

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

**MANOEL DE ARAUJO FERREIRA NETO**

**AS POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DA DEFESA ANTIAÉREA DO  
EXÉRCITO BRASILEIRO QUANDO EMPREGADA CONTRA SISTEMAS DE  
AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS NO TEATRO DE OPERAÇÕES**

**Rio de Janeiro  
2019**

**MANOEL DE ARAUJO FERREIRA NETO**

**AS POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DA DEFESA ANTIAÉREA DO  
EXÉRCITO BRASILEIRO QUANDO EMPREGADA CONTRA SISTEMAS DE  
AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS NO TEATRO DE OPERAÇÕES**

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

**ORIENTADOR: Cap Art Klaus Santiago Küster**

**Rio de Janeiro  
2019**



MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DECEX - DETMil  
ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA

DIVISÃO DE ENSINO / SEÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

COMUNICAÇÃO DO RESULTADO FINAL AO POSTULANTE (TCC)

FERREIRA NETO, Manoel de Araujo (1º Ten Art). As possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro quando empregada contra sistemas de aeronaves remotamente pilotadas no Teatro de Operações. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no programa *lato sensu* como requisito parcial para obtenção do certificado de pós-graduação em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral. Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea.

Orientador: KLAUS SANTIAGO KÜSTER / CAPITÃO / ARTILHARIA

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

Rio de Janeiro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

\_\_\_\_\_  
RODRIGO BARRETO FERREIRA DA SILVA/MAJOR/ARTILHARIA  
PRESIDENTE

\_\_\_\_\_  
ANDRÉ LUIZ PEREIRA/CAPITÃO/ARTILHARIA  
MEMBRO

\_\_\_\_\_  
KLAUS SANTIAGO KÜSTER /CAPITÃO/ARTILHARIA  
MEMBRO

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que sempre me deu saúde, força e esperança para sempre seguir em frente e superar e vencer todos os desafios que se apresentaram em minha vida.

À minha esposa, Amanda, pelo apoio prestado e pela paciência apresentada em todos os momentos em que necessitei, sempre com palavras amigas e de esperança.

Aos meus pais e irmão, pela excelente educação que me foi dada sempre fundamentada nos valores éticos e morais e por terem sempre me apoiado nas diversas situações encontradas na minha vida, sem os quais eu não seria quem sou.

Aos meus amigos, por terem me mostrado que sempre há espaço para evoluir pessoalmente e que sempre há motivos para melhorar o ambiente por onde passamos.

Aos meus companheiros de turma pela excepcional convivência e camaradagem apresentada que, de certa maneira, colaboraram para a conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador, pela disponibilidade, dedicação e pelas correções oportunas e eficientes, sem as quais não seria possível concluir este trabalho, sempre me ajudando a alcançar o meus objetivos.

*“Se quisermos que a glória e o sucesso acompanhem nossas armas, jamais devemos perder de vista os seguintes fatores: a doutrina, o tempo, o espaço, o comando, a disciplina.” (Sun Tzu).*

## **AS POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DA DEFESA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO BRASILEIRO QUANDO EMPREGADA CONTRA SISTEMAS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS NO TEATRO DE OPERAÇÕES**

Manoel de Araujo Ferreira Neto

**Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo apresentar as principais possibilidades e limitações da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro quando empregada contra sistemas de aeronaves remotamente pilotadas no Teatro de Operações. Com a finalidade de viabilizar o pleno entendimento do trabalho, são apresentadas as características dos principais sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro, apresentando, também, suas principais capacidades e limitações de emprego militar. Para alcançar os objetivos propostos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica baseando-se em um processo indutivo, dividindo a referida pesquisa em quatro capítulos que apresentam o sistema de aeronaves remotamente pilotadas, o Teatro de Operações, o subsistema de armas da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro e as possibilidades e limitações da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de aeronaves remotamente pilotadas, Possibilidades, Limitações, Artilharia Antiaérea, Exército Brasileiro.

**Abstract:** This paper aims to present the main possibilities and limitations of the Brazilian Army Air defence Artillery when employed against remotely piloted aircraft systems in the Theater of Operations. In order to enable a full understanding of the work, the characteristics of the main systems of remotely piloted aircraft and the Brazilian Army Air defence Artillery are presented, also presenting their main capabilities and limitations of military employment. To achieve the proposed objectives, a bibliographic research was conducted based on an inductive process, dividing the research into four chapters that present the remotely piloted aircraft system, the Theater of Operations, the Brazilian Army Air defence Artillery weapons subsystem, and the possibilities and limitations of the Brazilian Army Air defence Artillery.

**KEY WORDS:** Remotely piloted aircraft system, Possibilities, Limitations, Air defence Artillery, Brazilian army.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	9
2.1 TEMA .....	9
2.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	10
2.3 QUESTÕES DE ESTUDO .....	10
2.4 OBJETIVOS .....	10
2.5 JUSTIFICATIVAS .....	11
2.6 CONTRIBUIÇÃO .....	11
2.7 PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS .....	12
<b>3 SISTEMAS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS</b> .....	14
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE OS SARP.....	15
3.2 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DOS SARP.....	17
3.3 CLASSIFICAÇÃO E CATEGORIAS DOS SARP.....	21
3.4 CONCEPÇÃO DE EMPREGO DOS SARP.....	24
<b>4 O TEATRO DE OPERAÇÕES</b> .....	26
4.1 ZONA DE COMBATE (ZC).....	27
4.2 ZONA DE ADMINISTRAÇÃO (ZA) .....	28
<b>5 O SUBSISTEMA DE ARMAS AAAe DO EXÉRCITO BRASILEIRO..</b> .....	30
5.1 VIATURA BLINDADA DE COMBATE (VBC) DEFESA ANTIAÉREA (D AAE) GEPARD 1A2.....	30
<b>5.1.1 Características gerais, possibilidades e limitações do GEPARD 1A2</b> .....	31
<b>5.1.2 Composição e finalidade da unidade de tiro do GEPARD 1A2</b> .....	35
5.2 MÍSSIL RBS 70.....	37
<b>5.2.1 Características gerais, possibilidades e limitações do míssil RBS 70</b> .....	38
<b>5.2.2 Composição e finalidade da unidade de tiro do míssil RBS 70</b> .....	40
5.3 MÍSSIL IGLA S.....	41
<b>5.3.1 Características gerais, possibilidades e limitações do míssil IGLA S</b> .....	43
<b>5.3.2 Composição e finalidade da unidade de tiro do míssil IGLA S</b> .....	44

<b>6 POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DA AAAe DO EXÉRCITO BRASILEIRO</b> .....	46
6.1 ARTILHARIA ANTIAÉREA .....	46
6.2 POSSIBILIDADES DA AAAe DO EXÉRCITO BRASILEIRO.....	48
6.3 LIMITAÇÕES DA AAAe DO EXÉRCITO BRASILEIRO .....	49
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	51
<b>8 REFERÊNCIAS</b> .....	54

## **1 INTRODUÇÃO**

A evolução tecnológica fez com que o emprego de novas tecnologias, com finalidades bélicas, se tornasse uma realidade cada vez mais presente no cenário dos conflitos armados pelo mundo. Uma destas novas tecnologias foi o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARP), com as mais diversas funcionalidades e finalidades.

A utilização de SARP com finalidades bélicas tem sido algo cada vez mais comum nos diversos Teatros de Operações no mundo inteiro, sobretudo nas duas últimas décadas, quando observa-se um crescente desenvolvimento tecnológico dessas plataformas de combate, bem como de suas doutrinas e táticas de emprego.

A presença desse novo vetor aeroespacial nos recentes e atuais conflitos armados gerou a necessidade de preparo da defesa antiaérea para se contrapor ao possível emprego desta nova ameaça aérea. Com isso, grande parte das forças armadas do mundo vem realizando estudos e pesquisas com o intuito de desenvolver novas formas para minimizar os possíveis efeitos gerados pelo emprego dos SARP no combate moderno, levando em consideração, muitas vezes, suas possibilidades e limitações a fim de evitar que estas aeronaves consigam cumprir as missões a que se destinam.

Desta forma, o presente estudo visa realizar um estudo sobre as atuais possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro caso seja empregada contra SARP no Teatro de Operações (TO), possibilitando, assim, melhores condições de atuação para a defesa antiaérea da Força Terrestre do Brasil no caso de seu possível emprego em situações futuras.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 TEMA**

O tema central do presente trabalho foi limitado ao estudo das possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro quando empregada contra sistemas de aeronaves remotamente pilotadas no Teatro de Operações. Desta forma, o tema está demilitado em objeto de estudo às possibilidades e limitações da defesa antiaérea da Força Terrestre brasileira quando empregada contra SARP e,

no espaço, ao TO. Por fim, a limitação temporal da pesquisa, está relacionada à pesquisa do emprego dos SARP em conflitos recentes, sobretudo nas últimas duas décadas, e tem por finalidade conceder mais atualidade e relevância à pesquisa.

## 2.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A situação problema, que serviu de base para a realização da presente pesquisa foi a seguinte: “quais as possibilidades e limitações atuais da defesa antiaérea do Exército Brasileiro, quando empregada contra sistemas de aeronaves remotamente pilotadas no Teatro de Operações”.

## 2.3 QUESTÕES DE ESTUDO

Alguns questionamentos foram levantados com o intuito de guiar o presente estudo. Destacam-se os seguintes:

- a. Como o desenvolvimento tecnológico dos SARP de categoria 0 e 1 tem influenciado seu emprego com finalidades bélicas nas últimas duas décadas?
- b. Na atualidade, de que maneira os SARP de categoria 0 e 1 vêm sendo empregados nos Teatros de Operações?
- c. Na atualidade, quais os principais sistemas de armas de dotação da defesa antiaérea do Exército Brasileiro?
- d. Quais as possibilidades e limitações dos sistemas de armas utilizados atualmente pela defesa antiaérea do Exército Brasileiro?
- e. À luz da doutrina de emprego e dos materiais empregados pela defesa antiaérea do Exército Brasileiro, quais são as atuais possibilidades e limitações de seu emprego contra SARP de categoria 0 e 1 no Teatro de Operações?

## 2.4 OBJETIVOS

Ao relacionar o problema apresentado com os questionamentos apontados, foi determinado o objetivo geral de pesquisa. A fim de viabilizar a consecução do referido objetivo, foram formulados objetivos específicos, de forma a encadear

logicamente o raciocínio descritivo apresentado neste estudo.

- a. Apresentar o desenvolvimento tecnológico ocorrido com os SARP de categoria 0 e 1 de emprego militar, tendo por base o início dos anos 2000;
- b. Apresentar a importância que vem ganhando os SARP de categoria 0 e 1 nos atuais Teatros de Operações;
- c. Apresentar os principais sistemas de armas empregados pela defesa antiaérea do Exército Brasileiro na atualidade;
- d. Verificar as atuais possibilidades e limitações dos sistemas de armas utilizados pela defesa antiaérea do Exército Brasileiro;
- e. Verificar as atuais possibilidades e limitações do emprego da defesa antiaérea do Exército Brasileiro contra os SARP durante operações militares, em especial no Teatro de Operações.

## 2.5 JUSTIFICATIVA

A crescente utilização de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas com finalidades bélicas nos mais diversos Teatros de Operações pelo mundo cria a demanda de meios que possam fazer frente a essas novas ameaças aéreas.

O combate a esse moderno vetor tem sido uma preocupação constante de todas as Forças Armadas do mundo, fazendo com que novas tecnologias e doutrinas de emprego sejam desenvolvidas por seus sistemas de defesa antiaérea com a finalidade de impedir que os SARP consigam cumprir suas missões.

Desta forma, faz-se necessário desenvolver o conhecimento sobre as possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro caso seja empregado contra aeronaves remotamente pilotadas no Teatro de Operações.

## 2.6 CONTRIBUIÇÃO

O presente estudo pretende expandir o conhecimento acerca das possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro caso seja empregado contra aeronaves remotamente pilotadas no Teatro de Operações.

Pretende, ainda, possibilitar pesquisas futuras sobre as possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro, a partir das informações levantadas na pesquisa.

Dessa forma, visa uma possível atualização da doutrina e dos manuais existentes acerca do assunto ou, então, despertar a necessidade de experimentações doutrinárias relacionadas ao tema.

## 2.7 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto à natureza, o presente estudo qualifica-se por ser uma pesquisa do tipo aplicada, pois tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicações práticas em estudos futuros sobre as possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro, apoiando-se para tal do método indutivo, método este que considera o conhecimento como sendo fundamentado na experiência e na prática.

Trata-se de um estudo bibliográfico que, para seu desenvolvimento, terá por método a leitura exploratória e seletiva do material de pesquisa, bem como sua revisão total, contribuindo para sintetizar e analisar os resultados de vários estudos, de forma a unificar uma pesquisa compreensível e atualizada.

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira:

- a. O capítulo 3 versa sobre os sistemas de aeronaves remotamente pilotadas. São apresentadas suas principais características, classificações, utilizações militares, possibilidades e limitações de emprego. Este capítulo delimita a pesquisa ao universo dos SARP de categoria 0 e 1, devido à inviabilidade da realização do estudo de todos os modelos e categorias existentes no mercado mundial.
- b. No capítulo 4 é realizada a apresentação e caracterização do Teatro de Operações, a fim de delimitar espacialmente a pesquisa a ser desenvolvida.
- c. No capítulo 5 são relacionados e caracterizados os sistemas de armas de Artilharia Antiaérea mais relevantes em uso pelo Exército Brasileiro na atualidade, e apresentado suas principais características de emprego.
- d. No capítulo 6 são apresentadas as principais possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro caso seja empregado contra SARP, fundamentadas sobre tudo, nos dados já apresentados nos capítulos anteriores.
- e. No capítulo 7, último do presente trabalho, são apresentadas as conclusões da pesquisa e suas considerações finais.

Com o intuito de viabilizar a referida pesquisa, foram aplicados os procedimentos metodológicos conforme descrição apresentada a seguir.

Inicialmente, foi executado um levantamento bibliográfico visando encontrar literatura, principalmente de fontes oficiais, que fornecesse dados de relevância acerca das principais características, classificações, utilizações, possibilidades e limitações dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas encontrados no mercado mundial. Com a finalidade de possibilitar um trabalho mais aprofundado e rico em detalhes, a pesquisa se ateve aos SARP de categoria 0 e 1. Outras informações adicionais foram encontradas e extraídas em várias publicações de relevância na área de Defesa.

