Sistema Tático de Guerra Eletrônica**. Brasília: Centro de Instrução de Guerra Eletrônica (CIGE).

#### 4.1 Emprego dos SARPs

Uma das principais aplicações atuais do SARP sem dúvida é na coleta de informações, principalmente através da geração de imagens aéreas da área sob vigilância. Um exemplo prático disso é que tal sistema foi amplamente utilizado no Afeganistão por parte das tropas norte-americanas, durante o combate ao grupo terrorista Talibã, chefiado por Osama Bin Laden.

Além das missões de vigilância, o SARP também pode cumprir missões de ataque e Guerra Eletrônica. Na foto a seguir, temos o exemplo de um sistema deste tipo utilizado pelo exército norte-americano. Em sua descrição, podemos verificar a multiplicidade de possibilidades de emprego deste SARP.



Figura 6 – SARP Predator. Fonte: <http://www.google.com.br>

Um exemplo da aplicação de SARPs em apoio a Guerra Eletrônica é o israelense Harop, versão aperfeiçoada do Harpy, especializado em destruir radares. O Harop é uma arma do tipo “atire e esqueça” e foi concebido para ter uma autonomia de mil quilômetros buscando radares ativos que podem conduzir ataques com mísseis hostis.



Figura 7 – SARP Harop. Fonte: <http://www.google.com.br>



Uma aplicação bem comum aos SARP é sua utilização em missões de ataque. Temos diversos exemplos disso nos conflitos recentes. Um exemplo é o norte-americano predator, que utilizando de armas guiadas, realizou o ataque contra um comboio no Afeganistão, em 4 de fevereiro de 2002.

#### 4.2 Possibilidades e limitações do SARP

Dentre suas possibilidades, podemos destacar a primordial delas, que é a ausência de piloto, que confere ao VANT maior mobilidade para manobras, pois não existem limitações físicas apresentadas ao homem em determinadas manobras – as chamadas forças “G”. Esta ausência possibilita ainda o desenvolvimento de uma aeronave cujo desenho é mais eficiente para determinada missão específica. (SOUZA e SANTOS, 2011)

Uma outra possibilidade que esse tipo de sistema possui é seu baixo custo operacional se comparado ao de uma aeronave convencional e o conjunto de parâmetros produzidos por uma determinada plataforma aérea que a identificam no espectro eletromagnético. Ademais, são utilizados na construção materiais como fibras de carbono, kevlar, ligas leves de alumínio, ligas de titânio e fibra de vidro. Proporciona grande economia de meios, principalmente que realiza missão de reconhecimento ou obtenção de informe do inimigo. (SOUZA e SANTOS, 2011)

Podem ser dotados de motores à explosão, elétricos, turbojato ou turbohélice. Em sua navegação, são utilizados sistemas inerciais a LASER ou sistemas de georeferência (GPS) combinados com centrais de dados. (SOUZA e SANTOS, 2011)

Contraditoriamente, a grande limitação do VANT é justamente sua principal característica, qual seja, a ausência de tripulação a bordo. O piloto de uma aeronave convencional tem condições de avaliar a situação na qual está inserido e inferir o melhor procedimento a ser adotado em seu proveito. Sua presença no ambiente operacional permite uma análise bastante eficaz de tudo o que nele acontece, e, desta forma, tem melhores condições de equacionar rapidamente questões inerentes à missão como, por exemplo, a utilização de determinado equipamento eletrônico em missão de vigilância ou armamento por ocasião de um ataque aéreo. (SOUZA e SANTOS, 2011)

Outra limitação refere-se diretamente à possibilidade de aproximação acentuada a um alvo. Devido a esse fato, aumenta a probabilidade da detecção por parte do inimigo, pois, apesar de possuir uma pequena assinatura radar em relação às aeronaves convencionais, é bastante vulnerável às ações de guerra eletrônica. (SOUZA e SANTOS, 2011)

Para se obter uma baixa assinatura radar é necessário além da utilização de materiais especiais de pequena reflexão de rádio-freqüência um pequeno tamanho.

