



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

**DANIEL GONÇALVES, Maj Inf**

Emprego de Radar de Vigilância Terrestre para melhoria do processo decisório na missão de  
Autodefesa de Superfície

Rio de Janeiro - RJ

2024



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

**DANIEL GONÇALVES, Maj Inf**

Emprego de Radar de Vigilância Terrestre para melhoria do processo decisório na missão de  
Autodefesa de Superfície

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Escola de Comando e Estado-Maior da  
Aeronáutica como requisito parcial para apro-  
vação no Curso de Comando e Estado-Maior.  
Linha de Pesquisa: Operações Militares.  
Orientador: Antônio Rodrigues Silva, Cel  
QOEAV R/1

Rio de Janeiro - RJ

2024



## RESUMO

Este estudo teve como objetivo geral identificar de que maneira um Radar de Vigilância Terrestre (RVT) pode influenciar no cumprimento da Ação de Força Aérea – Autodefesa de Superfície (ADS). Sua importância ocorreu pela simplicidade dos meios de vigilância empregados nas Organizações Militares em tempo de paz (Segurança das Instalações), como as sentinelas e as Centrais de Vigilância Eletrônica. Portanto, a implementação de tecnologias avançadas pela Força Aérea Brasileira se mostrou vital para enfrentar os desafios contemporâneos, especialmente a Guerra de 4ª Geração. Sobre a Metodologia, foi realizada uma pesquisa documental de *datasheets* de câmeras *SPEED DOME* do CINDACTA II, além de documentos sobre RVT e os dados de Alcance Radar medidos pelo autor em outro trabalho. Isso para comparar os meios de monitoramento de hoje em dia e caso fosse utilizado o RVT, o que resultou em vantagens significativas do RVT, em comparação aos demais meios de detecção empregados na Segurança das Instalações. Isso porque proporciona maior alcance de detecção (distância mínima de 650m e máxima de 2900m), capacidade de operar em condições noturnas e através de *clutters*, e menor propensão a falhas em comparação aos meios de monitoramento de rotina (cansaço humano e erros por falta de diligência). Também fornece identificação antecipada de ameaças e autoclassificação de alvos, aumentando o tempo de reação e decisão das autoridades competentes, fornecendo subsídios para melhor emprego do poder decisório e sucesso da missão de ADS. Assim, o trabalho identificou que o RVT influencia positivamente no emprego da ADS, confirmando a hipótese proposta.

**Palavras-Chave:** Radar de Vigilância Terrestre; Autodefesa de Superfície; Central de Vigilância Eletrônica e sentinela.



## **ABSTRACT**

*This study aimed to identify how a Ground Surveillance Radar (GSR) can influence the fulfillment of the Air Force Action – Surface Self-Defense (SSD). The importance of this study stems from the simplicity of surveillance means employed by Military Organizations in peacetime, such as sentinels and Electronic Surveillance Centers. Thus, the implementation of advanced technologies by the Brazilian Air Force has proven vital in facing contemporary challenges, especially Fourth Generation Warfare. The methodology involved documentary research of datasheets for SPEED DOME cameras from CINDACTA II, documents on GSR, and Radar Range data measured by the author in a previous study. This was to compare current monitoring means with the potential use of GSR. The results demonstrated significant advantages of GSR over other detection methods used in Organizations Security Systems. These advantages include a greater detection range (minimum distance of 650m and maximum of 2900m), the ability to operate in nighttime conditions and through clutters, and a lower propensity for failures compared to routine monitoring means (human fatigue and lack of diligence errors). Furthermore, GSR provides early threat identification and target self-classification, increasing reaction and decision time for competent authorities. This enhanced capability supports better decision-making and the successful execution of SSD missions. Consequently, the study concluded that GSR positively influences the deployment of SSD, thus confirming the proposed hypothesis.*

**Keywords:** *Grounds Surveillance Radar; Surface Self-defense; Electronic Surveillance Centers and sentinels.*



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ADS** - Autodefesa de Superfície

**ARP** – Aeronave Remotamente Pilotada

**CFAD** – Comandante da ADS

**CVE** - Central de Vigilância Eletrônica

**EB** - Exército Brasileiro

**FAB** - Força Aérea Brasileira

**MARE** - Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética

**MB** - Marinha do Brasil

**OD** - Oficial de Dia

**OE** - Onda Eletromagnética

**OM** - Organizações Militares

**PBC** - Planejamento Baseado em Capacidades

**PEMAER** - Plano Estratégico Militar

**RVT** - Radar de Vigilância Terrestre

**SRR** - Seção Reta Radar



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Variação de valor do alcance (eixo das ordenadas) de acordo com as medidas de Azimute (cabeçalho) e Frequência (eixo das abscissas).....	26
<b>Figura 2</b> – Absorção do uniforme camuflado do EB, FAB, MB.....	27
<b>Quadro 1</b> – Características das câmeras da CVE do CINDACTA II.....	28
<b>Quadro 2</b> – Compilação dos dados da pesquisa. ....	29



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A Força Aérea Brasileira (FAB), por meio do seu Plano Estratégico Militar (PEMAER), tem procurado avançar no processo de implementação de novas tecnologias para atendimento de suas demandas operacionais, por meio de ações desenvolvidas pela área de Ciência, Tecnologia e Inovação. Isso se dá devido à realidade do combate moderno, em especial a Guerra de 4ª Geração, segundo a classificação introduzida pelo autor Willian S. Lind (Monteiro, 2017), que se utiliza de equipamentos sofisticados e adaptados (Aeronaves Remotamente Pilotadas - ARP de pequeno porte para lançamento de bombas), como na Guerra da Ucrânia, aliados à forma irregular de combate de pessoas cada vez mais imiscuídas no seio da sociedade por meio de vestimentas e equipamentos civis.

Essa nova premissa só pode ser alcançada com maior investimento em pesquisa e aquisição de novos instrumentos que possibilitem novas capacidades, além de treinamento conduzido por militares experientes e que conheçam as reais necessidades da Força. Nessa esteira, percebeu-se que a aquisição de determinado equipamento de combate sofisticado por si só não vence a guerra, mas sim o que ele acrescenta ao rol de capacidades que uma Força tem disponível para cumprimento de determinada missão desencadeada pelo nível estratégico. Com isso, a FAB busca desvendar e concretizar seu Planejamento Baseado em Capacidades (PBC), que é realizado mundialmente pelas grandes potências, como os EUA e o Reino Unido (Neves, 2021).

Na área de Defesa Terrestre, o PEMAER busca remodelar a forma como é realizada a Segurança das Instalações hoje, adotando novas tecnologias de vigilância eletrônica, controle de acesso e alarmes (Brasil, 2018a). Isso porque já se entende que a função do sistema tradicional de identificação composto pela sentinela e/ou a Central de Vigilância Eletrônica (CVE) empregadas por militares de serviço está ultrapassada, devido às novas ferramentas que o avanço tecnológico tem proporcionado.

Mesmo com pouca tecnologia, se tornou fácil enganar o sistema visual humano (sentinela), seja por meio das condições do cenário de emprego (cenário de baixa luminosidade, chuvas fortes) e/ou pelas vantagens do inimigo em possuir vestimenta capaz de se dissimular entre a vegetação do terreno (Bartczak *et al.*, 2009). Em outros casos, percebe-se ainda a falha humana no processo de identificação, tendo em vista suas limitações, como o esgotamento físico ou a falta de profissionalismo. Sendo assim, o próprio combate sentiu a necessidade de desenvolvimento de novos equipamentos como remédio aos meios empregados pelo inimigo para burlar as vistas da sentinela tradicional.