Findada a etapa inicial, foi realizada uma pesquisa com a finalidade de apresentar e caracterizar o Teatro de Operações, local delimitador espacial do trabalho em questão. A grande maioria dos meios estudados durante este levantamento está presente nos manuais de campanha do Exército Brasileiro.

Em um terceiro momento, foram estudados os principais sistemas de armas de Artilharia Antiaérea em uso pelo Exército Brasileiro na atualidade, apresentando suas características técnicas, possibilidades e limitações de emprego no TO. Novamente, tais elementos foram encontrados em sua maior parte nos manuais técnicos da Força Terrestre brasileira, bem como nos manuais dos fabricantes dos armamentos empregados.

A etapa final da pesquisa teve como foco principal o levantamento das principais possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro no caso de seu possível emprego contra SARP no TO. Para tanto, foram utilizados os dados anteriormente coletados, juntamente com novos elementos levantados por meio dos manuais doutrinários de emprego da defesa antiaérea da Força Terrestre do Brasil.

A principal ferramenta utilizada para a coleta dos dados utilizados nesta pesquisa foi o fichamento, tendo em vista a natureza factual e técnica das informações referentes ao tema e aos objetivos específicos do presente trabalho.

Durante a análise dos dados, foram comparados os dados obtidos nas diferentes fases da pesquisa apresentadas acima, obtendo desta maneira uma linha de raciocínio coerente baseada principalmente no processo dedutivo, uma vez que as conclusões resultantes da presente análise são baseadas em proposições.

### 3 SISTEMAS DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

A grande evolução tecnológica viva pelo mundo na atualidade gera reflexos em todas as áreas e ramos da sociedade. Estes reflexos não seriam diferentes no que tange a área da defesa, que teve uma grande fomentação de seus meios por meio de modernizações tecnológicas que agregam valor estratégico e facilitam sobremaneira o cumprimento das mais diversas missões, de forma eficiente e eficaz, a que se destinam os referidos meios de emprego militar.

Dentre os mais diversos desenvolvimentos ocorridos na área militar podemos destacar a criação e o desenvolvimento de tecnologias relacionadas aos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas, que são uma realidade presente em praticamente todos os exércitos, conforme nos elucida Jeronymo (2018, p.09): “Nos atuais conflitos modernos, conhecidos como de 4ª geração, o emprego do Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), em Operações Militares, é uma realidade para a maioria dos exércitos dos países desenvolvidos”.

Diante desta nova demanda mundial, fez-se necessário a aquisição de SARP pela Força Terrestre brasileira, bem como o desenvolvimento de doutrinas para emprego destes novos meios de combate, a fim de permitir que o Exército Brasileiro estivesse em condições de utilizar estes materiais de emprego militar caso necessário em situações futuras, obtendo, assim, o melhor proveito dos SARP. A necessidade exposta pode ser observada através da Diretriz de Coordenação para a Obtenção dos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas - SARP (EB20-D-10.020) de 2014, que apresenta como finalidade “coordenar as medidas necessárias à obtenção (por pesquisa e desenvolvimento ou aquisição) dos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) no âmbito do Exército Brasileiro (EB)”.

Desta maneira, a seguir serão abordadas as principais características operativas, a classificação, as categorias e a concepção de empregos dos SARP, com a finalidade de melhorar sua compreensão quando ao possível emprego destes sistemas. Cabe apenas destacar que, devido a limitações da pesquisa o trabalho terá como foco apenas os SARP de categorias 0 e 1, possibilitando, assim, um melhor aprofundamento nestas categorias.

### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE OS SARP

Conforme explicitado por Brasil (2014, p.1-3), o sistema de aeronaves remotamente pilotadas pode ser definido como: “Conjunto de meios que constituem um elemento de emprego de ARP (Aeronave Remotamente Pilotada) para o cumprimento de determinada missão aérea”.

Além da nomenclatura já apresentada nesta pesquisa, os sistemas de aeronaves remotamente pilotadas podem ser apresentados com outras nomenclaturas por outros pesquisadores ao longo do mundo, dentre as quais merecem destaque as seguintes: drones, veículos aéreos não tripulados (VANT) e aeronaves remotamente pilotadas (ARP). No entanto, no decorrer deste trabalho, as diferentes denominações serão tratadas como sinônimos para SARP, uma vez que executam basicamente as mesmas tarefas e possuem funcionalidades semelhantes.

Os SARP possuem uma grande capacidade de conservarem-se em operações de voo durante um considerável espaço de tempo, cumprindo as mais diversas e variadas tarefas de interesse da força que o opera, facilitando, assim, a tomada de decisões pelos comandantes dos mais diversos escalões, conforme pode ser observado a seguir:

O emprego de SARP em operações terrestres está relacionado à capacidade que esses sistemas têm de permanecer em voo por longos períodos, particularmente, sobre áreas hostis, tanto sob o ponto de vista dos beligerantes quanto das condições ambientais. Essa capacidade permite aos comandantes – nos diversos níveis e escalões – obter informações, selecionar e engajar objetivos e alvos terrestres além da visada direta e em profundidade, no campo de batalha.(BRASIL, 2014, p.4-1)

O adequado emprego dos SARP constitui um diferencial para a liberdade de ação dos comandantes dos elementos de emprego da F Ter. A multiplicidade de aplicações típicas desses sistemas no campo de batalha, englobando desde o apoio às ações de IRVA até a logística, possibilita otimizar sobremaneira o processo de tomada de decisão e aumentar o nível de consciência situacional dos decisores em todos os níveis.(BRASIL, 2014, p.4-2)

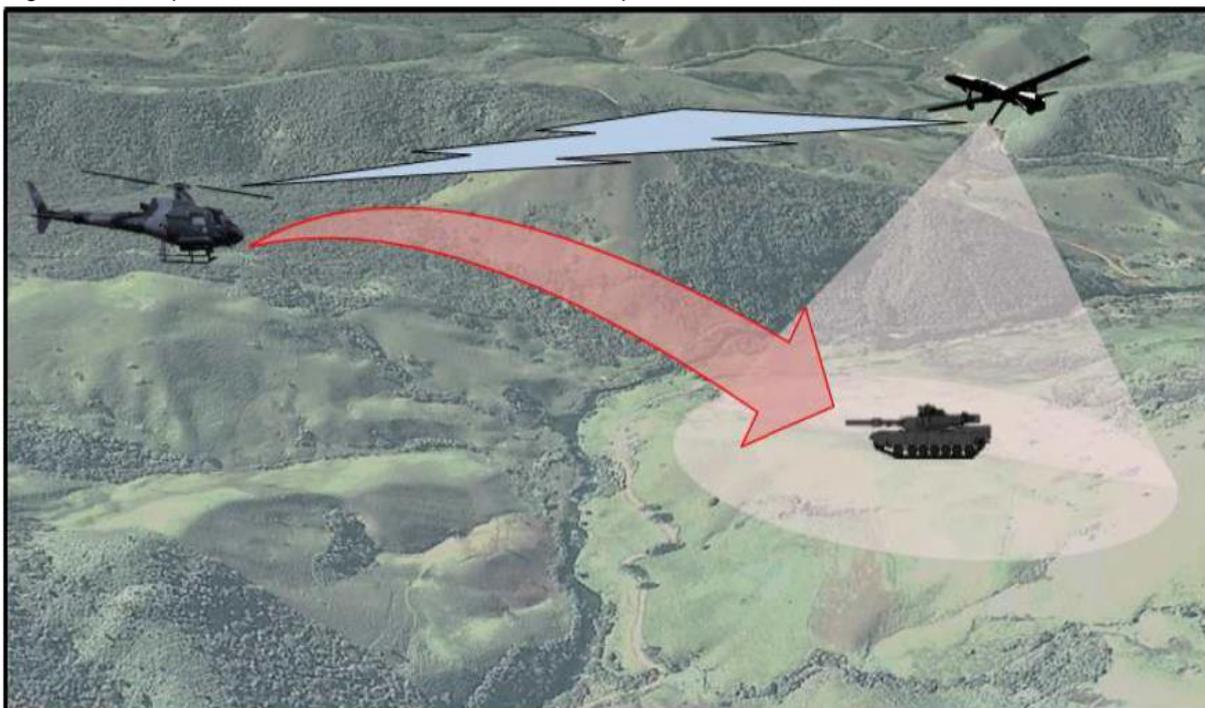
Além de facilitarem a tomada de decisões em um contexto militar por parte dos comandantes dos diversos escalões envolvidos, o emprego dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas está diretamente relacionado com a segurança de bens materiais e bens ativos, vida de militares, quando em situações de demasiado risco.

Os SARP são utilizados tanto para complementar e reforçar as capacidades de outros sistemas da F Ter, como para atuar como seus substitutos, em situações onde o risco ou o desgaste imposto às tripulações de sistemas tripulados seja demasiadamente alto ou inaceitável. (BRASIL, 2014, p.4-1)

Quanto ao emprego destes sistemas, podemos dizer que são fundamentados através da complementação dos outros vetores aeroespaciais presentes no campo de batalha, permitindo desta maneira um emprego mais efetivo e eficiente do espaço aéreo, conforme explica Brasil, (2014):

A concepção de emprego dos SARP na F Ter baseia-se na complementaridade com outros vetores aéreos (tripulados e não tripulados), na adequação desses sistemas aos diferentes elementos de emprego da F Op e na atuação integrada à manobra terrestre e aos demais sistemas usuários do espaço aéreo. (BRASIL, 2014, p.4-1)

Figura 1: Complementaridade dos vetores aéreos tripulados e os SARP



Fonte: BRASIL, 2014, p.4-1

A grande diversidade de SARP existentes possibilita o emprego de sistemas de maior ou menor grau de complexidade, dependendo da necessidade do escalão ou do elemento que opera o referido SARP. Além disso, a utilização destes sistemas exige a observância de rígidos procedimentos de segurança, muitas vezes os mesmos utilizados pelos vetores aéreos tripulados, com a finalidade de proteger os SARP e principalmente outros veículos aéreos tripulados.

Em geral, os elementos de emprego das armas-base empregam SARP de menor complexidade e alcance para missões em suas zonas de ação ou à frente de seus deslocamentos, quando em missões de reconhecimento. As unidades da Av Ex operam SARP mais complexos, com maiores alcance, autonomia e capacidade de carga, em proveito dos G Cmdo Op e superiores. (BRASIL, 2014, p.4-2)

O emprego de SARP requer o mesmo tratamento dispensado a um sistema aéreo tripulado, particularmente no que concerne à segurança de voo. Tripulações remotas deverão atentar às limitações em perceber e detectar (sense and avoid, na terminologia adotada internacionalmente) tráfegos aéreos e outros riscos, tais como obstáculos do terreno, formações meteorológicas, entre outros, nas diversas situações do voo. (BRASIL, 2014, p.4-2)

Além dos conceitos já apresentados, é fundamental a explicação do conceito de seção reta radar (RCS). Este conceito está diretamente ligado à capacidade de detecção das ameaças aéreas e que quando se tratam de SARP cresce ainda mais de importância. Podemos definir a seção reta radar como sendo a capacidade que um alvo possui para refletir a energia de volta ao radar, desta maneira quanto maior a área de um alvo, maior será a energia refletida pelo mesmo e em consequência sua RCS.

É a capacidade de determinado alvo em refletir a energia de volta ao radar. A “seção reta radar” é representada pela letra grega “sigma” ( $\sigma$ ) ou pela sigla RCS (radar cross section). Quanto maior a superfície de reflexão do alvo, maior será a quantidade de energia retransmitida.

A RCS de um alvo varia com certos fatores, quais sejam: tamanho; aspecto; composição material (incluindo pintura, revestimento e acabamento); frequência de transmissão do radar em questão; e polarização da onda incidente. (BRASIL, 2012, p.21).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DOS SARP

Para a obtenção do correto emprego dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas faz-se necessário o correto conhecimento acerca de suas características operacionais, pois só assim será possível aproveitar-se das mesmas para a conquista de vantagens durante a utilização dos SARP com finalidades bélicas.

Em um ambiente de combate, os SARP são elementos fundamentais na obtenção de informações acerca do oponente. Isso ocorre devido à grande capacidade que estas plataformas possuem para ampliação do alcance e do poder

de combate da Força Terrestre, possibilitando aos comandantes dos escalões dotados com estas plataformas vantagens significativas na guerra da informação.

Os SARP são componentes essenciais para ampliar o alcance e a eficácia das operações terrestres, pois – atuando como multiplicadores do poder de combate – possibilitam a F Ter antecipar-se às mudanças nas condicionantes de um ambiente operativo que se mantêm em constante evolução. Ademais, permitem aos comandantes obter vantagens significativas sobre o oponente, sendo a principal delas a superioridade das informações. (BRASIL, 2014, p.4-2)

Quando foram criados, os SARP possuíam como finalidade principal a aquisição de informações relevante sobre o inimigo. Entretanto, a constatante evolução tecnológica tem alterado algumas características destes meios de combate aéreo, tornando possível que os SARP mais atuais sejam capazes de realizarem uma ampla variedade de missões de combate, desde missões inerentes a sistemas de armas até missões de guerra eletrônica, tornando a versatilidade e a modularidade características operativas dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas.

Orientados inicialmente para a obtenção de informações a partir de fontes de imagens, os SARP aumentaram paulatinamente o rol de missões que empreem em prol da F Spf apoiada, graças aos avanços tecnológicos. Esses sistemas podem comportar diversos tipos de carga útil, tais como imageamento, GE, iluminadores e designadores de alvos e, ainda, atuar como plataforma de armas. (BRASIL, 2014, p.4-2)

Quanto à composição dos SARP, temos em geral três elementos fundamentais e indispensáveis para o seu correto e pleno funcionamento, além de uma estrutura de apoio e pessoal especializado em sua operação, conforme é explicado por Brasil, 2014:

Em geral, um SARP é composto de três elementos essenciais: o módulo de voo, o módulo de controle em solo e o módulo de comando e controle. Inclui, ainda, a infraestrutura de apoio e os recursos humanos necessários a sua operação.

O módulo de voo consiste basicamente em duas partes, a primeira é o vetor aéreo, caracterizado pela aeronave propriamente dita e a segunda parte sendo a carga paga, responsável pelo cumprimento da missão a que se destina o referido SARP.