Por fim, pode-se citar também sua grande vulnerabilidade com relação às condições meteorológicas. Como já frisado nas características principais dos VANT, suas pequenas dimensões e, conseqüentemente, pequeno peso, em prol de uma relativa abrangência aos sistemas de detecção, tornam o VANT sensível a ventos fortes, chuvas torrenciais, dentre outros elementos climáticos. (SOUZA e SANTOS, 2011)

#### 4.3 O emprego de SARPS nas operações da Força Terrestre

O emprego dos SARP nas operações realizadas pelos diversos escalões da Força Terrestre preenche lacunas operacionais, complementando a obtenção de produtos fornecidos por outros sistemas e aumentando as capacidades da Força Terrestre, por isso o SARP deve ser considerado uma ferramenta multiplicadora do poder de combate, gerando dificuldades para as ações do inimigo, que deverá tomar medidas de dissimulação e camuflagem, além de ter que limitar seus movimentos. (BRASIL, 2012)

Diversas são as missões típicas dos SARPs nas operações, tais como: vigilância de largas frentes; apoio ao reconhecimento; apoio de comunicações; apoio de guerra eletrônica; designador iluminador de alvos; sustentação; apoio à manobra e missões específicas. (BRASIL, 2012)

Nas missões de vigilância de largas frentes ao se considerar as áreas operacionais do continente e também outros ambientes extra-regionais dos conflitos modernos, a Força Terrestre poderá se deparar com espaços muito amplos, que devem ser ocupados de alguma maneira. Aplicando-se o princípio de guerra de economia de meios, as frentes são priorizadas e algumas delas serão vigiadas, onde neste cenário o SARP poderá exercer papel muito importante, pois a tecnologia atual

permite a vigilância de largas frentes com precisão, proporcionando alerta antecipado, economizando ainda mais meios humanos disponíveis. (BRASIL, 2012)

Em missões de apoio ao reconhecimento, embarcando sensores com a capacidade de observar sob condições de baixa luminosidade e/ou baixa visibilidade, os SARPs, devem ser empregados visando esclarecer a situação observando os protagonistas em evolução no ambiente operativo terrestre, coletando informações antecipadas do meio físico e do meio ambiente em todas as fases das operações. Nas operações típicas de reconhecimento, os SARPs podem ser empregados no reconhecimento de eixo e reconhecimento de zona, tanto na ofensiva quanto na defensiva, antecipando informações sobre o inimigo antecedendo ao contato. (BRASIL, 2012)

Ainda acerca das missões de apoio ao reconhecimento, podemos acrescentar ainda que os SARPs são capazes de seguir, em tempo real e de maneira contínua, os movimentos e atitudes das ameaças, o que pode ser comparado com informações de outras fontes para avaliar as intenções. Para isso, utiliza-se de sensores optrônicos, de radar, de sinais e QBRN de alto desempenho, que concorrem para a coleta de imagens de diversos tipos, fornecendo produtos para o trabalho de inteligência de imagens geoprocessadas, de sinais e ameaças QBRN. (BRASIL, 2012)

Cumpra-se acrescentar ainda no que diz respeito às missões de apoio ao reconhecimento, que contando com as capacidades supracitadas dos SARPs e com a capacidade da transmissão de dados em tempo real, os comandantes devem se utilizar das informações adquiridas pelos SARPs, possibilitando a antecipação, evitando as surpresas, economizando seus meios de emprego em outras missões e permitindo a intervenção oportuna no combate. (BRASIL, 2012)

No apoio às comunicações, os SARPs podem ser utilizados como estações de retransmissão, quando equipado com este tipo de carga paga. Com isto o sistema de comando e controle poderá ser ampliado ou ter sua precisão ampliada em áreas críticas para propagação de ondas eletromagnéticas.