Sabe-se também que para alguns processos repetitivos, como o ato de vigiar um determinado espaço sem a necessidade de interação com o ambiente, a máquina se comporta melhor que o ser humano (Aguado Gonzáles, 2017). Isso favoreceu a implementação de uma política de redução de efetivo na FAB durante os últimos anos, tendo como escopo principal a redução de soldados por meio da Vigilância Eletrônica na Segurança das Instalações. Isso porque a capacidade de vigiar das sentinelas é reduzida até mesmo quando comparada com a CVE (processo repetitivo), pois opera 24 horas por dia com raras exceções (queda de energia sem integração com geradores e panes operacionais) que podem ser reduzidas com a devida manutenção.

Diante disso, diversos países têm aperfeiçoado a tecnologia de vigilância por meio do radar, sendo muito empregado inclusive na iniciativa privada com a mesma finalidade, ou seja, identificar pessoas e objetos ao longo de um perímetro. Para citar alguns, tem-se os radares – BOR-A, *Ground Observer 12* e *Spexer 2000*, da Alemanha; *Sharpeye SxV* e *MSTAR V6* do Reino Unido; e o *FOXTRACK* de Israel (Gonçalves, 2019). Dentro desse escopo, importante destacar o radar DAIR da empresa *Elbit Systems* (2023) com capacidade também anti-ARP.

Outro ponto que merece destaque é a mudança do Teatro Operacional, principalmente com a maior utilização dos meios aeroespaciais e cibernéticos. Assim, por parte dos agentes da guerra, há a busca de diversos efeitos a partir dos domínios Aéreo, Terrestre, Marítimo, Espacial e Cibernético, promovendo a sobrecarga nos meios de defesa do inimigo, gerando colapso do seu sistema de defesa, sendo a velocidade de emprego e a calibragem do tempo das ações imprescindíveis para o sucesso desse tipo de abordagem (Brasil, 2020).

Portanto, a ação no objetivo por um combatente terrestre de Força Especial ainda se torna bastante utilizada (domínio terrestre), seja para realizar um Reconhecimento, um Assalto ou uma Ação Direta para neutralização de alvos, com vistas a reduzir o Poder Aeroespacial do inimigo (Brasil, 2020), por meio do domínio terrestre. Esse modo de operação tem apresentado grande valor estratégico para a tropa que o domina, principalmente com a grande evolução das capacidades furtivas em vestimentas, que laboratórios pelo mundo vem investigando e aperfeiçoando.

Essa capacidade *stealth* coloca equipamentos e pessoas em situação de vantagem tática, pois tem a possibilidade de redução considerável da Seção Reta Radar (SRR), causando surpresas indesejáveis a todo sistema de identificação e defesa de uma Organização Militar, em especial por meio de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE). Eles possuem a característica de absorver a Onda Eletromagnética (OE), fazendo com que até mesmo um radar seja enganado sobre a existência ou não de algo a ser vigiado, além de disfarçar

a distância correta de uma pessoa em determinado local (Perotoni; Andrade; Rezende, 2014).

Dessa maneira o trabalho pretende investigar o seguinte problema de pesquisa: De que maneira o emprego de um Radar de Vigilância Terrestre influencia no cumprimento da Ação de Força Aérea – Autodefesa de Superfície? Para tanto, utilizará como variável independente o uso do RVT como ferramenta de melhoria no processo de decisão e como variável dependente os efeitos da inclusão do radar no cumprimento da missão ADS.

Para tanto, essa pesquisa pretende analisar a hipótese: O emprego do Radar de Vigilância Terrestre é importante para o cumprimento da Ação de Força Aérea – Autodefesa de Superfície. Assim, a pesquisa tem o objetivo geral (OG) de identificar de que maneira um Radar de Vigilância Terrestre pode influenciar no cumprimento da Ação de Força Aérea – Autodefesa de Superfície.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A ADS é uma Ação de Força Aérea vital para a segurança militar de pontos sensíveis, dessa forma esta revisão de literatura buscou explorar os conceitos principais para seu entendimento e como ela pode ser realizada de forma eficaz no combate moderno.

Para tanto, a pesquisa optou por iniciar com a Teoria dos Círculos Concêntricos, que sugere a criação de barreiras de defesa em forma de anéis concêntricos ao redor da área a ser protegida. Cada camada de defesa adiciona uma nova linha de resistência, aumentando a complexidade e a eficácia do sistema de segurança. Lopes Júnior e Souza (2000) destaca que essa abordagem é particularmente eficaz na mitigação de ameaças diversificadas e sofisticadas, típicas do modelo de combate moderno.

Com isso, seguiu-se com o conceito de Guerra de 4ª Geração, que é caracterizado pelo uso de táticas assimétricas e pela redução das distinções entre combatentes e civis, além do uso de tecnologias não convencionais, como drones de pequeno porte para lançamento de explosivos. Monteiro (2017) descreve a complexidade e a diversidade dessas ameaças, que exigem estratégias de defesa avançadas, como a implementação de sistemas de radar capazes de operar em condições adversas e detectar múltiplos tipos de ameaças. A doutrina da FAB (Brasil, 2020) também reconhece a necessidade de adaptação a essas novas formas de combate.

Para fazer frente à necessidade de incremento de tecnologia, o PEMAER define os principais direcionadores institucionais do COMAER, focando no presente e na construção futura da FAB. Baseado na Concepção Estratégica (Brasil, 2018b) e em diagnósticos estratégicos do Órgão de Direção-Geral e dos Órgãos de Direção-Setoriais, o PEMAER hoje

conta com 20 macroprocessos, facilitando a priorização de recursos. Seu objetivo é otimizar a gestão institucional, assegurando a construção e sustentação das capacidades militares da FAB, mesmo com orçamento restrito (Brasil, 2018a).

Com esse tipo de combate, o referido plano traz um foco na segurança, como a modernização da vigilância militar para aumentar a capacidade de detectar, identificar e neutralizar ameaças (Brasil, 2018a). A implementação do RVT é um passo crucial nessa direção, oferecendo vantagens significativas em comparação com métodos tradicionais de vigilância, tendo em vista que a FAB ainda não opera esse tipo de equipamento.

Nos dias de hoje sua utilização é notória, mormente quando se trata da defesa de um ponto de interesse de determinada Força Armada que necessita de tecnologias mais modernas que possibilitam, inclusive, antecipar ataques de ARP de pequeno porte. São cada vez mais presentes nas Guerras de 4ª Geração, o que interfere bastante na dialética de dois princípios de guerra, segundo a ótica do Poder Aeroespacial, de um lado o Princípio da Surpresa no ataque e do outro o Princípio da Segurança na defesa entre as forças em combate.

Para nossa doutrina, o Princípio da Surpresa é composto de “ações que obtenham efeitos decisivos sobre o adversário, de forma inesperada, levando-o a uma paralisia, momentânea ou mais duradoura” (Brasil, 2020). Dessa forma, o Estado Brasileiro deve sempre estar preparado para eventual ameaça que busca o emprego do Princípio da Surpresa como forma de emprego, seja por meio de elementos de Forças Especiais (FE) utilizando material furtivo, pela aplicação de ARP de tamanho reduzido ou, até mesmo, com o Poder Aéreo. Isso porque o inimigo sempre buscará encontrar mecanismos para colocar a Teoria de Giulio Douhet prevista na obra “*The Command of the Air*” em prática, que trata da necessidade de destruir todo poder aéreo no inimigo no solo, antes que tenham condições de levantar voo (DOUHET, 2019, p. 49).