O módulo de voo consiste de:

- a) vetor aéreo (aeronave propriamente dita), com sua motorização, combustível e sistemas embarcados necessários ao controle, à navegação e à execução das diferentes fases do voo. É constituído de um número variável de aeronaves, de modo a manter a continuidade das operações; e
- b) carga paga (payload), que compreende os equipamentos operacionais embarcados dedicados à missão, tais como optrônicos, rádios, armamento e outros. (BRASIL, 2014, p.4-3)

O módulo de controle em solo é o responsável pela operação da aeronave e pelo acionamento da carga paga para a execução da missão do SARP, podendo estar disposta de forma fixa ou móvel nas operações, sendo composto essencialmente pela Estação de Controle em Solo (ECS). Já o módulo de comando e controle é o responsável pela ligação para os comandos de voo, transmissão de informações e acionamento da carga paga.

O módulo de controle em solo consiste da Estação de Controle de Solo (ECS), componente fixo ou móvel, que compreende os subsistemas de preparação e condução da missão, de controle da aeronave e de operação da carga paga. (BRASIL, 2014, p.4-3)

O módulo de comando e controle consiste de todos os equipamentos necessários para realizar os enlaces para os comandos de voo, para transmissão de dados da carga paga e para coordenação com os órgãos de Controle de Tráfego Aéreo (CTA) na jurisdição do espaço aéreo onde a ARP evolua. (BRASIL, 2014, p.4-3)

A infraestrutura de apoio é composta por todos os meios necessários a manutenção do sistema de aeronaves remotamente pilotadas em perfeita operação, sendo normalmente composta por meios logísticos e de apoio em solo.

A infraestrutura de apoio compreende todos os recursos destinados a prover a sustentabilidade da operação de SARP. Normalmente, é composto de meios de apoio logístico (nos Grupos Funcionais Manutenção, Suprimento e Transporte) e de apoio de solo, tais como, equipamento para lançamento/recuperação, geradores, unidades de força, tratores, outros. (BRASIL, 2014, p.4-3)

Figura 2: Visualização dos módulos funcionais dos SARP da F Ter



Fonte: BRASIL, 2014, p.4-3

Outra característica marcante e inerente ao emprego de SARP é a necessidade de recursos humanos extremamente capacitados para a utilização destes meios. A não observância desta característica pode gerar grandes danos materiais ao sistema ou até mesmo acidentes com o prejuízo de vidas humanas, devido à não observância de algum procedimento de segurança. Além disso, o emprego dos SARP por pessoas não qualificadas pode reduzir sua capacidade de cumprimento da missão.

Os recursos humanos englobam as equipes especializadas que cumprem as tarefas relacionadas aos módulos funcionais dos SARP, bem como as equipes e os meios auxiliares de treinamento para formação e manutenção das habilitações técnicas específicas para o emprego desses sistemas. (BRASIL, 2014, p.4-3)

Quaisquer que sejam as capacidades tecnológicas exigidas por um SARP, deve-se ter em mente que elas podem se tornar ineficazes ou mesmo inoperantes pela ausência de recursos humanos especializados para a sua adequada operação. O homem sempre será o elemento responsável pela operação e pela conduta das ações realizadas por um SARP, por mais automático que este possa ser. (BRASIL, 2014, p.4-6)

Por fim, temos como característica dessas plataformas aéreas a continuidade em operações por longos períodos de tempo e com custos reduzidos, se

comparados a outras plataformas aéreas, tornando sua relação custo benefício muito favorável para quem a emprega.

Por ser um sistema, composto de diversas aeronaves e por turmas de operação em número adequado, o SARP pode ser mantido em operação por longos períodos e a baixo custo, sendo esta sua característica mais vantajosa. (BRASIL, 2014, p.4-4)

### 3.3 CLASSIFICAÇÃO E CATEGORIAS DOS SARP

Devido às diversas características dos SARP, estes sistemas podem ser classificados através de diversos parâmetros de desempenho, dos quais podem variar desde o peso do veículo até as necessidades logísticas, chegando até mesmo ao escalão que realiza seu emprego.

Existem vários parâmetros para a classificação dos SARP, tais como os parâmetros de desempenho, a massa (peso) do veículo, a natureza das ligações utilizadas, os efeitos produzidos pela carga paga, as necessidades logísticas ou o escalão responsável pelo emprego do sistema. (BRASIL, 2014, p.4-4)

No âmbito do Exército Brasileiro, os sistemas de aeronaves remotamente pilotadas são classificados em sete categorias de emprego, conforme o quadro a seguir, onde o nível do elemento de emprego é a referência principal para definir as categorias dos SARP.

Quadro 1: Classificação e categorias dos SARP para a F Ter

Categoria	Nomenclatura Indústria	Atributos				Nível do Elemento de Emprego
		Altitude de operação	Modo de Operação	Raio de ação (km)	Autonomia (h)	
6	Alta altitude, grande autonomia, furtivo, para ataque	~ 60.000 ft (19.800m)	LOS/BLOS	5.550	> 40	MD/EMCFA <sup>3</sup>
5	Alta altitude, grande autonomia	até ~ 60.000 ft (19.800m)	LOS/BLOS	5.550	> 40	
4	Média altitude, grande autonomia	até ~ 30.000 ft (9.000m)	LOS/BLOS	270 a 1.110	25 - 40	C Op
3	Baixa altitude, grande autonomia	até 18.000 ft (5.500m)	LOS	~270	20 - 25	F Op
2	Baixa altitude, grande autonomia	até 10.000 ft (3.300m)	LOS	~63	~15	GU/BiaBa/Rgt <sup>2</sup>
1	Pequeno	até 5.000 ft (1.500m)	LOS	27	~2	U/Rgt <sup>1</sup>
0	Micro	até 3.000 ft (900m)	LOS	9	~1	Até SU

1. Orgânicos de Grande Unidade.  
2. Atuando em proveito da F Op ou na vanguarda de GU.  
3. No contexto da Estrutura Militar de Defesa.

Fonte: BRASIL, 2014, p.4-3

Conforme pode ser observado na tabela acima, os SARP de categorias 0 e 1 são classificados como micro e pequenos respectivamente, possuindo altitude de operação, raio de ação e autonomia reduzidos quando comparados as demais categorias. Essas limitações são devidas principalmente a suas pequenas dimensões.

Se por um lado suas dimensões reduzidas acarretam limitações, por outro elas favorecem as operações destes SARP. Isso ocorre, pois quanto menores as dimensões da ameaça aérea, menores serão suas RCS, dificultando assim sua detecção, identificação e destruição por parte das tropas que sofrem o ataque.

Cada categoria de emprego relaciona o SARP a seus parâmetros de desempenho desejado, gerando, assim, uma definição de qual sistema é mais adequado ao cumprimento das missões de determinado escalão. Ademais, como as diferentes categorias possuem habilidades diferentes, elas acabam por se complementarem, o que possibilita o planejamento e a condução de operações de modo mais completo e eficiente.

A categoria associa o elemento de emprego aos parâmetros de desempenho, tais como a própria massa do veículo e seu tamanho, formas de

lançamento/recuperação, alcance e capacidade para a carga paga, tudo com o objetivo de atender às demandas típicas de cada nível. (BRASIL, 2014, p.4-4)

Cada categoria de SARP possui capacidades diferentes de geração de produtos e efeitos. Cada uma delas complementa as características da outra, o que permite aos comandantes em cada nível de planejamento e condução das operações obter resultados da maneira mais completa e precisa possível. (BRASIL, 2014, p.4-4)

Figura 3: Exemplo de operação de SARP categoria 1



Fonte: BRASIL, 2014, p.4-6

Cabe ressaltar que, embora os SARP sejam divididos em diferentes categorias, podem existir missões onde mais de uma categoria de SARP terá capacidade de cumpri-lá, empregando diferentes métodos. Assim, poderá existir situações táticas onde o pleno cumprimento da missão deverá ser executado por mais de uma categoria de SARP, onde uma categoria complementa a ação da outra.

Diferentes categorias podem cumprir a mesma missão, empregando, porém, métodos diferentes. Da mesma forma, determinadas circunstâncias das operações podem prescrever a utilização de mais de um sistema, concomitantemente, em uma mesma área. Tal emprego se justifica pela atuação complementar ou suplementar de cada sistema e carga embarcada. (BRASIL, 2014, p.4-4)

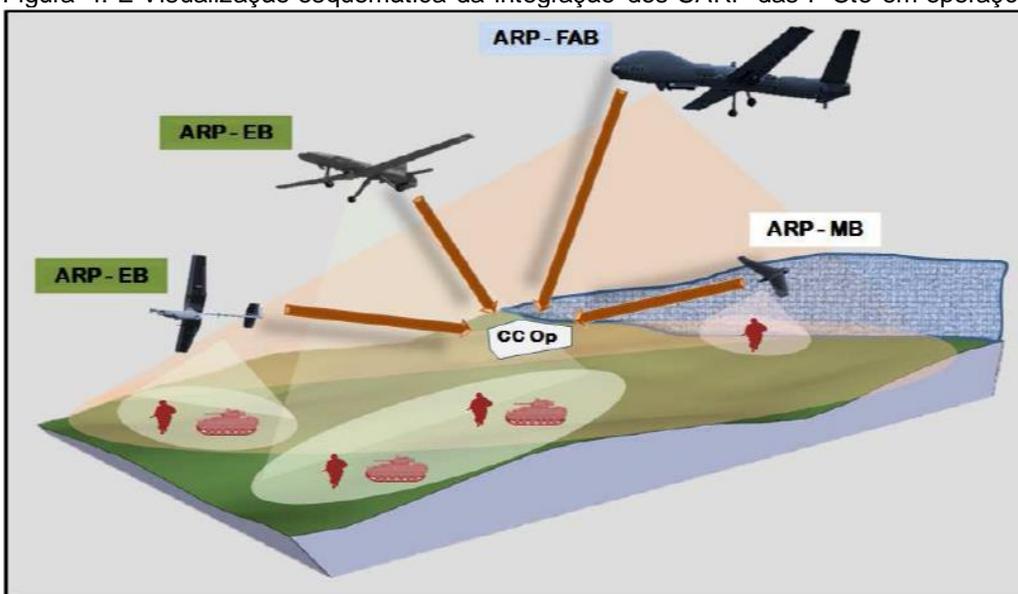
Outra informação importante acerca das categorias de SARP é que não existe uma melhor ou pior categoria. A correta escolha da categoria a ser empregada em uma determinada missão dependerá dos fatores da decisão e da situação existente, conforme nos apresenta Brasil (2014, p.4-6): A escolha da categoria de SARP a ser empregada decorre dos fatores da decisão, bem como de outras considerações especiais, tais como aspectos morais, éticos e jurídicos, relacionados ao emprego desse sistema de armas.

### 3.4 CONCEPÇÃO DE EMPREGO DOS SARP

A Força Terrestre Brasileira emprega os SARP para o preenchimento de brechas operativas, complementando as informações e resultados atingidos por outros sistemas empregados, possibilitando desta forma o recobrimento entre os meios empregados no ambiente de combate e uma maior eficácia no cumprimento das missões.

O emprego dos SARP nas operações realizadas pelos diversos escalões da F Ter preenche lacunas operativas, complementando a obtenção de produtos fornecidos por outros sistemas e aumentando as capacidades da F Op empregada. O emprego integrado dos SARP nas operações conjuntas e, eventualmente, multinacionais, possibilita a complementaridade na obtenção de produtos fornecidos por outros sistemas não tripulados, otimizando as capacidades de cada F Cte. (BRASIL, 2014, p.4-7)

Figura 4: E Visualização esquemática da integração dos SARP das F Cte em operações conjuntas



Fonte: BRASIL, 2014, p.4-6

Muitas são as capacidades dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas, o que torna seu emprego cada vez mais fundamental para o sucesso de uma operação, aumentando o efeito buscado e diminuindo os riscos para o pessoal empregado e os custos envolvidos na operação, conforme nos explana Brasil (2014, p.4-7):

São capacidades dos SARP da F Ter:

- a) contribuir para a obtenção de informações confiáveis – de dia e à noite – observando o meio físico além do alcance visual;
- b) levantar ameaças em extensas áreas do terreno, cobrindo espaços vazios (não cobertos por F Spf), aumentando a proteção às unidades desdobradas e negando às forças oponentes a surpresa;
- c) permanecer em voo por longo período de tempo, permitindo monitorar em tempo real as mudanças no dispositivo, a natureza e os movimentos das forças oponentes;
- d) atuar sobre zonas hostis ou em missões aéreas consideradas de alto risco, ou que imponham acentuado desgaste às tripulações e às aeronaves tripuladas, preservando os recursos humanos e os meios de difícil reposição;
- d) atuar como plataforma de armas de alto desempenho, com maior capacidade de infiltrar-se em áreas sobre o controle das forças oponentes; e
- e) realizar operações continuadas, de modo compatível com o elemento de emprego considerado.

Através das capacidades apresentadas, os SARP podem executar uma grande gama de missões durante as mais diversas operações militares. Segundo Brasil (2014, p.4-8), dentre as missões típicas dos SARP nas operações temos: inteligência, reconhecimento, vigilância, aquisição de alvos, comando e controle, guerra eletrônica, identificação, localização e designação de alvos, logística, dentre outras diversas missões.

Ainda que a vigilância e o apoio ao reconhecimento sejam a vocação principal dos SARP na maioria das operações, esses sistemas podem apoiar as seguintes ações:

- a) realização de segurança dos movimentos terrestres, em especial de tropas e de comboios de suprimento;
- b) proteção de estruturas estratégicas e pontos sensíveis;
- c) orientação para infiltração ou exfiltração de subunidades;
- d) controle de danos, particularmente após a realização de disparos de artilharia de superfície-superfície, catástrofes ou acidentes;
- e) observação aérea;
- f) apoio às Operações de Apoio às Informações (OAI), particularmente no lançamento de panfletos e difusão sonora;
- g) recuperação de pessoal;
- h) detecção de artefatos explosivos improvisados (AEI);
- i) apoio de fogo à F Spf, realizando o tiro como sistema de armas embarcado, ou apoiando a observação e a condução do tiro; e
- j) detecção QBRN.

## 4 O TEATRO DE OPERAÇÕES

Neste capítulo será abordada a delimitação espacial da referida pesquisa. Como já informado anteriormente, a pesquisa se delimita no âmbito espacial ao Teatro de Operações. A compreensão na totalidade sobre o que vem a ser este ambiente é fundamental e indispensável para o completo e pleno entendimento dos posteriores resultados deste trabalho.