Uma grande vantagem do SARP em apoio às comunicações é seu emprego tendo como objetivo a manutenção dos enlaces de comunicações com pequenas frações, tropas aeroterrestres ou aeromóveis infiltradas em zonas vermelhas ou hostis, enquanto não houver outros meios de retransmissão tais como satélites e até que se proceda a junção. (BRASIL, 2012)

No que diz respeito ao emprego do SARP em apoio à guerra eletrônica, o SARP poderá ser empregado com equipamentos de MAE, MAGE e MPE. Com isto, o alcance da guerra eletrônica é ampliado, atingindo zonas do espaço de batalha, onde as unidades de guerra eletrônica, pela carência de meios, não teriam prioridade de atuação. (BRASIL, 2012)

Como designador iluminador de alvos, uma ARP, devido à possibilidade de engajar alvos além do alcance das armas antiaéreas inimigas, tem um emprego eficaz, iluminando alvos para armamentos sofisticados, tais como mísseis guiados a laser e outras tecnologias de ponta, eliminando assim a necessidade de guias avançados, poupando meios humanos, sobretudo quando em áreas vermelhas. (BRASIL, 2012)

Acerca do emprego do SARP em missões de sustentação, cabe elucidar que este módulo ainda não está disponível para os SARPs do Exército, entretanto, o transporte de equipamentos sensíveis para apoio a pequenas frações isoladas, tais como DOFEsp e equipes precursoras é uma necessidade para operação do sistema. Embora a idéia pareça simples e de pouco impacto para as manobras dos escalões superiores, a possibilidade da manutenção em combate destas pequenas frações sobre objetivos importantes permite obter como efeitos vantagens marcantes para o êxito da manobra da Força Terrestre. (BRASIL, 2012)

Ainda que a vigilância e o apoio ao reconhecimento sejam a vocação principal dos SARP na maioria das operações, existem diversas possibilidades de emprego que auxiliam a manobra, tais como: busca e designação de alvos para função fogos; acompanhamento do desenrolar das ações, para apoio ao estudo de situação continuado e apoio à segurança dos movimentos terrestres proporcionada pelo emprego de forças de cobertura. (BRASIL, 2012)

Além disso, outras formas de emprego podem surgir, pois os SARP podem servir como plataforma de armas de alta tecnologia, atingindo, com precisão, áreas fora de alcance de outras armas ou que, por imposição, não seja possível o tratamento do alvo com armas de menor precisão. (BRASIL, 2012)

Além das do emprego nas operações, algumas missões podem ser desencadeadas com vantagens quando apoiadas por SARP. São elas: vigilância de instalações; observação na proteção de pontos sensíveis ou estruturas estratégicas; esclarecimento e acompanhamento de comboios; orientação para infiltração ou exfiltração de subunidades; controle de danos; operações psicológicas (panfletagem) e plataforma de armas, entre outras. (BRASIL, 2012)

## 5. CONCLUSÃO

Segundo Nogueira em seu artigo científico, ao analisar o cenário tático atual, percebe-se que existe uma clara necessidade de aproximar os equipamentos determinadores de direção (“direction finding - DF”) e os equipamentos de ataque eletrônico dos alvos de interesse; além disso, é necessário aumentar a altura das antenas de recepção e de bloqueio de sinais. O ARP é uma plataforma que pode suprir facilmente estas necessidades, pois é possível montar um sistema para interceptar, localizar e bloquear as comunicações táticas usando dois ARPs, uma estação terrestre.

Nogueira, no mesmo artigo, ainda nos elucida que, o sistema integrado (SARP – guerra eletrônica) consegue fornecer a localização eletrônica, usando a combinação das diferentes direções obtidas pelo veículo não-tripulado com as direções da plataforma base, possibilitando a localização do emissor com maior rapidez, precisão e eficiência. A facilidade de deslocamento do SARP faz com que o levantamento da posição das unidades inimigas seja feita de forma mais rápida, como o SARP consegue obter várias marcações, a precisão da localização eletrônica é maior do que os sistemas de GE convencionais.