Devido sua importância, muitas guerras recentemente não possuem mais declaração formal em seu início, com vistas a surpreender o inimigo, como foi no caso da Guerra da Ucrânia, quando a Rússia tentou manter segredo de sua operação até último momento da invasão.

Já o Princípio da Segurança prevê:

[...] medidas que reduzam vulnerabilidades, **assegurem a disponibilidade dos Meios Aeroespaciais**, mantenham a habilidade em exercer as funções de comando e controle e, em última instância, conservem o potencial de infligir efeitos estratégicos e nos centros de gravidade do adversário. (Brasil, 2020, grifo nosso).

Assim, o território brasileiro encontra respaldo nesse princípio para cumprimento das missões de ADS (cenário de conflito ou guerra), com vistas a manutenção dos meios

aeroespaciais disponíveis para o combate, especialmente quando o inimigo tenta a todo o instante se utilizar da surpresa para obter vantagens. Dessa maneira, a importância do radar cresce para apoiar na antecipação de eventual da tentativa de surpresa inimiga. Tratando-se de defesa terrestre, o RVT se coloca como principal ferramenta disponível para fazer frente às ameaças diversas (drones pequenos a baixa altura e elementos de FE de posse de material furtivo). São tais instrumentos de alta resolução e capacidade de identificação de alvos, que auxiliam um país na guerra atual de diversos domínios sobrepostos.

Toda sua aplicação serve de suporte a outros processos, exigindo muito treinamento e uma doutrina robusta, de forma que todos os procedimentos estejam bem treinados no momento real, igual foi conduzido na Batalha da Inglaterra pelo sistema de detecção da Grã-Bretanha (*Chain Home*). Portanto, trata-se de uma peça importante dentro da tarefa de Força Aérea – Comando, Controle, Comunicação e Sistemas de Informação (C3SI), que prevê na doutrina básica da FAB o uso de “um sistema complexo que envolve pessoal, plataformas, **tecnologia de gerenciamento de informações**, redes de comunicação e **apoio às decisões**, além de **ferramentas de consciência situacional** do ambiente operacional” (Brasil, 2020, grifo nosso).

Isso posto, diante do aparecimento de ameaças, a situação inclusive pode enveredar para situações extremas, fazendo com que a autoridade competente necessite optar pelo disparo letal cumprido por militar especializado (caçador com curso de *sniper*), caso haja perigo contra a vida de alguém. Tudo sempre em cumprimento ao Ordenamento Jurídico e as Regras de Engajamento para cada ação. Entretanto, quando empregado corretamente e em atenção aos ditames legais, não há o que temer, pois segundo o Código Penal Militar (Brasil, 1969), em seu art. 42:

[...] não há crime quando o agente pratica o fato:  
 I - em estado de necessidade;  
 II - em legítima defesa;  
 III - em estrito cumprimento do dever legal;  
 IV - em exercício regular de direito. (Brasil, 1969).

Outra opção de emprego mais simples é possível pelo monitoramento e condução do identificado até um ponto em que uma sentinela possa iluminar, identificar, verbalizar e confirmar sua intenção. Assim, da mesma forma que uma aeronave irregular em território brasileiro, pode haver diversas situações complexas identificadas, como apenas uma pessoa irrelevante perdida em área sensível, um elemento de tropa amiga fora do local previsto ou uma ameaça real. Não se deve deixar de considerar que o momento de crise ou conflito eleva os níveis de alerta e tensão, o que requer árduo treinamento dos procedimentos, que precisam ser claros e eficientes. Até porque devem prever responsabilidades em todos os níveis decisórios,

desde o tático, quando o militar identifica uma ameaça no radar (início da cadeia de acionamento) até o estratégico, que autoriza o disparo letal nas circunstâncias previstas em lei.

Para tanto, a tropa empregada na ADS necessita ser especializada, pois detectam e neutralizam especialmente ameaças de superfície, incluindo ARP de baixa altitude. Ela deve ser integrada à defesa antiaérea e aeroespacial, adaptando-se conforme a ameaça aumenta. A inteligência é crucial para o planejamento da defesa, que pode incluir medidas ofensivas e defensivas. A responsabilidade de segurança é compartilhada entre diversos comandos e forças, garantindo proteção eficaz das instalações e continuidade das operações aéreas, mesmo em situações de crise ou conflito armado.

O planejamento abrange todos os níveis decisórios, garantindo eficiência na tomada de decisões. Envolve análise detalhada da missão, situação, capacidades inimigas e linhas de ação. O Comandante da ADS (CFADS) conduz a avaliação contínua, ajustando planos conforme necessário. A metodologia inclui o exame de situação, elaboração de planos, validação e controle. Além disso, deve ser cíclico e contínuo, requerendo flexibilidade e adaptação às condições mutáveis, garantindo a eficácia e a prontidão das forças de autodefesa. Sobre a Tática de emprego, abrange três dispositivos - Defesa Circular, Defesa Aproximada de Instalações Fixas e Defesa Aproximada de Recursos Isolados.

A Defesa Circular envolve a disposição dos meios para enfrentar ataques em qualquer direção, sendo eficaz contra ameaças de níveis 3 a 5 (forças de maior dimensão). A área de responsabilidade é dividida em setores de defesa menores, com graus de resistência (defender, retardar, vigiar). Os setores incluem postos de comando, pontos críticos, áreas administrativas e operacionais. A defesa é reforçada por obstáculos naturais, barreiras e uma estrutura de vigilância e resposta rápida (Brasil, 2023) Daí a importância do RVT provendo celeridade do processo decisório.

Já a Defesa Aproximada de Instalações Fixas protege instalações permanentes ou temporárias contra ameaças de níveis 1 a 3, como terroristas e insurgentes (frações de menor porte ou elementos individuais). Envolve medidas preventivas de inteligência e contrainteligência, variação das medidas de segurança, uso de infraestrutura reforçada (trancas, iluminação, barreiras) e um sistema de alerta e alarme. A vigilância inclui patrulhas de segurança, postos de vigilância, sensores eletrônicos e iluminação de proteção (Brasil, 2023).

Por fim, a Defesa Aproximada de Recursos Isolados garante a segurança de meios estacionados temporariamente, como rodopistas ou comboios logísticos. A defesa envolve equipamentos de vigilância 360°, controle de vias de acesso com postos de vigilância avançados, uso de ARP para vigilância aérea e patrulhas (Brasil, 2023). Diante disso, o RVT

seria bem aplicado dentro dessas três estruturas de defesa, bastando a doutrina de emprego definir os procedimentos corretos para cada uma delas.

Além disso, organiza-se por meio de dispositivo linear e em profundidade, proporcionando sobreposição de campos de tiro e maior profundidade à defesa. A Defesa Aproximada de Instalações Fixas inclui barreiras perimetrais reforçadas, guaritas fortificadas, e sistemas de iluminação e sensores para proteção. Medidas defensivas específicas incluem obstáculos e barreiras anticarro, defesa química, biológica, radiológica e nuclear (QBRN), e defesa contra-ataques aéreos e terrestres (Brasil, 2023).