O Teatro de Operações pode ser entendido como um espaço geográfico onde são desenvolvidas operações de cunho militar, sendo incluso todo o aparato de apoio logístico na referida região. Diferenciar-se da Área de Operações principalmente no que se refere à grandiosidade dos meios empregados e pela dificuldade das ações a serem desenvolvidas.

O TO é o espaço geográfico necessário à condução das operações militares, englobando o apoio logístico. Seus limites serão inicialmente estabelecidos por ocasião do planejamento estratégico. A A Op é o espaço geográfico necessário à condução de operações militares, cuja magnitude dos meios e a complexidade das ações não justifiquem a criação de um TO. (BRASIL, 2017, p.2-6)

Normalmente, o TO é dividido em diferentes áreas de responsabilidade. Estas áreas, por sua vez, são distribuídas às forças componentes diretamente subordinadas ao comando do TO. A condução das operações militares e a correta organização da área do Teatro de Operações cabe ao comandante operacional, inclusive no que tange ao emprego das forças subordinadas e dos meios recebidos afim de atingir os objetivos operacionais propostos.

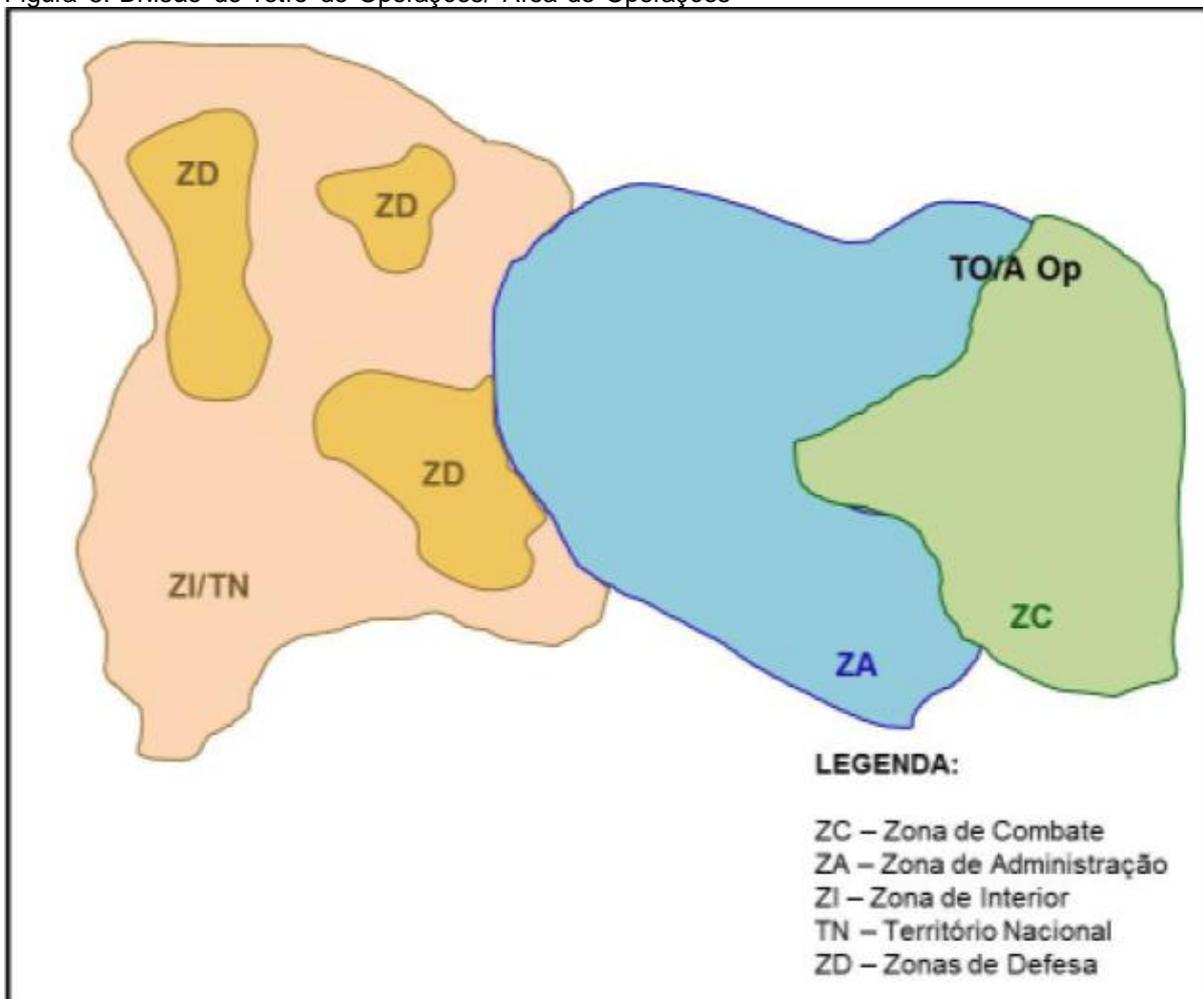
O TO/A Op pode ser subdividido em áreas de responsabilidade (ARP), a serem atribuídas a cada força componente diretamente subordinada ao comando do TO/A Op. A organização do TO/A Op e a condução de operações militares nesse espaço geográfico são de responsabilidade do comandante operacional, que empregará as forças e meios adjudicados a fim de cumprir os objetivos operacionais. A organização geográfica do TO/A Op é, portanto, de sua responsabilidade. (BRASIL, 2017, p.2-6)

A fração terrestre do Teatro de Operações habitualmente é subdividida em duas zonas de atuação: a zona de administração (ZA) e a zona de combate (ZC). Esta divisão ocorre no sentido da profundidade do TO e tem seus limites definidos

por intermédio de propostas de seu estado-maior.

A parcela terrestre de um TO/A Op possui, normalmente, no sentido da profundidade, duas zonas – a zona de combate (ZC) e a zona de administração (ZA). Estas deverão ter seus limites fixados pelo comandante do TO/A Op, por proposta do seu estado-maior. (BRASIL, 2017, p.2-6)

Figura 5: Divisão do Tetro de Operações/ Área de Operações



Fonte: BRASIL, 2017, p.2-8

#### 4.1 ZONA DE COMBATE (ZC)

A zona de combate é caracterizada por ser a parte do TO onde são desdobrados os elementos diretamente responsáveis pela condução das operações, pode englobar áreas terrestres, marítimas e o espaço aéreo. É na ZC onde serão

desdobrados os principais meios de combate, apoio ao combate e apoio logístico da força.

A ZC é a porção do TO/A Op necessária à atuação dos elementos diretamente responsáveis pela condução das operações. Compreende a área à frente dos limites de retaguarda das forças empregadas, podendo incluir áreas terrestres, marítimas e o espaço aéreo, até o limite anterior do TO. Na ZC, serão desdobrados os meios de combate, apoio ao combate e apoio logístico. (BRASIL, 2017, p.2-7)

Existe a possibilidade de dividir a zona de combate em zonas de ação, a fim de facilitar a coordenação e o controle das tropas e dos meios empregados nesta região. Especial atenção deve ser dada para que os limites de retaguarda sejam estabelecidos os mais à frente possível, facilitando as obrigações logísticas, de segurança e territoriais. Cabe aos comandantes das forças táticas empregadas na zona de combate determinar a zona de ação para suas unidades diretamente subordinadas.

Pode subdividir-se em zonas de ação (Z Aç) pelas F Cte, devendo os limites de retaguarda serem estabelecidos tão à frente quanto possível, a fim de reduzir as responsabilidades logísticas, de segurança e territoriais. Os comandantes das forças táticas desdobradas na ZC determinarão a Z Aç para suas unidades subordinadas. (BRASIL, 2017, p.2-7)

#### 4.2 ZONA DE ADMINISTRAÇÃO (ZA)

A zona de administração é uma parte do Teatro de Operações localizada entre a retaguarda dos elementos empregados na zona de combate e a parte posterior do TO, sendo sua responsabilidade territorial determinada pelo comandante operacional.

A ZA é a porção do teatro de operações compreendida entre o limite de retaguarda das forças empregadas na zona de combate e o limite posterior da área do TO. A responsabilidade territorial pela ZA será determinada pelo comandante operacional. (BRASIL, 2017, p.2-7)

A área onde se desdobra a zona de administração deve ser ampla, possibilitando a instalação dos meios logísticos e de comando e controle, sem que ocorram obstruções que possam prejudicar o correto funcionamento de tais instalações. Além dos meios já citados, outros podem ser encontrados na ZA, tais

como: unidades de combate e de apoio ao combate. Estes meios podem estar em zona de reunião ou até mesmo cumprindo especializadas ou de segurança da ZA.

A zona de administração deve dispor de área suficiente para a localização, sem congestionamento, de instalações logísticas e de comando e controle. Outros elementos, tais como unidades de combate e de apoio ao combate, podem estar na ZA, em zona de reunião ou cumprindo missões especializadas ou de segurança de área de retaguarda. (BRASIL, 2017, p.2-7)

## 5 O SUBSISTEMA DE ARMAS AAAe DO EXÉRCITO BRASILEIRO

Neste capítulo serão abordados os principais armamentos de Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro em uso na atualidade, dentre os quais serão abordados: o Míssil IGLA S, O Míssil RBS 70 e a Viatura Blindada de Combate (VBC) Defesa Antiaérea (D AAe) GEPARD 1A2. Como será detalhado mais à frente, estes sistemas de armas destinam-se à defesa antiaérea de baixa altura.

A Artilharia Antiaérea é dividida em quatro faixas de emprego pelo Exército Brasileiro, conforme a possibilidade de seus meios de defesa antiaérea, em determinada altitude, de combater ameaças aéreas. São elas: altura orbital, grande altura, média altura e baixa altura.

Altura orbital - Faixa que vai do limite da atmosfera terrestre para o espaço exterior.  
 Grande altura - Esta faixa vai de 15000 m até os limites da atmosfera.  
 Média altura - Esta faixa vai de 3000 m até 15000 m.  
 Baixa altura - Esta faixa vai de 0 a 3000 m(BRASIL, 2015, p.A-1).

Cabe ressaltar a existência de um estudo no âmbito do Exército Brasileiro, juntamente com o Ministério da Defesa do Brasil, para a aquisição de um sistema de armas de defesa antiaérea com capacidade para atuar em média altura, aumentando, assim, a capacidade de defesa antiaérea do Brasil. No entanto, como se trata de um projeto em desenvolvimento, não será alvo da referida pesquisa.

### 5.1 VIATURA BLINDADA DE COMBATE (VBC) DEFESA ANTIAÉREA (D AAe) GEPARD 1A2

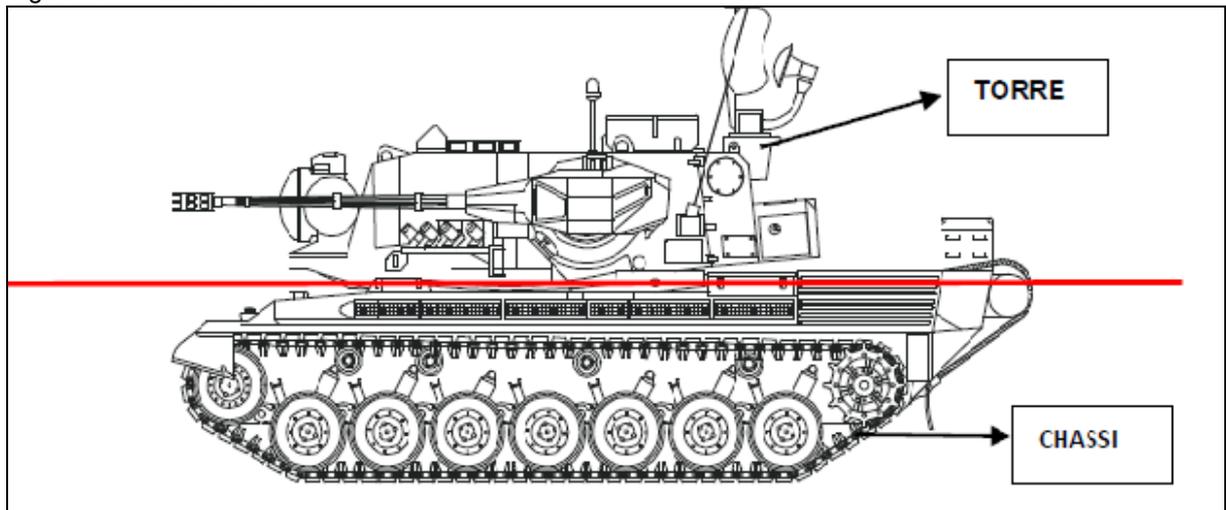
A viatura blindada de combate defesa antiaérea GEPARD 1A2 é caracterizada por sua elevada mobilidade e grande proteção blindada, sendo extremamente adequada para realização da defesa aeroespacial de tropas blindadas e de elementos de extrema mobilidade.

A Viatura Blindada de Combate (VBC) Defesa Antiaérea (D AAe) GEPARD 1A2 é capaz de proporcionar muito boa combinação entre mobilidade, proteção blindada, defesa antiaérea e situação aérea local de defesa aeroespacial. (BRASIL, 2014, p.1-1)

Este veículo é um carro de combate que possui como função principal a realização da defesa antiaérea. O GEPARD 1A2 pode ser dividido em duas partes principais: a torre e o chassi. Seu chassi está montado sobre lagartas e sua torre tem capacidade de rotacionar em 360°, além de possuir um sistema de estabilização, possibilitando engajamentos mais precisos.

O Gepard 1A2 é um carro de combate de defesa antiaérea sobre lagarta, cuja torre gira 360°, controlada hidráulica ou manualmente, com sistema de estabilização. É constituída de 02 (duas) grandes partes:  
 1) A torre com os armamentos; e  
 2) O chassi, com os motores, o compartimento do motorista e os trens de rolamento. (BRASIL, 2014, p.1-1)

Figura 6: Divisão do GEPARD 1A2



Fonte: BRASIL, 2014, p.1-2

### 5.1.1 Características gerais, possibilidades e limitações do GEPARD 1A2

O GEPARD 1A2 foi projetado para ser operado por uma guarnição composta por três militares, sendo um comandante da viatura, um atirador e um motorista. Além disso, é dotado de dois canhões 35mm Oerlikon como armamentos principais e tem capacidade para transportar trezentas e vinte munições antiaéreas e vinte munições anticarro por arma. Sua cadência de tiros pode chegar a quinhentos e cinquenta tiros por minuto em cada arma.