Concluindo seu artigo, Nogueira nos diz que o SARP é uma ferramenta imprescindível para o desempenho das atividades de guerra eletrônica no nível tático. O VANT pode operar em alturas muito mais apropriadas tanto para a localização eletrônica como para as ações de interferência. A baixa observabilidade dos SARPs permite que o equipamento possa ser empregado em distancias muito mais próximas do alvo do que as plataformas convencionais. Ao contrário dos sistemas convencionais, o abate ou a perda de um ARP não causa tantos desgastes políticos como a perda de vidas humanas das plataformas tradicionais. Os ARPs são menores e, portanto, podem ser dotados de tecnologia “*stealth*” mais facilmente do que as plataformas tripuladas. Além disso, os ARPs levam uma vantagem importante sobre os satélites de reconhecimento, por serem mais baratos e pela facilidade de reconfiguração de missão em vôo que é muito mais dispendioso em um satélite.

Com base nos dados apresentados nos capítulos anteriores e nas considerações supracitadas neste capítulo, conclue-se que o SARP é uma ferramenta de capital importância para o apoio a guerra eletrônica, tendo em vista as características dos

ambientes operacionais, bem como a inovação tecnológica dos materiais de emprego militar juntamente com a necessidade de se preservar vidas humanas. O SARP sem sombra de dúvidas, trará uma verdadeira transformação no emprego de meios por parte da Força Terrestre em suas operações.

## REFERÊNCIAS

1. BRASIL. Estado-Maior do Exército. **Nota de coordenação doutrinária nº 03/2012**. Brasília: C Dout Ex, 2012.
2. BRASIL. Estado-Maior do Exército. **C 34-1: Emprego da Guerra Eletrônica**. 2. ed. Brasília: EGGCF, 2014.
3. BRASIL. Estado-Maior do Exército. **EB20-MC-10.214: Vetores aéreos da força terrestre**. 1. ed. Brasília: EGGCF, 2014.
4. BRASIL. **Informativo Antiaéreo (2º Semestre de 2007)** - Rio de Janeiro: 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea e Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, 2008.
5. BRASIL. Centro de Estudos de Pessoal. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. Rio de Janeiro: Armazém das Letras Gráfica e Editora Ltda, 2007.
6. BRASIL. Estado-Maior de Defesa. **MD33-M-02: Manual de Abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas**. 3. ed. Brasília: MD, 2008.
7. BRASIL. Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. **EB60-ME-23.020: Introdução a Guerra Eletrônica de Não Comunicações na Defesa Antiaérea e na Defesa de Costa e Litoral**. 3. ed. Brasília: MD, 2014.
8. VENÂNCIO, A.G., FELDENS, J.F. **VANTS em missões de Guerra Eletrônica**. São José dos Campos: Centro Tecnológico Aeroespacial.
9. NOGUEIRA, Marcelo de Souza. **O uso de Veículos Aéreos não Tripulados no Sistema Tático de Guerra Eletrônica**. Brasília: Centro de Instrução de Guerra Eletrônica (CIGE).
9. SOUZA, Caio Hercílio Oliveira de, SANTOS, Leodilson Bastos dos. **VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS – Ferramenta de Comando e Controle nas Ações do CBMPE para a Copa de 2014**. Recife, 2014.
10. \_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. MD33-M-02: **Manual de abreviaturas, siglas, símbolos e convenções cartográficas das Forças Armadas**. 3. ed. Brasília, DF, 2008.
11. \_\_\_\_\_. Estado-Maior do Exército. **C 44-8: Comando e controle na artilharia antiaérea**, 1. ed. Brasília, DF, 2003.
12. \_\_\_\_\_. Estado-Maior do Exército. **C 44-1: Emprego da artilharia antiaérea**. 4. ed. Brasília, DF, 2001.

13. \_\_\_\_\_. Estado-Maior do Exército. **EB20-MC-10.103: Operações**. 1. ed. Brasília, DF, 2014.

14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14724:2005**. Informação e documentação – Trabalhos Acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro. 2005