Técnicas para balizar a aproximação do inimigo também são usadas, por meio de barreiras e fechamento de vias, de forma que os recursos (geralmente escassos, como os radares e demais sensores de vigilância) sejam mais bem aproveitados. Também são integradas as Força de Reação, que evitam penetrações, bloqueiam aterrissagens e desembarques, realizam patrulhas, contra-ataques rápidos e aprofundam a defesa conforme necessário (Brasil, 2023).

Nesse caso, a ADS se coloca como missão essencial para a proteção de instalações militares sensíveis contra ameaças terrestres, em caso de conflito (Brasil, 2023), o que corrobora para o uso desse tipo de radar. Integrando a Teoria dos Círculos Concêntricos, a ADS se beneficia de um modelo de defesa estruturado em camadas, onde múltiplas barreiras de segurança são dispostas em torno do ponto sensível (Bases Aéreas ou outra Infraestrutura Crítica), criando um sistema de defesa todo interligado.

Para entender o funcionamento do RVT, houve a necessidade também de entender o conceito de *clutter* no ambiente, tendo em vista ser uma vantagem do radar perante os demais meios de monitoramento. Currie (2010) elucida que radares modernos utilizam técnicas avançadas para minimizar os efeitos do *clutter*, garantindo uma detecção mais precisa. Bartczak *et al.* (2009) observam que camuflagem e condições ambientais adversas podem comprometer a eficácia das sentinelas humanas, tornando os sistemas automatizados, como os RVT, uma solução mais eficiente. Isso porque a OE pode ser transmitida, refletida ou absorvida no ambiente, seja pelo *clutter* ou pela própria ameaça a ser medida.

A transmissão ocorre quando uma OE passa através de um meio sem ser significativamente refletida ou absorvida. A eficiência da transmissão depende das propriedades eletromagnéticas dos materiais envolvidos (Perotoni; Andrade; Rezende, 2014). Em sistemas de radar, a transmissão eficiente é crucial para detectar alvos além de *clutters* ambientais (tempestades) ou artificiais (obstáculos).

A reflexão ocorre quando uma onda encontra uma interface com diferentes propriedades eletromagnéticas, sendo parcialmente ou totalmente refletida de volta. A quantidade de reflexão

depende do ângulo de incidência da OE e das propriedades dos meios (o que a OE navega e o material da interface que a onda se choca). Esse princípio é essencial para identificar e localizar alvos em sistemas de vigilância (Scheer; Holm, 2010).

O princípio de funcionamento de um radar gira em torno desse processo, pois depende de receber de volta a OE que enviou anteriormente para identificar o alvo e suas características (Scheer; Holm, 2010). Dessa forma, o bom equipamento é aquele que consegue melhor realizar o processo de identificação do que é ou não *clutter* ao longo do caminho que a OE percorre, possuindo circuitos eletrônicos para tanto (descartar a medição das ondas refletidas em *clutters* e considerar as ondas refletidas no alvo a ser medido).

Já a absorção ocorre quando a energia da onda é absorvida pelo material, convertendo-se em outras formas de energia, como calor. A absorção depende das propriedades do material e da frequência da onda. Materiais com alta absorção podem reduzir a eficácia da detecção em radares (Scheer, 2010).

Outrossim, a referida revisão buscou destrinchar o conceito de PBC, que se trata de uma metodologia estratégica adotada por grandes potências militares que visa maximizar a eficiência e a eficácia das Forças Armadas, mediante a integração de novas tecnologias e a otimização dos recursos disponíveis. Neves *et al.* (2021) destacam que o PBC se fundamenta na identificação das capacidades necessárias para cumprir missões específicas, promovendo a aquisição de tecnologias e o treinamento adequado para suprir essas demandas. Essa abordagem orientada por capacidades permite uma maior flexibilidade e adaptação às necessidades operacionais, ao invés de focar apenas na aquisição de equipamentos específicos.

### 3 METODOLOGIA

Sobre a parte metodológica propriamente dita, inicialmente o trabalho visa realizar uma pesquisa documental sobre os *datasheets* de câmeras SPEED DOME do CINDACTA II, com vistas a chegar a um intervalo de distância que elas operam em um cenário de visada direta, ou seja, sem a interposição de obstáculos no caminho entre a câmera e a pessoa a ser observada. Além disso, buscar-se-á as medidas de Alcance Radar medidas no trabalho “Estimativa do alcance do Radar de Vigilância Terrestre (RVT) Sentir M20 baseado na SRR Humana empregando uniforme de campanha” realizado por este autor no ano de 2019. Busca-se também analisar as características do RVT Sentir M20 do EB e do conceito de ADS da Doutrina Básica da FAB (DCA 1-1).

Ademais, acentua-se que uma CVE possui diversos tipos de equipamentos interligados,

como sensores, câmeras e alarmes, entretanto o trabalho terá como foco apenas as câmeras, tendo em vista que o objetivo inicial é medir a distância entre dois pontos (aparelho observador e ameaça). Mesmo restringindo o escopo, ainda existem uma grande variedade delas, cada qual com sua especificidade.

Assim, a escolha da SPEED DOME tem o foco de buscar a que mais se assemelhe ao comportamento de um radar (rotação de 360°) para que a comparação faça sentido operacionalmente. Hoje já existem diversas empresas brasileiras e internacionais que produzem esse tipo de equipamento e diversas OM da FAB operando-o. Dessa forma, para se chegar ao resultado, foram delimitados os seguintes Objetivos Específicos.

Primeiramente busca-se coletar as medidas de Alcance Radar do Trabalho intitulado acima. Tais resultados foram baseados na simulação de militares das três Forças Armadas Brasileiras com seus respectivos uniformes de campanha. Para cálculo dos alcances dos três militares simulados (FAB, EB, MB), utilizou-se também a simulação do RVT M20 do Exército Brasileiro, todas elas executadas no Laboratório de Guerra Eletrônica do ITA (Gonçalves, 2019).

Em seguida, o segundo objetivo específico visa a descobrir a distância que a câmera SPEED DOME é capaz de identificar uma pessoa. Esse objetivo busca identificar como se comporta as CVE das OM da FAB e se elas poderiam ser mantidas em utilização como mecanismo de vigilância durante uma evolução de Segurança das Instalações (tempo de paz) para Autodefesa de Superfície (momento de conflito). Ou se haveria a necessidade de adesão de algum aparelho mais robusto, como o proposto no trabalho (RVT).

Já o terceiro objetivo específico busca confrontar as medidas do Alcance Radar (primeiro objetivo) e das câmeras (segundo objetivo), além de analisar outros quesitos importantes, para no final conhecer de que maneira um RVT influencia no cumprimento da Ação de Força Aérea – Autodefesa de Superfície. Para essa influência, o autor fará uma análise qualitativa de algumas características, comparando o modelo que se usa hoje (CVE e sentinelas) e a proposta de um RVT.

Características como a distância com que o sistema de vigilância trabalha na identificação de possíveis alvos, a capacidade de identificar em Ambiente Noturno (recurso IR), de observar além de *Clutters*, de perceber a aproximação de Aeronaves Remotamente Pilotadas de pequeno porte (ARP), de reduzir a possibilidade de Falhas no Emprego e de Autoclassificar os alvos fornecem grande vantagem operacional ao possuidor desse equipamento.