Como armamento secundário, o GEPARD 1A2 possui oito lançadores fumígenos de 77mm. As atividades de comunicações são realizadas por intermédio do conjunto rádio FALCON III e intercomunicador.

- a. Guarnição – 03 (quatro) homens: Comandante da viatura blindada de combate (Cmt VBC), atirador (Atdr) e Motorista (Mot);
- b. Armamento principal – 02 (dois) canhões 35mm Oerlikon;
- c. Capacidade de munições: 320 (trezentas e vinte) munições no compartimento de munições antiaéreas para cada arma e 20 (vinte) munições no compartimento de munições anti-carro para cada arma;
- d. Cadência de tiro teórica: 550 (quinhentos e cinquenta) tiros/ minuto por arma;
- e. Armamento secundário – 08 (oito) Lç Fum de 77mm;
- f. Sistema de Comunicações – Conjunto rádio FALCON III e intercomunicador; (BRASIL, 2014, p.1-2)

Outra importante característica deste armamento é sua ampla variedade de munições, destinadas as mais diversas finalidades. Esta ampla variedade de munições somada a elevada cadência de tiros desse armamento possibilita uma considerável saturação do espaço aéreo, favorecendo, assim, o emprego deste tipo de armamento contra SARP de categoria 0 e 1. Isso ocorre, pois embora possuam reduzidas dimensões, acabam sendo alvejados por um elevado número de estilhaços e tendo seus sistemas eletrônicos comprometidos.

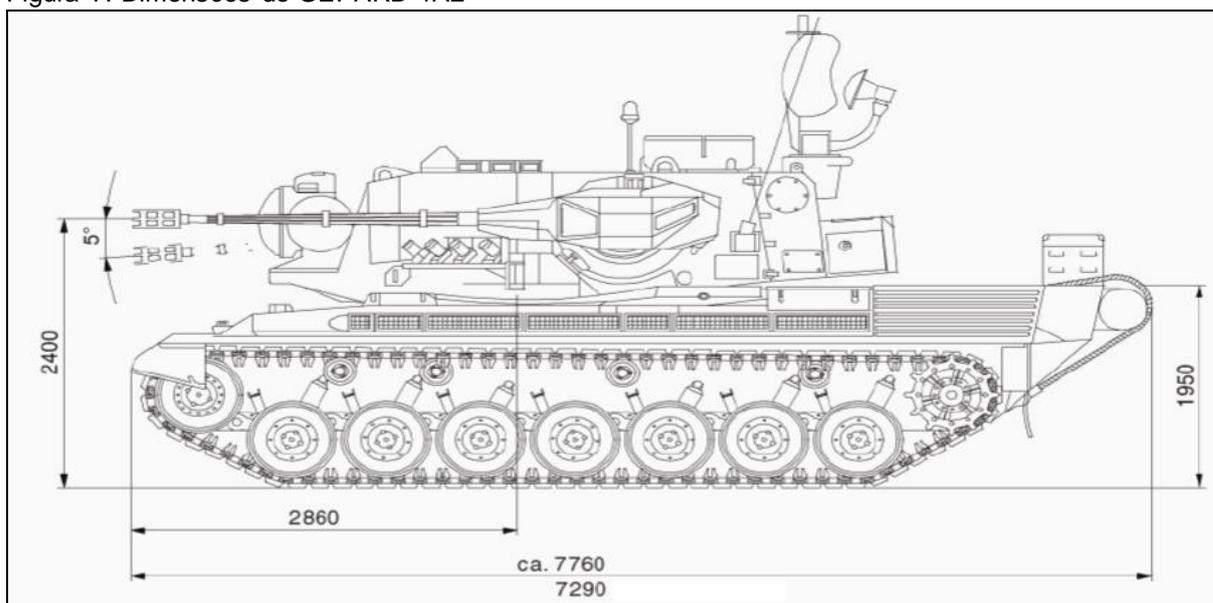
### 8.3 TIPOS DE MUNIÇÃO

- a. MAN 35X228 DM28 SG: Munição de Festim (Exercício)
  - b. EX 35X228 DM10 G: Munição de Manejo
  - c. 35X228 DM21-13A1 G: Munição Auto-Explosiva
  - d. EX 35X228 DM 20 G: Munição de Manejo
  - e. 35X228 DM31G: Munição Auto-Explosiva
  - f. 35X228 DM33 G: Munição Anticarro
  - g. EX 35X228DM30G: Munição de Manejo
  - h. 35X228 DM18: Munição traçante (não adquirido pelo Exército Brasileiro)
  - i. 35X228 DM23: Munição Perfurante (não adquirido pelo Exército Brasileiro)
- O Exército Brasileiro adquiriu 07(sete) tipos de munição junto ao Exército alemão. (BRASIL, 2014, p.8-3)

Quanto ao sistema de comunicações, cabe ressaltar que o conjunto rádio FALCON III é empregado no Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico (COAAe), responsável pela coordenação das operações de defesa antiaérea realizadas no âmbito do Exército Brasileiro, possibilitando, assim, a ligação entre o sistema de controle e alerta e o Gepard 1A2.

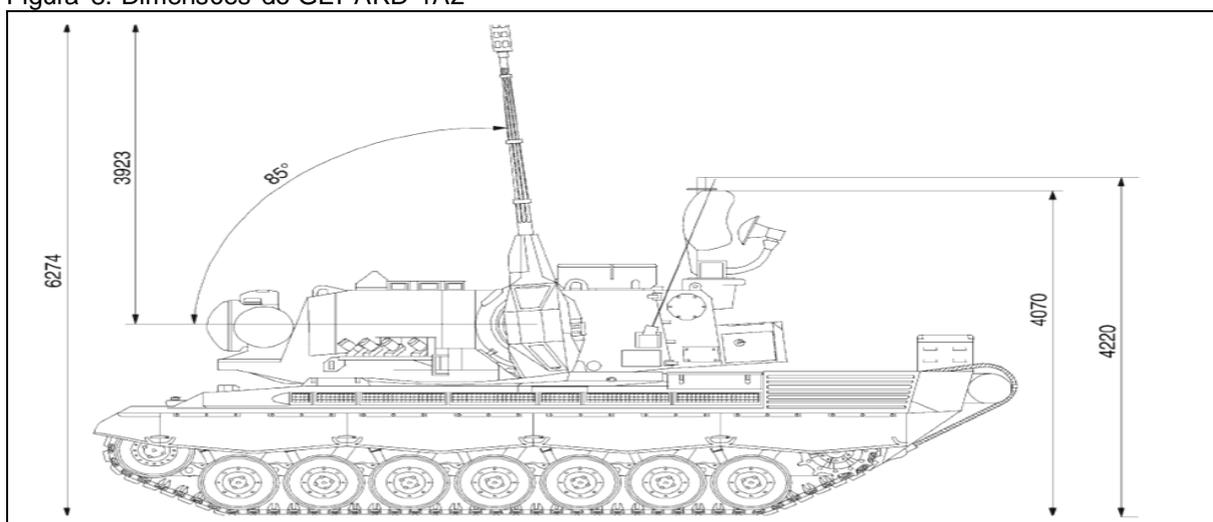
Suas dimensões são apresentadas nas figuras abaixo:

Figura 7: Dimensões do GEPARD 1A2



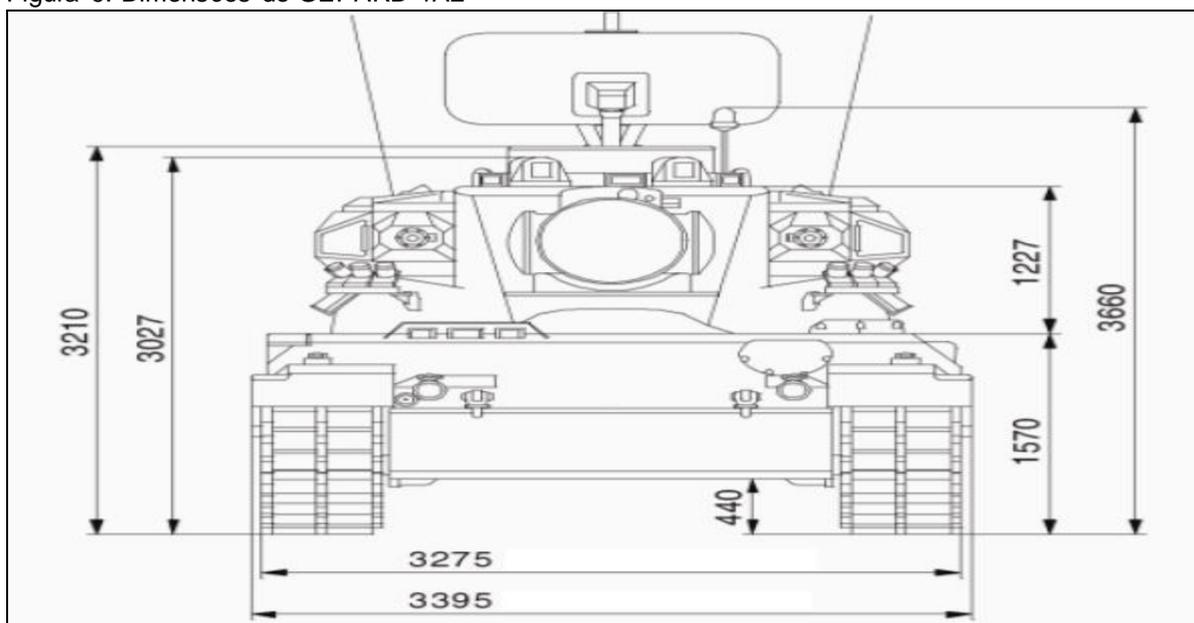
Fonte: BRASIL, 2014, p.1-3

Figura 8: Dimensões do GEPARD 1A2



Fonte: BRASIL, 2014, p.1-3

Figura 9: Dimensões do GEPARD 1A2



Fonte: BRASIL, 2014, p.1-3

A viatura blindada de combate de defesa antiaérea Gepard 1A2 possui dois radares embarcados, sendo um de busca de alvos e o outro de controle e direção de tiro. Estes radares são operados pela própria guarnição da viatura e possibilitam a busca e o engajamento das ameaças aéreas. Os radares possuem as seguintes características técnicas:

#### Radar de Busca

- 1) Alcance Horizontal: de 750 m a 15750 m;
- 2) Alcance Vertical: 3000m;
- 3) Velocidade da Antena: 60 voltas por minuto;
- 4) Princípio de funcionamento: Pulso-Doppler;
- 5) Banda de operação: Banda S;
- 6) Faixa de frequência: 2,3 a 2,49 GHz;
- 7) Frequência de repetição de pulso: 7,14 Khz.

#### Radar de Tiro

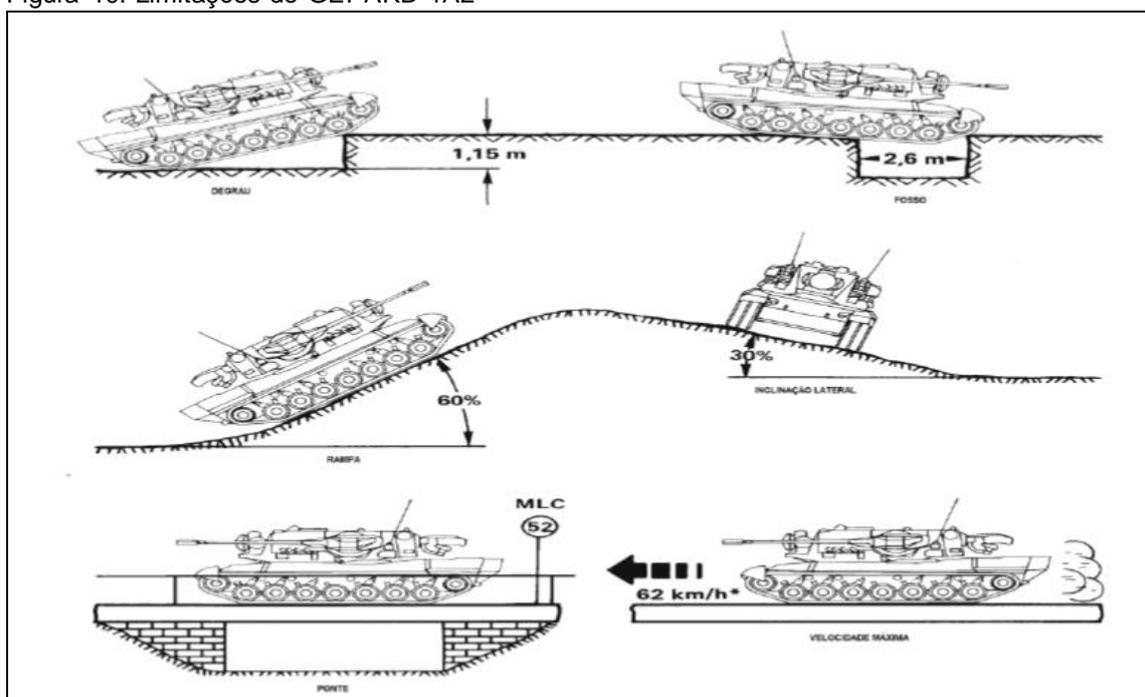
- 1) Alcance: de 300 a 15000 m;
  - 2) Velocidade de acompanhamento: 0 a 475 m/s;
  - 3) Período de inatividade: 0,4 a 11 s;
  - 4) Princípio de funcionamento: Pulso-Doppler (monopulso);
  - 5) Banda de operação: Banda K
  - 6) Faixa de frequência: 15,5 a 17,5 GHz
- (BRASIL, 2014, p.1-5)

Além das limitações devido às características técnicas apresentadas por seus radares, a viatura GEPARD 1A2 apresenta limitações quanto a seu deslocamento em terrenos acidentados, conforme nos apresenta Brasil (2014, p.1-4):

Limitações.

- 1) Degrau máximo: 1,15 m;
- 2) Fosso máximo: 2,50 m;
- 3) Rampa máxima: 60% (34°);
- 4) Inclinação lateral máxima: 30% (18,5°);
- 5) Classe 52;
- 6) Vau máximo.
  - (a) Sem preparação 0,75 m;
  - (b) Com preparação 2,25 m;

Figura 10: Limitações do GEPARD 1A2



Fonte: BRASIL, 2014, p.1-5

### 5.1.2 Composição e finalidade da unidade de tiro do GEPARD 1A2

O emprego do GEPARD 1A2 no sistema de antiaéreo brasileiro se dá por meio de unidades de tiro e de unidades de emprego. Unidade de tiro é caracterizada por ser o menor elemento de Artilharia Antiaérea com capacidade de detectar, identificar e atacar um vetor hostil, empregando para isso seu equipamento orgânico. Já a unidade de emprego pode ser definida como a menor fração que, possuindo pessoal e material, tem condições de realizar, por tempo limitado, a missão tática atribuída à Artilharia Antiaérea.

A unidade de tiro do Gepard é composta de apenas uma viatura GEPARD 1A2, sendo a mesma capaz de realizar isoladamente a busca, a detecção, o acompanhamento e a destruição de uma possível ameaça aérea.

Já sua unidade de emprego é composta por um Radar SABER M60, um centro de operações antiaéreas eletrônico (COAAe Elt) e de quatro viaturas blindadas de combate GEPARD 1A2, sendo a menor composição capaz de realizar a defesa antiaérea de um ponto sensível ou de uma tropa.

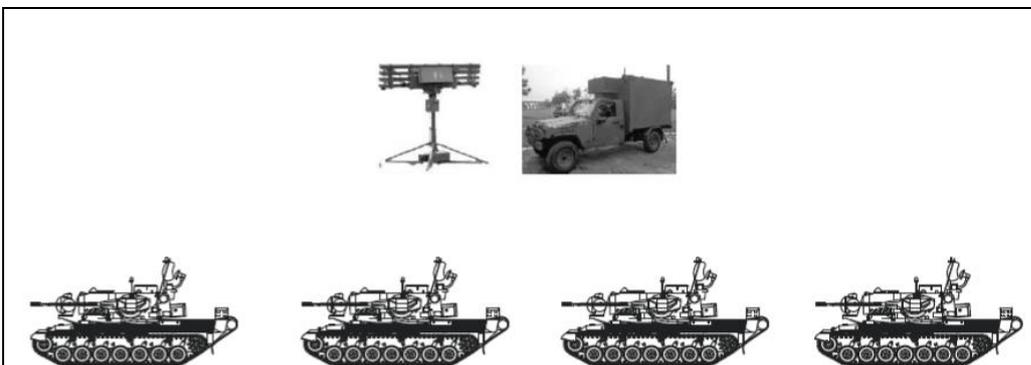
No sistema Antiaéreo (AAe) GEPARD 1 A2, a UNIDADE DE EMPREGO é a Seção (Sec) e a UNIDADE DE TIRO (U Tir) é uma VBC D AAe Gepard 1 A2. A Seção constitui-se de 01 (um) Radar SABER M60, 01 (um) Centro de operação antiaérea eletrônico (COAAe Elt) e 4 (quatro) viaturas blindadas de defesa antiaérea. Um Gepard 1 A2 é uma UNIDADE DE TIRO, pois é capaz de, por seus próprios meios, detectar, acompanhar e destruir uma incursão inimiga. (BRASIL, 2014, p.1-6)

Figura 11: Unidade de tiro do GEPARD 1A2



Fonte: BRASIL, 2014, p.1-6

Figura 12: Unidade de emprego do GEPARD 1A2



Fonte: BRASIL, 2014, p.1-5

## 5.2 MÍSSIL RBS 70

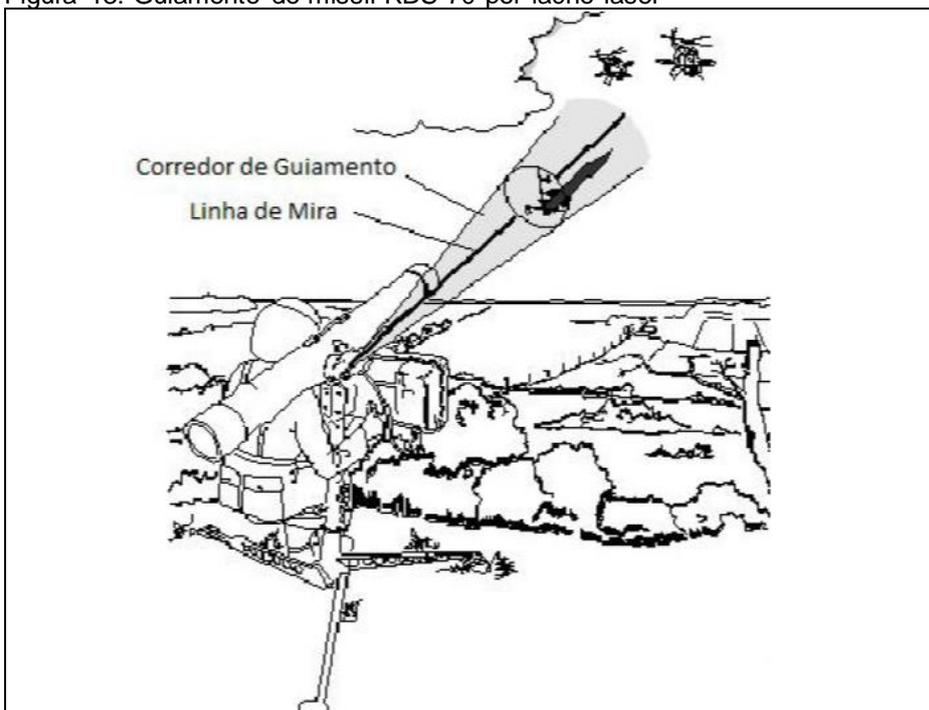
O míssil RBS 70 é um armamento de defesa antiaérea que possui como principais características a elevada proteção contra meios de guerra eletrônica inimigos, alta mobilidade, grande capacidade de gerar danos severos às ameaças aéreas enganadas e possibilidade de engajamento de diversos tipos de aeronaves.

A elevada mobilidade do míssil RBS 70 pode ser entendida através de seu enquadramento no conceito de Man-portable air-defense system (MANPADS), sistema de defesa aérea portátil para homem, sendo caracterizado por ser um míssil portátil terra-ar, com um preciso sistema de guiamento e que pode ser operado por uma pequena guarnição, facilitando, assim, seu emprego nas mais diversas situações e acentuando sua flexibilidade de emprego.

A alta mobilidade, de que é dotado o míssil RBS 70, torna possível a entrada em posição do sistema em pouco tempo, possibilitando, assim, baixo tempo de reação aos elementos de Artilharia Antiaérea que os emprega. Sua baixa vulnerabilidade contra aparelhos de guerra eletrônica é devida principalmente ao seu sistema de guiamento ser realizado por fecho laser. Este sistema é menos propício a sofrer interferências pelos métodos de bloqueio empregados na atualidade.

A resistência aos diversos tipos de guerra eletrônica inimiga veio através da utilização de laser, que não pode ser interferida pelos métodos de bloqueio atualmente conhecidos. Além de guiamento por fecho laser, o sistema RBS 70 também possui baixa vulnerabilidade, grande mobilidade, curto tempo de entrada em posição e reação, pesados efeitos causados aos alvos e capacidade de engajar diversos tipos de aeronaves. (BRASIL, 2015, p.1-1)

Figura 13: Guiamento do míssil RBS 70 por feixe laser



Fonte: BRASIL, 2015, p.1-2

### 5.2.1 Características gerais, possibilidades e limitações do míssil RBS 70

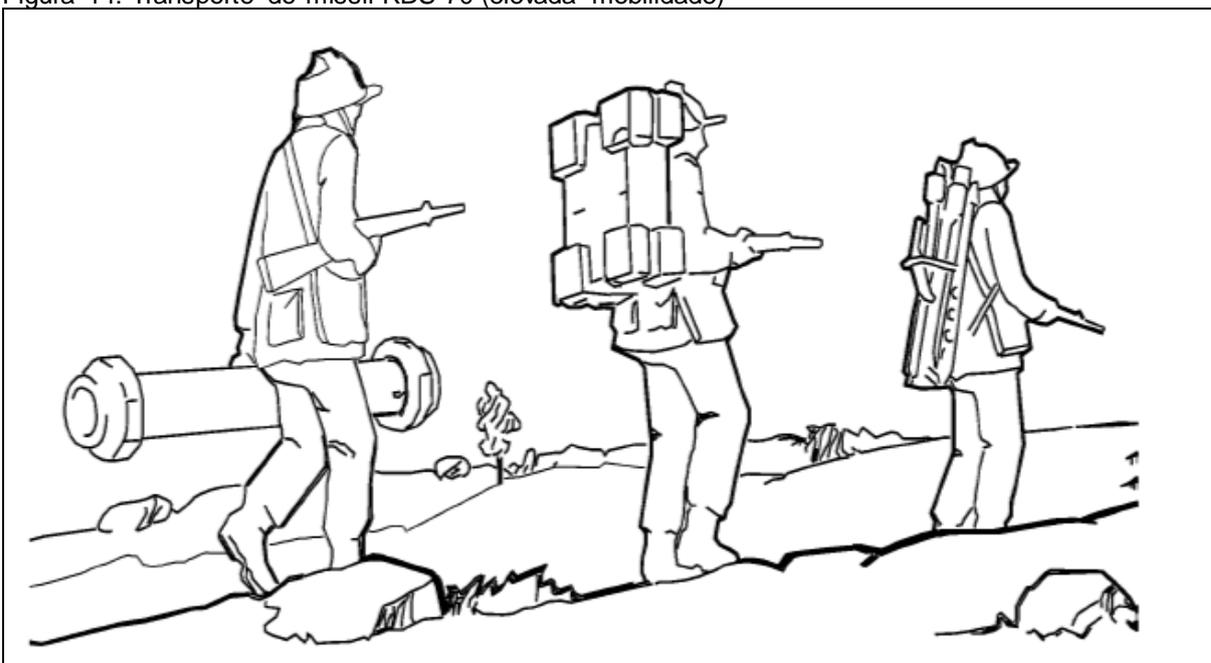
O emprego do sistema RBS 70 se dá por meio das seções, e cada seção de míssil RBS 70 conta com três postos de tiro. Cada um dos postos de tiro conta com uma guarnição que é composta por três militares, sendo um sargento chefe da unidade de tiro, acumulando também a função de rádio operador, um cabo operador e um soldado observador, carregador e motorista. Essa equipe, além de ser responsável pela operação do sistema do RBS 70, tem a responsabilidade de realizar seu transporte, gerando assim a alta mobilidade do míssil RBS 70.

Sua unidade de emprego é a seção, que é composta de 03 postos de tiro (unidades de tiro) e sua guarnição é de 03 militares, sendo:

- 01 Sgt Ch U Tir/ Rádio Operador;
- 01 Cb Operador; e
- 01 Sd Observador/Carregador/Motorista. (BRASIL, 2015, p.1-1)

Uma característica interessante do Msl AAe Tcm do RBS 70 é que a unidade de tiro pode ser dividida em fardos portáteis, gerando a capacidade de acompanhar a tropa apoiada e ocupando posições de tiro de acesso mais dificultado, como por exemplo, telhados e lajes de casas e edifícios. (BRASIL, 2015, p.1-1)

Figura 14: Transporte do míssil RBS 70 (elevada mobilidade)



Fonte: BRASIL, 2015, p.1-2

Conforme Brasil (2015, p. 1-3), o míssil RBS 70 apresenta as seguintes possibilidades operacionais quanto ao engajamento de alvos aéreos, comprovando sua elevada mobilidade, letalidade e eficiência de emprego.

No tocante a engajamento de alvos aéreos, se a visibilidade permitir, o sistema é capaz de:

- engajar alvos aéreos dentro da faixa de velocidade 0-300 m/s dentro de uma área de até mais de 500 km<sup>2</sup>, até uma altura de 4.000 m;
- engajar helicópteros de ataque num alcance de até 7 Km;
- operar durante o dia e à noite com os seguintes tempos para uma guarnição adestrada;
- entrar em posição em até 30 segundos;
- manter a disparar prontidão durante o dia por pelo menos uma semana,
- realizar o disparo em até 7 segundos após a identificação do alvo.

(BRASIL, 2015, p.1-3)

Outras características técnicas do míssil RBS 70 que influenciam diretamente na forma como este armamento é empregado são seu alcance, teto de emprego, tempo de entrada em posição, campo de visão e o peso das diferentes partes a serem transportadas por sua guarnição, conforme apresentado na figura 13. Dessa forma, estes dados e outros de grande relevância são apresentados na tabela a seguir, possibilitando o entendimento e a compreensão de seu emprego por meio de suas possibilidades e limitações técnicas.

Tabela 1. Características técnicas do míssil RBS 70

<b>Características</b>	
Tipo	Portátil, superfície-ar
Alcance	300 a 7000m
Teto de emprego	4Km
Tempo de entrada em posição	Aproximadamente 30 seg
Tempo de recarregamento	Aproximadamente 5 seg
Tempo para o disparo a partir da detecção do alvo	Aproximadamente 7 seg
Tempo de voo (3Km)	8,1 seg
Tipo de orientação	Guiamento por fecho laser
Capacidade de utilizar IFF integrado	Sim
Capacidade de identificador de dados do alvo integrado	Sim
Telescópio Monocular	visão aumentada em 7x
Campo de visão	9º
Pedestal comprimento	1250 milímetros
Pedestal altura	450 milímetros
Pedestal largura	450 milímetros
Pedestal peso	25 Kg (sem baterias)
Tubo de lançamento comprimento	1735 milímetros
Tubo de lançamento altura	152 milímetros
Tubo de lançamento com míssil	27 Kg
Caixa de acessórios medidas	610 x 420 x 225 milímetros
Caixa de acessórios peso	28 Kg

Fonte: BRASIL, 2015, p.1-7

### 5.2.2 Composição e finalidade da unidade de tiro do míssil RBS 70

Como já explicado anteriormente, a guarnição do míssil RBS 70 é composta por três militares, formando, assim, uma unidade de tiro. Três unidades de tiro formam a unidade de emprego do míssil RBS 70, que compõem uma Seção. A detecção de ameaças aéreas pode ser realizada por intermédio de um radar de busca ou por meio visual dos membros da guarnição. Após a classificação da ameaça como inimiga, o engajamento ocorre por ordem do órgão de controle e alerta ao qual a unidade de tiro estiver subordinada e sob o comando do chefe da unidade de tiro.

A Detecção de um alvo pode ser feita por radar de busca ou visualmente por um membro da guarnição. Após a designação de determinado alvo, o disparo é feito independentemente na unidade de tiro determinada pelo órgão de comando e controle, sob o comando de seu chefe (Ch U Tir). (BRASIL, 2015, p.1-1)

O disparo, propriamente dito, do míssil RBS 70 ocorre no momento decidido pelo chefe da unidade de tiro. Após o disparo, passa a acompanhar o alvo por meio do telescópio do aparelho de pontaria, fazendo a orientação do míssil com o fecho laser do sistema de pontaria do armamento.