Isso quer dizer que uma distância maior de alcance e algumas vantagens adicionais do radar em comparação com as câmeras da CVE e as sentinelas sugerem uma influência positiva,

pelo fato de proporcionar maior tempo de decisão para uma autoridade competente. Como o radar teria a capacidade de observar a ameaça a uma distância maior que a câmera, ele faria o alerta antecipadamente, proporcionando antecipação na visualização das ameaças, assim fornecendo mais tempo para a autoridade competente tomar sua decisão sobre o que fazer com a referida ameaça sinalizada.

Caso o alcance seja igual ou inferior à distância medida pelas câmeras da CVE e não apresente vantagens adicionais, não será considerada nem a aquisição de um radar desse tipo, pois sua influência será neutra no tempo de tomada de decisão da autoridade competente. Dessa forma, não justificaria seu custo de aquisição, mantendo a utilização do aparato atual, o que já percebemos possuir algumas falhas. Claro que a importância da comparação de distância na observação das ameaças entre os sistemas de hoje (CVE – SPEED DOME e sentinela) e o proposto (RVT) é importante, mas não resolutiva, pois outros aspectos merecem destaque para descobrir a influência que um radar pode ter na ADS.

Sobre a análise dos resultados, esta proposta será apresentada em 2 eixos, sendo o primeiro conceitual, que tratará um pequeno histórico do emprego do radar ao longo do tempo, a dialética entre as forças em combate, confrontando a necessidade do Princípio da Surpresa para o inimigo e o Princípio da Segurança. Além disso, a sua relação com a Tarefa de Proteção da Força e a Ação de ADS para manutenção de uma campanha vitoriosa.

O valor dessa pesquisa é importante, pois caso o radar apresente vantagem (influência positiva) em comparação ao modelo de identificação utilizado atualmente, há a possibilidade de gerar grande vantagem militar para a Força e o Ministério da Defesa de forma geral (aplicação para demais forças como ferramenta de defesa de perímetro). Isso porque a ameaça seria descoberta com maior antecedência, gerando aumento de tempo disponível para tomada de decisão da autoridade competente. Por conseguinte, melhorando a possibilidade de sucesso nas missões de ADS, gerando capacidade operacional.

Por fim, a segunda parte tratará da análise dos resultados das medições de Alcance Radar e das câmeras SPEED DOME coletadas, além das características adicionais julgadas importantes em um conflito, com vistas a observar se a aquisição da ferramenta é imperiosa para uso na Ação de Força Aérea – Autodefesa de Superfície, conforme já explicado acima.

#### **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

O trabalho tem como fim analisar a importância de utilizar um RVT em um contexto de ADS para identificar a aproximação de pessoas não autorizadas em comparação ao sistema de

rotina já usado para Segurança das Instalações nas OM.

Resta claro que esse equipamento já apresenta elevada importância para a Tarefa de Força Aérea – Proteção da Força, que atua no nível operacional, conforme a Doutrina Básica da FAB, tendo em vista a capacidade de observar além de obstáculos. Entretanto, caso também forneça a possibilidade de identificar as ameaças antes de uma câmera SPEED DOME, sua vantagem aumenta para eventual justificativa de aquisição futura. Isso por não se tratar de um equipamento barato e simples de operar. Vejamos a definição dessa Tarefa:

[...] garantir a segurança do pessoal, do material, das instalações, das informações e das comunicações em apoio às atividades de emprego, em contraposição às ameaças adversárias ou da natureza, preservando o poder de combate da Força Aérea. (Brasil, 2020, p. 24).

Dentro desse contexto, a segurança das instalações, que atua em tempo de paz, se utiliza de equipamentos e pessoal durante a rotina de uma OM para fazer frente principalmente aos desafios que a criminalidade impõe para manutenção da segurança de uma OM, como sentinelas no portão da guarda, as rondas no quartel e a CVE, tudo coordenado por um Oficial de Dia (OD). Diz a legislação: “é a Ação que consiste em empregar Meios de Força Aérea para assegurar, **em caráter rotineiro**, a integridade do patrimônio e das instalações de interesse da Força Aérea” (Brasil, 2020, p. 37, grifo nosso).

Esta última, que prevê de forma geral a defesa de pontos sensíveis de interesse da FAB, deve ainda ser estruturada para apoiar e permitir o tempo necessário à migração para a Ação de Autodefesa de Superfície, quando se trata da evolução para épocas de crise ou conflitos armados, quando o nível de ameaça se eleva (Brasil, 2023). Afinal, eventuais contendas reais podem surgir a qualquer momento, que passarão à coordenação de outros atores diferentes do OD, em uma coordenação mais estratégica. Para o MCA 125-17, esta última está definida como:

[...] uma extensão das medidas de Segurança das Instalações (Seg Inst) e de Polícia da Aeronáutica (PA), complementando-as **quando o nível de ameaça se eleva, tipicamente em momentos de crise ou de conflitos armados**. Todavia, deve-se compreender que as táticas, técnicas e procedimentos empregados na ação de ADS, em muito se diferenciam das utilizadas nas demais ações, requerendo especialização, treinamento, equipamento e, por vezes, organização **diferentes do que daqueles utilizados nas atividades de rotina** da Infantaria da Aeronáutica. (BRASIL, 2023, p.23, grifo nosso).

Desse modo, após delineado os limites espaciais onde a pesquisa ocorrerá, ou seja, dentro de uma missão de ADS para justificar eventual aquisição desse tipo de equipamento, busca-se agora referenciar outra base teórica, além da Doutrina Básica de emprego (Brasil, 2020) acima.

Para tanto, buscou-se o livro *Principles of modern radar – Basic principles* (1º Volume) de quatro editores renomados no assunto e integrantes do *Georgia Institute of Technology*, Mark A. Richards, James A. Scheer e William A. Holm. Além do autor do capítulo 5, Nicholas C. Currie, que trata das características dos *clutters* para radar.

Todos com um *background* elevado em pesquisa de processamento de sinal radar, computação embarcada de alto desempenho, desenvolvimento e análise de sistema radar, espalhamento de OE para identificação de alvos (*Backscatter*) em mares, ar, neve, vegetação, veículos militares e civis, mísseis e aeronaves.

Por fim, colocou-se também como importante para delimitação do referencial teórico a Teoria dos Círculos Concêntricos (Lopes Júnior; Souza, 2000), pois tem a finalidade de realizar a proteção de ponto sensível. Ela sugere que existam barreiras circulares e concêntricas com meios interligados, de forma a ser possível defender a área delimitada pelo círculo menor, o que tem total coerência com a utilização de um RVT no emprego da Tarefa de Proteção da Força dentro da Ação de Autodefesa de Superfície.

## 5 APRESENTAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

O Sistema de Vigilância de uma Força Armada de primeiro mundo hoje possui diversos instrumentos integrados, gerando capacidades diversas para fazer frente às novas ameaças, tudo conquistado com muita pesquisa e investimento. No caso dos radares, a Segunda Guerra Mundial teve papel decisivo no seu desenvolvimento e aplicação, em especial na Batalha da Inglaterra, onde este país se utilizou dessa ferramenta para alerta antecipado contra possível invasão alemã (Liddell Hart, 1980).

Entretanto, é na Guerra do Vietnã que o radar passa a assumir outra função no campo de batalha, agora dedicado também a identificar ameaças terrestres, em especial naquelas bases americanas. Com o combate de guerrilha efetuado pelos inimigos locais, foi necessário aperfeiçoar esse tipo de tecnologia para identificação antecipada da aproximação de eventuais ameaças. Para tanto, diversos laboratórios americanos debruçaram-se na tarefa, em especial o *Lincoln Laboratory do Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em 1967, com o apoio da *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) (Bryant *et al.*, 2000).