O chefe da Unidade de tiro decide o momento a partir do qual o míssil deve ser disparado, e, após isso, o operador deve acompanhar o alvo através do telescópio, o que faz com que o feixe de orientação por fecho laser também esteja apontado para o mesmo. O míssil segue este fecho laser. (BRASIL, 2015, p.1-1)

Figura 15: Unidade de tiro com operador do míssil RBS 70



Fonte: BRASIL, 2015, p.1-4

### 5.3 MÍSSIL IGLA S

O míssil IGLA S, também conhecido como IGLA 9K338, atualmente em utilização pelo Exército Brasileiro, é a versão mais moderna da família do míssil IGLA 9K38, adquirido pela força terrestre brasileira em 1995. Cabe ressaltar que existem versões mais atualizadas deste armamento no mercado internacional, no entanto o IGLA S é a versão mais avançada empregada no Brasil.

Esta versão apresenta como características marcantes seu alcance de 6.000 metros, cabeça de guiamento com maior sensibilidade, maior resistência a contra medidas de infravermelho e espoleta de proximidade.

Adquirido pelo Exército Brasileiro em 1995, o Missil Iгла 9K38 possui as seguintes versões:

- Iгла- M - versão naval
- Iгла- V - versão aérea
- Iгла- D - versão destinada à tropas aerotransportadas e de forças especiais (pode ser lançado de pára-quedas).
- Iгла- S - versão mais moderna, que entrou em serviço no ano de 2002 e apresenta as seguintes características: alcance de 6.000 m, cabeça de guiamento mais sensível, maior resistência às contramedidas de infravermelho e espoleta de proximidade. (BRASIL, 2006, p.1-1)

Devido às suas características, sua elevada qualidade e sua grande mobilidade, o míssil IGLA-S foi amplamente exportado e testado em diversos conflitos armados pelo mundo, se mostrando extremamente eficiente.

Devido às suas grandes qualidades, o Iгла foi largamente exportado e é utilizado atualmente por mais de 20 países, tendo sido empregado nas guerras da Chechenia, do Golfo, de Kosovo e do Iraque. (BRASIL, 2006, p.1-1)

Figura 16: Disparo do míssil IGLA S



Fonte: BRASIL, 2006, p.1-3

### 5.3.1 Características gerais, possibilidades e limitações do míssil IGLA S

Este armamento foi concebido com a finalidade de enganjar ameaças aéreas voando a baixa altura, estejam elas em rota de aproximação ou de afastamento da posição da unidade de tiro. Devido às suas características técnicas, pode ser empregado de forma efetiva contra diferentes tipos de vetores aéreos.

O Míssil Iglá destina-se a engajar aeronaves voando a baixa altura, ou seja, até 3500m, em rota de aproximação ou afastamento, bem como veículos aéreos não tripulados (VANT) e mísseis de cruzeiro, mesmo em ambientes de contramedidas com fonte de calor. (BRASIL, 2006, p.1-2)

Quanto ao porte, é classificado como portátil, facilitando sua mobilidade. Além disso, o míssil IGLA S possui uma característica conhecida como “fire and forget” (“atire e esqueça”), que faz como que após o lançamento o atirador não precise mais realizar o guiamento do míssil até o alvo, uma vez que o mesmo se guia por meio do infravermelho gerado pela própria ameaça aérea, atualizando para isso seu sistema de guiamento passivo por infravermelho.

É um armamento portátil do tipo “fire and forget”, ou seja, “atire e esqueça”. Seu Sistema de Guiamento é de Atração Passiva por Infravermelho, que funciona por meio da detecção de fontes de calor emitidas pelo alvo, como por exemplo, o calor oriundo das turbinas de uma aeronave. (BRASIL, 2006, p.1-2)

O alcance máximo de utilização do míssil IGLA S é de 5.200 metros, podendo ser disparado de posições fixas ou em movimento, montados sob viaturas ou vagões ferroviários. Essa versatilidade é uma característica inerente ao sistema deste míssil. Em posição de combate pesa 16,7 kg, podendo ser lançado das posições de pé ou de joelho, possuindo tempo de reação de apenas 13 segundos.

Apresenta o alcance máximo de utilização de 5200 m e pode ser disparado de posições fixas, viaturas em movimento em terreno plano (até a velocidade de 20 km/h) e vagões ferroviários (até a velocidade de 50 km/h). O conjunto em Posição de Combate pesa 16,7 kg e pode ser lançado do ombro do atirador nas posições de pé ou de joelho, apresentando o tempo de reação 13 segundos. (BRASIL, 2006, p.1-2)

Suas principais possibilidades estão relacionadas com a facilidade de seu transporte e com seu sistema de guiamento de atração passiva por infravermelho. Seu transporte não necessita de viaturas, aumentando assim sua flexibilidade e sua mobilidade. Quanto a seu sistema de guiamento de atração passiva por infravermelho, ele reduz a atividade do operador, permitindo que a unidade de tiro engaje rapidamente outras ameaças em sequência.

Por ser um armamento portátil, pode ser transportado e utilizado por sua guarnição sem a obrigatoriedade da presença de viatura para transportar seus componentes. Tal característica assegura à Unidade de Tiro (U Tir) dotada do Msl Iгла grande mobilidade e flexibilidade de emprego. É um míssil do tipo “atire e esqueça”, reduzindo as atividades do operador. O Sistema de Guiamento de Atração Passiva por Infravermelho assegura que não ser detectado pelo inimigo enquanto apreende seu alvo. (BRASIL, 2006, p.1-2)

Já suas limitações residem na existência de uma altura mínima de interceptação de 10 metros, que reduz seu emprego em ambientes mais elevados, e na dependência dos sistemas de controle e alerta e comunicações que podem gerar aumento em seu tempo de reação perante vetores aéreos hostis.

Por apresentar a altura mínima de interceptação de 10 m, tem o seu emprego limitado em ambientes mais elevados. O tempo de reação de 13 segundos acarreta dependência dos Sistemas de Comunicações e Controle e Alerta, que carece de sensores de busca para atenuar tal problema. (BRASIL, 2006, p.1-2)

### **5.3.2 Composição e finalidade da unidade de tiro do míssil IGLA S**

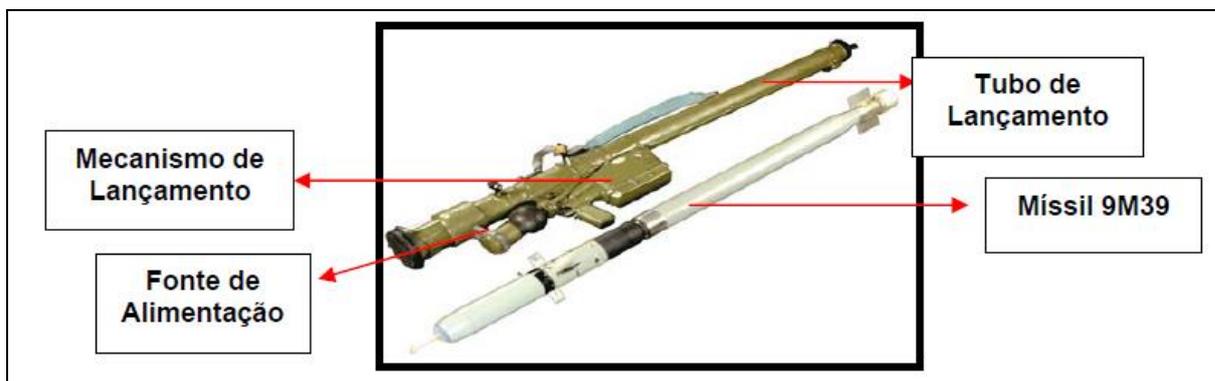
A guarnição da unidade de tiro do míssil IGLA S pode variar conforme a necessidade da tropa apoiada ou com a missão, no entanto, geralmente é constituída por um sargento chefe de peça, um cabo atirador e um soldado remuniador e motorista.

O posto de tiro do míssil IGLA S é composto pelo mecanismo de lançamento, pelo tubo com o míssil e fonte de alimentação acoplados e por acessórios.

1) Unidade de Tiro – menor fração de Artilharia Antiaérea capaz de, com seu equipamento orgânico detectar, identificar e atacar um vetor hostil (mesmo que a detecção e a identificação sejam visuais).  
A U Tir do Míssil Iгла é variável segundo a tropa apoiada, mas sua formação convencional é dotada de três militares - um 3º Sgt Chefe de Peça, um Cb Atirador e um Soldado Remuniador, além do Motorista.

2) Posto de Tiro – É todo o equipamento destinado a detectar e identificar alvos inimigos e lançar sobre eles os mísseis. No caso do Míssil Iglá, é composto pelo Mecanismo de Lançamento, pelo Tubo de Lançamento com o Míssil e Fonte de Alimentação acoplados e por Acessórios.(BRASIL, 2006, p.1-2)

Figura 17: Posto de tiro do míssil IGLA S



Fonte: BRASIL, 2006, p.1-3

## 6 POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DA AAAe DO EXÉRCITO BRASILEIRO

Neste capítulo serão abordadas as possibilidades e limitações da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro. Em um primeiro momento abordaremos a definição e os tipos de missões que a AAAe pode receber, após isso serão abordadas as possibilidades e limitações que cercam o emprego deste nobre meio de apoio ao combate.

### 6.1 ARTILHARIA ANTIAÉREA

A Artilharia Antiaérea é a porção da força terrestre envolvida com a defesa aeroespacial, tendo como função principal a defesa antiaérea de tropas, instalações ou áreas fundamentais para o sucesso das operações em curso. A defesa a ser realizada pela AAAe é desencadeada da superfície contra os vetores aeroespaciais inimigos que tentam interferir no combate.

Quanto ao tipo de missão que pode ser realizada pela AAAe temos as missões antiaéreas, missão principal a ser desencadeada, e as missões de superfície, missões desencadeadas em caráter excepcional.

A AAAe, componente terrestre da defesa aeroespacial ativa, realiza a DA Ae de forças, instalações ou áreas, desencadeada da superfície contra vetores aeroespaciais inimigos. A AAAe pode receber dois tipos de missões: antiaérea (missão principal) e de superfície (missão eventual). (BRASIL, 2017, p.3-2)

A AAAe deve proporcionar a defesa antiaérea de zonas de ação, de áreas sensíveis, de pontos sensíveis e de tropas amigas, em movimento ou estacionadas, contra possíveis ameaças aéreas, possibilitando, assim, a continuidade das operações em desenvolvimento pela força.

Neste tipo de missão, sua principal finalidade é neutralizar, evitar ou dificultar um ataque ou um reconhecimento aéreo inimigo, negando ao inimigo o uso do espaço aéreo.

A missão antiaérea consiste em realizar a DA Ae de zonas de ação (Z Aç), de áreas sensíveis, de pontos sensíveis e de tropas, estacionadas ou em movimento, contra vetores aeroespaciais hostis. Sua finalidade é impedir, neutralizar ou dificultar um ataque. Assim, a missão principal da AAAe tem por finalidade:

a) impedir ou dificultar o reconhecimento aéreo inimigo;

- b) impedir ou dificultar ataques aéreos inimigos a fim de:
  - na zona do interior (ZI), possibilitar o funcionamento das infraestruturas críticas sediadas em território nacional;
  - no TO, permitir a liberdade de manobra para elementos de combate, o livre exercício do comando e uma maior disponibilidade e eficiência das unidades de apoio ao combate e apoio logístico; e
- c) em determinadas situações, dificultar a utilização pelo inimigo de porções do espaço aéreo na ZI ou no TO. (BRASIL, 2017, p.3-2)

Quando recebe uma missão de superfície, missão secundária, e que deve ser evitada a todo custo, a AAAe passa a atuar contra alvos terrestres ou navais, com a finalidade de reforçar a ação de outros meios de apoio de fogo de tiro tenso, amentado, assim, a capacidade destes meios.

Para que a AAAe receba uma missão de superfície, alguns requisitos devem ser atendidos, tais como: as possibilidades de interferência do inimigo aéreo devem ser mínimas, o valor da ameaça terrestre é considerável, e as características dos sistemas de armas possibilitem este tipo de missão.

- A missão de superfície consiste em atuar contra alvos terrestres ou navais, complementando a ação de outros meios de apoio de fogo de tiro tenso. A missão de superfície é eventual e ocorre quando:
- a) as possibilidades de interferência do inimigo aéreo são mínimas;
  - b) o valor da ameaça terrestre é considerável; e
  - c) as características dos sistemas de armas a possibilitem. (BRASIL, 2017, p.3-2)

No Teatro de Operações, o responsável por determinar a missão a ser atribuída a AAAe é o comandante da força a qual a Artilharia Antiáerea está subordinada, cabendo ao comandante do maior escalão de AAAe assessorar o comandante da força no melhor emprego da AAAe. Já na zona de interior, é mais provável que a AAAe receba a missão antiaérea, devido às peculiaridades desta zona.

No TO, cabe ao comandante da força à qual a AAAe está subordinada decidir sobre o tipo de missão – antiaérea ou de superfície. O comandante do maior escalão de AAAe da força assessora o comandante tático quanto à melhor forma de emprego dos meios AAAe. Na ZI é menos provável a necessidade do emprego da AAAe com a missão de superfície. (BRASIL, 2017, p.3-2)

## 6.2 POSSIBILIDADES DA AAAe DO EXÉRCITO BRASILEIRO

A Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro apresenta uma série de possibilidades de emprego dentre as quais temos: concentrar fogos sobre um ou mais alvos; bater, simultaneamente, diversos alvos com rapidez e precisão; deslocar-se com rapidez; mobilidade tática compatível com a natureza da força apoiada; combinar diversos tipos de matérias para o cumprimento de uma determinada missão; relizar a vigilância do espaço aéreo por meio dos sensores de vigilância e postos de vigilância de suas unidades e subunidades; realizar a busca, a detecção, a identificação e a destruição de alvos aéreos; detectar e abater aeronaves remotamente pilotadas (ARP) de dimensões superiores à categoria 3 (Catg 3); atuar, ininterruptamente, sob quaisquer condições de tempo, de visibilidade e, ainda, dentro de um ambiente de GE; e empregar variados tipos de munições contra alvos aéreos e de superfície.