Como falado, muitos países já estão se preparando para a defesa de seus pontos sensíveis, por meio de RVT, o que gera a necessidade de buscarmos formas de vencer esse desafio. O próprio Exército Brasileiro já possui o radar Sentir M2O, que está em fase de avaliação pelo Centro de Avaliações do Exército (CAEX) para cobrir as necessidades de

detecção e acompanhamento de tropas terrestres e determinados objetos. Inclusive, trata-se do equipamento que foi simulado no Laboratório de Guerra Eletrônica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) para análise dos resultados deste trabalho.

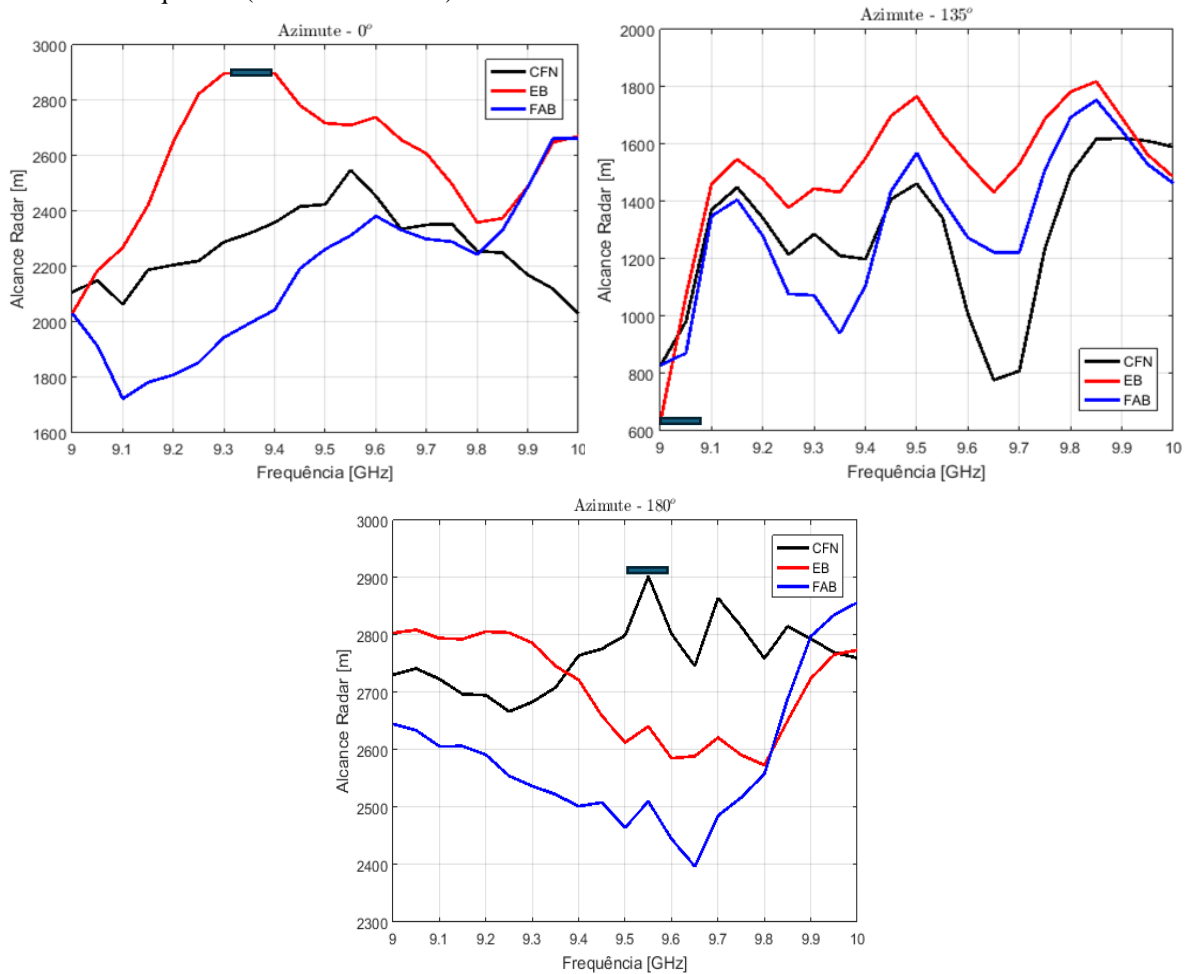
O referido equipamento possui a vantagem de facilmente ser deslocado para locais de emprego mais inóspitos, inclusive por homens em marcha devido sua portabilidade e robustez. Tem a possibilidade de rastreamento automático de alvos com exibição gráfica e classificação automática, devido a parâmetros de velocidade, posição (distância e azimute), dentre outros. Sem contar que, com a Guerra da Ucrânia, a defesa anti-drones ganhou outra importância, o que vem fazendo com que empresas adaptem seus RVT para ganhar a capacidade de identificação de objetos menores, como ARP de pequeno porte, conforme o Radar DAIR da empresa *Elbit Systems* (2023).

Analisado seu emprego operacional, como apoio à decisão de autoridade competente, seja para uma ação de emprego da força em sua última instância (disparo de caçador) ou para monitoramento de suspeitos, passa-se a observar as reais nuances de um equipamento desse tipo para conhecimento de suas reais possibilidades.

Diante disso, alguns cuidados precisam ser observados pelo seu operador, tendo em vista que o alcance de um combatente que se aproxima de um ponto sensível, como uma Base Aérea durante um conflito, pode variar bastante dependendo de alguns parâmetros de operação do RVT. O primeiro deles é a frequência de operação (eixo das abscissas dos gráficos da figura 1), que deve ser omitida por se tratar de dado sensível, que o inimigo pode se utilizar para danificar, inutilizar ou reduzir seu alcance, permitindo uma aproximação maior do objetivo sem ser “iluminado”. Afinal de contas, percebeu-se que o alcance tem relação direta com a frequência, conforme figura 1. Dessa forma, o salto de frequência é um importante requisito no momento de analisar as disponibilidades de equipamento no mercado, porque dificulta o descobrimento da frequência pela ameaça.

Outro ponto que merece destaque é o azimute de aproximação ou de afastamento (cabeçalho dos gráficos da figura 1) do combatente que tenta acessar o ponto sensível, ou fugir dele, a ser defendido por uma ação de ADS. Observou-se na figura 1 que, dependendo do azimute, o valor do alcance (eixo das ordenadas dos gráficos) variou bastante, o que se levou a crer que o inimigo conhecendo o RVT que é operado pela força oposta, pode escolher melhor como será sua posição corporal na aproximação e retirada, caso seja “iluminado” pelo radar da força oposta.

**Figura 1** – Variação de valor do alcance (eixo das ordenadas) de acordo com as medidas de Azimute (cabecalho) e Frequência (eixo das abscissas).



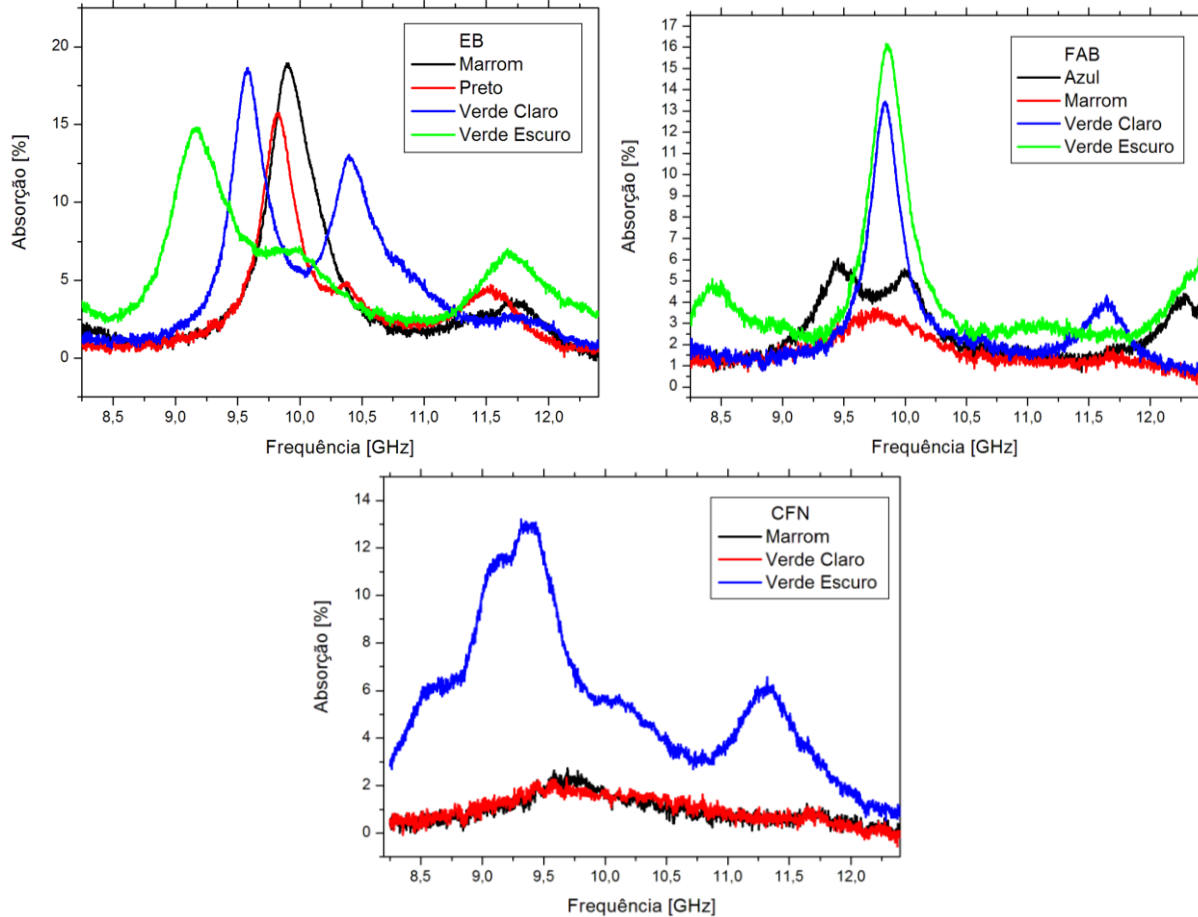
**Fonte:** Gonçalves (2019, p. 85, 88, 89).

Terminada a fase teórica, passou-se à parte de análise propriamente dita, iniciando com os gráficos previstos no trabalho intitulado no referencial teórico. Com isso, observou-se as variações de alcance de acordo com a frequência de operação e o azimute do alvo, seja em aproximação ou afastamento, chegando a primeira conclusão deste trabalho, que é a variação mínima e máxima de alcance medida por um RVT, a ser empregado em uma Ação de ADS. Seus valores aproximados foram um mínimo de 650 metros para o alvo caso estivesse vestido com um uniforme igual ao do EB e um máximo de 2900 metros para alvos caso estivessem vestidos com uniformes iguais ao do EB ou da MB (figura 1).

Outrossim, como se observou na figura 2, outro fator de mudança do alcance é o tipo de material do objeto. Por conta disso, percebeu-se que os militares de cada Força Armada apresentaram comportamentos diferentes, o que indicou um fator de mudança de cada militar, que no caso dessas medições foram as características de cada uniforme. Cada uniforme, por possuir material e cores diferentes, apresentaram mudanças relacionadas à absorção da OE, em

alguns casos drásticas, em outras nem tanto.

**Figura 2** – Absorção do uniforme camuflado do EB, FAB, MB.



**Fonte:** Gonçalves (2019, p. 68, 73, 77).

Com isso, o fator absorção de um determinado material pode significar relevante vantagem para o detentor dessa capacidade em seus equipamentos e uniformes, conforme o caso da aeronave F-117. Assim, possui a possibilidade de deixar seus objetos e/ou pessoas furtivas “aos olhos de um radar” do país inimigo.

Portanto, cada tipo de material (metal, madeira, corpo humano, plástico, tecido, etc.) possui sua influência na medição do alcance de um radar, tornando o processo de simulação e medição ainda mais difícil. Isso se conclui pois a maioria dos corpos são complexos (diversos tipos de materiais juntos com grande variedade de formas), a exemplo do corpo humano vestido com um uniforme de campanha com tipos de tintas diferentes, percentual de gordura diferente e diversas curvas e ondulações. Vale ressaltar que não se trata de objeto desse trabalho explicar de forma profunda o funcionamento de um equipamento desse tipo, tendo em vista que esse assunto já foi explorado no trabalho previsto no referencial teórico. Vejam que somente o fato de mudar a cor do uniforme, mantendo o mesmo corpo e material (tecido), já é suficiente para

variar a porcentagem de absorção da OE, vide figura 2, o que vai influenciar o nível de furtividade do material empregado e, por conseguinte, o cálculo do alcance.

Dessa forma, conhecer bem as características e formas dos materiais que possuímos em nossos equipamentos e desenvolver pesquisas nesse sentido, pode gerar relevante vantagem operacional e estratégica, ainda mais quando se conhece também o material e o equipamento utilizados pelo inimigo.

Agora, tendo conhecido o valor mínimo e máximo que esse RVT pode fornecer, de acordo com determinadas circunstâncias específicas, chegou a hora de comparar essas medidas com as possibilidades apresentadas pelas câmeras SPEED DOME, em especial para comparar as distâncias que cada dispositivo é capaz de identificar um alvo. Para tanto, foram utilizadas as câmeras instaladas no CINDACTA II, que possui a CVE mais robusta da FAB. Vejamos o quadro 1:

**Quadro 1** – Características das câmeras da CVE do CINDACTA II.

MARCA	MODELO	ORIGEM	AUTO-CLASSIFICAÇÃO	ALCANCE	DAY / NIGHT
DAHUA	DH-SD8A240VB-HNI	CHINA	SIM	450m	X
DAHUA	DH-TPC-ACSD8620-B	CHINA	SIM	150m	X
DAHUA	SD59225-HC-LA	CHINA	SIM	150m	X
MILESIGHT	AI 36X / 42X	CHINA	SIM	300m-400m	X
A. DYNAMICS	ULTRA 8E	EUA	SIM	200m-300m	X
HONEYWELL	HC35WZ2R25	EUA	SIM	200m-300m	X
MOBOTIX	MOVE SD-330	ALEMANHA	SIM	100m-200m	X

**Fonte:** O autor.

Com isso, percebeu-se que as câmeras SPEED DOME possuem alcance entre 100 metros e 450 metros (segundo objetivo específico), o que fica abaixo da distância mínima medida pelo alcance de um RVT (650 metros), demonstrando que o radar possui maior capacidade de identificar o alvo com antecedência (Quadro 2 – Linha 1).