A AAAe tem as seguintes capacidades:

- a) coordenar seu emprego, seus fogos e a utilização do espaço aéreo com a força aérea e a força terrestre;
- b) concentrar seus fogos, quando necessário, sobre um ou mais alvos;
- c) bater, simultaneamente, diversos alvos com rapidez e precisão;
- d) deslocar-se com rapidez;
- e) possuir mobilidade tática compatível com a natureza da força que defende;
- f) combinar diversos tipos de materiais para o cumprimento de uma determinada missão;
- g) montar um sistema de controle e alerta capaz de integrar-se com os sistemas de controle da F Ter, da F Ae e da Força Naval (F Nav) (sfc);
- h) realizar a vigilância do espaço aéreo por meio dos sensores de vigilância e postos de vigilância de suas unidades e subunidades;
- i) realizar a busca, a detecção, a identificação e a destruição de alvos aéreos;
- j) detectar e abater aeronaves remotamente pilotadas (ARP) de dimensões superiores à categoria 3 (Catg 3);
- k) empregar variados tipos de munições contra alvos aéreos e de superfície;
- l) atuar, ininterruptamente, sob quaisquer condições de tempo, de visibilidade e, ainda, dentro de um ambiente de GE. (BRASIL, 2017, p.3-3)

Estas possibilidades de emprego são fundamentais para o sucesso da atuação da AAAe em combate, sem as referidas capacidades, o emprego deste elemento de apoio ao combate torna-se deficitário ou até mesmo ineficiente, comprometendo, assim, o êxito das operações militares.

Outra possibilidade da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro é sua capacidade de saturação do espaço aéreo. Esta saturação pode ser obtida através do emprego de canhões com elevada cadência de tiros e variados tipos de

munições, como por exemplo, o que ocorre na VBC DAAe GEPARD 1A2. Esta possibilidade torna-se muito importante no combate de ameaças aéreas de pequena RCS, como mísseis de cruzeiro e SARP, uma vez que a destruição destes vetores aéreos é extremamente difícil.

Cabe destacar que estas possibilidades são mutáveis, visto que, as possibilidades das ameaças aéreas evoluem constantemente, fazendo com que seja necessária uma atualização constante das capacidades que a Artilharia Antiaérea possui de interferir no combate.

### 6.3 LIMITAÇÕES DA AAAe DO EXÉRCITO BRASILEIRO

Quanto ao seu emprego, a Artilharia Antiaérea possui algumas limitações que podem dificultar ou restringir sua plena e correta atuação. Dentre elas temos: dificuldade de detectar e abater, sem danos colaterais, aeronaves remotamente pilotadas (ARP) de categoria inferior à categoria 2 (Catg 2); dificuldade de coordenação, de controle e de manutenção do sigilo das defesas antiaéreas, quando operando em ambiente de GE, face ao largo emprego de equipamentos de detecção eletrônicos e de sistemas de comunicações rádio que necessitem operar diuturnamente; vulnerabilidade à capacidade de supressão de DA Ae pelo oponente aéreo, devido à rápida e constante evolução tática e tecnológica da ameaça aérea; dificuldade de engajar mísseis balísticos e de cruzeiro, bem como demais alvos com pequenas dimensões, com grande velocidade e que empreguem tecnologia furtiva; e exigência de atividades de suprimento e manutenção muito bem estruturadas, em virtude do elevado consumo de suprimentos CI III e V (M) e da elevada dependência de manutenção especializada;

A AAAe possui as seguintes limitações:

- a) dificuldades para realizar a defesa aproximada de suas posições;
- b) exigência de atividades de suprimento e manutenção muito bem estruturadas, em virtude do elevado consumo de suprimentos CI III e V (M) e da elevada dependência de manutenção especializada;
- c) dificuldade de coordenação, de controle e de manutenção do sigilo das defesas antiaéreas, quando operando em ambiente de GE, face ao largo emprego de equipamentos de detecção eletrônicos e de sistemas de comunicações rádio que necessitem operar diuturnamente;
- d) dificuldade de engajar mísseis balísticos e de cruzeiro, bem como demais alvos com pequenas dimensões, com grande velocidade e que empreguem tecnologia furtiva;

- e) dificuldade de detectar e abater, sem danos colaterais, aeronaves remotamente pilotadas (ARP) de categoria inferior à categoria 2 (Catg 2);
- f) existência de um alcance mínimo de emprego para os mísseis antiaéreos em função da impossibilidade de guiamento pleno no início da trajetória;
- g) vulnerabilidade à capacidade de supressão de DA Ae pelo oponente aéreo, devido à rápida e constante evolução tática e tecnológica da ameaça aérea. (BRASIL, 2017, p.3-4)

As limitações apresentadas trazem dificuldades durante a atuação da AAe em determinadas situações de emprego. Uma das maiores limitações da Artilharia Antiaérea está relacionada com a busca, detecção e destruição de ameaças aéreas dotadas de pequenas áreas de superfície, tais como: mísseis de cruzeiro, mísseis balísticos e aeronaves remotamente pilotadas. Esta dificuldade em detectar e abater estas ameaças aéreas está relacionada com a reduzida seção reta radar apresentada por elas, em virtude de suas pequenas dimensões e de sua baixa altitude de emprego, que dificulta a detecção por parte dos sensores em uso na Força Terrestre.

O máximo de medidas devem ser adotadas visando diminuir os efeitos gerados por tais limitações, evitando assim que estas vulnerabilidades possam ser exploradas por forças inimigas que visam obter algum tipo de vantagem em situações de combate.

## 7 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo geral apresentar os aspectos de maior relevância relacionados às possibilidades e limitações da defesa antiaérea do Exército Brasileiro quando empregada contra sistemas de aeronaves remotamente pilotadas, especialmente quando os referidos sistemas são empregados no Teatro de Operações.

Desta forma foi abordada, em um primeiro momento, a grande importância que os SARP vêm assumindo no atual contexto das operações militares em todo o mundo. Verificou-se que devido às características técnicas apresentadas por estes sistemas e ao grande desenvolvimento tecnológico pelo qual vem passando nas últimas décadas, sobretudo a partir dos anos 2000, variadas são as possibilidades de emprego no atual contexto mundial.

Por meio do estudo das características operativas, da classificação, das categorias e da concepção de empregos dos SARP, foi possível compreender a relevância destes sistemas nos conflitos bélicos. Características como grande autonomia de voo, elevada eficiência no cumprimento de missões, menor grau de risco para tripulações e reduzidos custos de aquisição, se comparados a outras aeronaves de combate, tornam o emprego dos SARP extremamente viável para qualquer força armada do mundo. Além disso, outra grande vantagem no emprego dos SARP é a sua reduzida seção reta radar (RCS), dificultando sua detecção por radares e pelos próprios sistemas de guiamento dos armamentos antiaéros. Sendo assim, torna-se necessário que as Forças Armadas brasileiras estejam em condições de combater e neutralizar as ações de possíveis SARP inimigos caso venha ser necessário.

No entanto, foram observadas também algumas limitações quanto ao emprego dos SARP com finalidades bélicas, dentre as quais podem ser destacadas o limitado raio de operação destes veículos e a reduzida capacidade de transporte de qualquer tipo de carga ou armamento. O raio de emprego reduzido dos SARP ocorre devido a limitações técnicas ligadas as radiofrequências utilizadas em seu controle, limitando o emprego dos SARP ao alcance das radiofrequências utilizadas. Já a reduzida capacidade de transporte ocorre devido às limitações de suas dimensões, fazendo com que estes veículos tenham menores capacidades para realização de ataques. O conhecimento e a exploração destas vulnerabilidades

torna-se vital para o eficiente emprego da AAAe contra os SARP, visto que, aumenta de forma significativa as chances de sucesso da Artilharia Antiaérea.

Além disso, foram abordados os principais sistemas de armas AAAe do Exército Brasileiro em uso na atualidade, apresentando suas principais características técnicas, suas possibilidades e limitações de emprego. O estudo dos três principais sistemas em utilização, o Míssil IGLA S, o Míssil RBS 70 e a Viatura Blindada de Combate Defesa Antiaérea GEPARD 1A2, tornou possível a compreensão de como pode ser realizada a neutralização de possíveis ameaças aéreas envolvendo SARP.

No entanto, foram observadas algumas limitações que podem dificultar o emprego dos referidos sistemas de armas AAAe contra SARP, estas limitações são de conhecimento da Força Terrestre. Com a finalidade de suprir tais deficiências e limitações no combate a estas modernas ameaças aéreas, estudos e programas estão sendo realizados pelo Exército Brasileiro.

Dentre as limitações citadas acima temos em destaque a dificuldade de atuação dos sistemas de armas de artilharia antiaérea contra os SARP, devido às reduzidas RCS apresentadas por estes veículos. Esta dificuldade inicia desde o momento da detecção por parte dos radares diretores de tiro e chega até o engajamento propriamente dito destas ameaças aéreas. Esta restrição pode ser observada principalmente em sistemas de armas que possuem a capacidade de serem acionadas por proximidade do alvo, como ocorre com o míssil RBS 70 que pode ser detonado por proximidade do alvo ou por impacto com o mesmo. A reduzida RCS dos SARP inviabiliza o emprego do Míssil RBS 70 na função proximidade, uma vez que os sensores do míssil apresentarão dificuldades para a confirmação de proximidade com o alvo, gerando assim, erros e imprecisões não desejadas.

Outra importante limitação dos sistemas de armas de AAAe está relacionada com a pequena assinatura térmica gerada pelos SARP, dificultando o emprego de armamentos que utilizam guiamento de atração passiva por infravermelho, como ocorre no caso do IGLA S. A reduzida assinatura térmica faz com que o míssil não consiga se guiar com precisão até o alvo.

Foi realizado também um estudo a cerca da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro, onde foram apresentadas suas definições, os tipos de missões nas quais pode ser empregada, suas possibilidades e limitações de emprego. Este estudo

possibilitou analisar e compreender as facilidades de um possível emprego da AAAe do Exército Brasileiro contra SARP, bem como, as limitações técnicas e táticas apresentadas pela AAAe da Força Terrestre caso seja necessário engajar tais ameaças aéreas. Desta forma, torna-se possível o desenvolvimento de mecanismo que auxiliem a reduzir tais limitações e a potencializar as possibilidades já apresentadas.

Do exposto, conclui-se que os objetivos da pesquisa foram plenamente atingidos, dentro de seu escopo, e que o presente trabalho possibilita novos estudos de relevância para a Força, levando-se em consideração que houve temas de grande interesse encontrados durante o processo, mas que não se enquadraram no tema proposto pela pesquisa. Sendo assim, propõe-se que com o intuito de aprofundar as pesquisas sobre o tema seja abordados em trabalhos futuros as formas de emprego dos sistemas de armas AAAe contra sistemas de aeronaves remotamente pilotadas, com a finalidade de expandir as capacidades de emprego da atual AAAe do Brasil contra estes referidos sistemas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. EB70-MC-10.235. **DEFESA ANTIAÉREA NAS OPERAÇÕES**. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. EB70-MC-10.231. **DEFESA ANTIAÉREA**. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. CI-44-62-1. **ESCOLA DE FOGO DE INSTRUÇÃO DO MÍSSIL IGLA 9K38**. 2006.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. EB60-MT-23.460. **OPERAÇÃO DO SISTEMA DE MÍSSEIS RBS 70**. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. EB60-ME-23.016. **OPERAÇÃO DO SISTEMA GEPARD**. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. MD33-M-02. **MANUAL DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS DAS FORÇAS ARMADAS**. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. EB70-MC-10.223. **OPERAÇÕES**. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. EB20-MC-10.214. **VETORES AÉREOS DA FORÇA TERRESTRE**. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. EB20-MF-10.102. **DOCTRINA MILITAR TERRESTRE**. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. ICA 100-40. **AERONAVES NÃO TRIPULADAS E O ACESSO AO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO**. 2018.

CARDOSO, Tatiana de Almeida. **OS EFEITOS DO USO DE AERONAVES NÃO TRIPULADAS NAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS**. Porto Alegre, 2015.

CNN. **Security from the sky: Indian city to use pepper-spray drones for crowd control**. Disponível em: <http://edition.cnn.com/2015/04/09/asia/india-police-drones/>  
Acesso em: 30 jun. 2019.

CORRÊA, Diogo Calazans; Medeiros, Jessika Cardoso de. **VANTs nos conflitos irregulares: análise das dinâmicas de utilização**. Rio de Janeiro, 2014.

CORRÊA, Jorge Luís Viana. **O Emprego do Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) e suas implicações nas Operações de Garantia da Lei e da Ordem**. Rio de Janeiro, 2014.

JERONYMO, Eduardo Jorge. **O EMPREGO DO SARP EM OPERAÇÕES MILITARES – CAPACIDADES**. Rio de Janeiro, 2018.

MAGALHÃES, Mario Augusto Rupp de. **VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS. QUESTÕES LEGAIS RELATIVAS AO EMPREGO EM AÇÕES DE DEFESA E DE SEGURANÇA**. Pedrouços, 2015

PERÓN, Alcides Eduardo dos Reis; BORELLI, Patrícia Capelini. **O USO DE “DRONES” PELOS ESTADOS UNIDOS NAS OPERAÇÕES “TARGETED KILLING” NO PAQUISTÃO E O DESRESPEITO AO DIREITO HUMANITÁRIO INTERNACIONAL: RUMO AOS ESTADOS DE VIOLÊNCIA?**. Dourados, 2014.

PERÓN, Alcides Eduardo dos Reis. **CHAMAYOU E A URGÊNCIA DA TEORIA CRÍTICA DOS ARMAMENTOS**. São Paulo, 2016.

PERÓN, Alcides Eduardo dos Reis. **O reordenamento sociotécnico dos conflitos contemporâneos e o imaginário de “guerra cirúrgica” com drones**. São Paulo, 2017.

RABAÇA, Tomás Correia. **O Uso de Drones na Atual Conflitualidade: Uma Análise ao Nível Estratégico e Tático**. Lisboa, 2014.

RODRIGUES, Anna Carolina Natale. **DRONES E DRONE ART: PODER MILITAR, ÉTICA E RESISTÊNCIA**. Cuiaba, 2015.

THE TELEGRAPH. **Indian police to use ‘pepper-spray drones’ on protesters**. Disponível em: <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/india/11521639/Indian-police-to-use-pepper-spray-drones-on-protesters.html> Acesso em: 30 jun. 2019.