**Quadro 2** – Compilação dos dados da pesquisa.

LINHA	QUESITO	SENTINELA	CVE (SPEED DOME)	RVT
1	Distância	MENOR	MENOR	MAIOR
2	Ambiente Noturno	RESTRITA	SIM	SIM
3	<i>Clutters</i>	NÃO	NÃO	SIM
4	ARP de Pequeno Porte	NÃO	NÃO	SIM
5	Falha no Emprego	SIM	NÃO	NÃO
6	Autoclassificação	NÃO SE APLICA	NÃO	SIM

**Fonte:** O autor.

Em segundo lugar, o RVT e a SPEED DOME possuem a capacidade de vigiar no período noturno com eficiência, devido a seus sensores IR, diferentemente das sentinelas, que apresentam a limitação do aparelho visual. Apesar do ser humano ser capaz de enxergar em ambiente com iluminação reduzida, a capacidade da máquina acaba sendo muito maior e eficiente. Dessa maneira, o radar e a câmera SPEED DOME conseguiram identificar a ameaça em melhores condições de visualização no ambiente noturno (Quadro 2 – Linha 2).

Em um terceiro momento, analisou-se a capacidade do RVT em observar além de *clutters* (Quadro 2 – Linha 3), em comparação com a câmera SPEED DOME e a sentinela. Conforme explicado na revisão de literatura, o RVT apresenta essa característica por apresentar equipamentos internos capazes de diferenciar o alvo de um simples obstáculo no caminho, o que o fez obter vantagem frente aos demais, o que pode gerar vantagem relevante dependendo do ambiente que a tropa esteja operando (selva - árvores no entorno, meteorologia ruim, etc.).

Um quarto ponto a ser explorado, levando em consideração a Guerra de 4.<sup>a</sup> Geração classificada por Lind (Monteiro, 2017), é a capacidade de identificação do ARP de pequeno porte (Quadro 2 – Linha 4) pelo RVT. Essa capacidade do radar mostrou vantagem diante dos demais meios em comparação, pelo reduzido tamanho que esses equipamentos vêm apresentando, tendo em vista a tendência do processo de miniaturização dos equipamentos, justamente para busca de emprego do Princípio da Surpresa.

Como quinto elemento, avaliou-se a possibilidade de falhas (Quadro 2 – Linha 5) em seu emprego. Para a máquina (RVT e SPEED DOME), percebeu-se que quando recebem a devida manutenção preventiva e existe o profissional pronto e capacitado para realização de manutenção corretiva, evitando solução de continuidade, o ser humano é menos eficiente. Isso porque o ser humano possui limitação fisiológica para esse tipo de atividade exaustiva ao longo do tempo (ambientes inadequados que causam cansaço ou doenças).

Observou-se também intercorrências intencionais nas OM, quando os militares exercem a atividade de vigilância em postos de serviço. Muitas vezes são causas de punição disciplinar

ocasionadas por atos de mal comportamento, como abandono de posto, falta de atenção no ato de vigiar e dormir em serviço, o que corroborou pela supremacia da máquina (Aguado Gonzáles, 2017). Dessa maneira, o radar e a câmera SPEED DOME não apresentam falhas de identificação, tendo em vista que não utilizam a emoção no processo de identificação.

Uma sexta característica importante para análise é a capacidade de autoclassificação (Quadro 2 – Linha 6) de alvos. Os RVT mais modernos permitem esse tipo de identificação, incluindo ARP de pequeno porte, o que facilita muito o trabalho de quem opera o equipamento. Para identificação de pessoas, algumas SPEED DOME mais modernas apresentam essa possibilidade, entretanto ainda mostram restrição para ARP de pequeno porte, o que resultou em uma vantagem do radar.

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo geral identificar de que maneira um Radar de Vigilância Terrestre pode influenciar no cumprimento da Ação de Força Aérea – Autodefesa de Superfície. Para tanto, buscou-se os três objetivos específicos – primeiramente coletar as medidas de Alcance Radar do trabalho tratado no referencial teórico, em seguida descobrir a distância que a câmera SPEED DOME é capaz de identificar uma pessoa e em terceiro lugar confrontar as medidas do Alcance Radar (primeiro objetivo) e das câmeras (segundo objetivo), além de analisar outros quesitos importantes para saber de que maneira um RVT influencia no cumprimento da Ação de Força Aérea – Autodefesa de Superfície. Outrossim, teve como hipótese - o emprego do Radar de Vigilância Terrestre é importante para o cumprimento da Ação de Força Aérea – Autodefesa de Superfície.

Já na parte da metodologia, buscou-se realizar uma revisão sobre o tema, uma pesquisa documental de diversas legislações e trabalhos anteriores e uma avaliação qualitativa de quesitos pré-estabelecidos e julgados importantes em um ambiente de combate, com a intenção de verificar a influência de um RVT na Ação de ADS.

Observou-se que a Tarefa de Proteção da Força não pode se privar de tecnologias de ponta, pois ela é a responsável em última análise pela guarda das principais ferramentas de guerra de uma Força Aérea e em situação de total vulnerabilidade, já dizia Giulio Douhet (2019), a aeronave estacionada no pátio. E, nesse contexto, a referida Tarefa de Força Aérea se utiliza da ação de ADS, pois é no tempo de conflito que o inimigo se torna mais audaz e coloca seus meios de maior capacidade de destruição a dispor do combate. Com isso, o radar veio ganhando importância ao longo do tempo, até ser percebida a elevada importância do RVT.

Isso porque os meios vigilâncias empregados outrora em tempo de guerra, já não apresentam a resposta adequada para os tipos de ameaça do presente. O Sistema de Vigilância Eletrônica é muito bom para emprego de uma segurança de rotina, principalmente pelo seu baixo custo, mas apresenta algumas limitações que podem ser fatais em um combate moderno. A vigilância por meio de sentinela hoje é a mais ineficiente, tendo em vista a limitação do aparelho visual humano e sua possibilidade de falhas, que podem ser causadas por cansado ou, até mesmo, por negligência, imprudência ou imperícia.

No referencial teórico, verificou-se a importância do estudo da Teoria de Radar, em especial a parte de *clutters*, tendo em vista que o radar dá essa vantagem em comparação aos demais sensores de identificação (CVE e sentinela). Ainda nesse ponto, a Teoria dos Círculos Concêntricos se mostrou como excelente suporte para a doutrina empregada na ação de ADS, tendo em vista a forma de disposição da tropa no terreno.

Diante de minuciosa avaliação qualitativa dos tópicos propostos, percebeu-se que a distância medida pelo RVT (entre 650 metros e 2900 metros) é maior que os demais meios de monitoramento, tendo a câmera SPEED DOME um máximo de 450 metros. Portanto, o radar saiu vencedor no tópico distância. Sobre o ambiente noturno, o radar e a câmera SPEED DOME conseguiram identificar a ameaça devido a seus sensores, o que fez deles vencedores nesse tópico em comparação com a sentinela.

Acerca da visualização além de *clutters*, somente o radar apresentou essa possibilidade devido a características peculiares desse equipamento, o que o colocou como vencedor na comparação. Para a capacidade de identificação de ARP de pequeno porte, o RVT mostrou-se melhor ferramenta que os demais novamente, tendo em vista estar mais adiantado nesse processo de evolução que as câmeras. A respeito da falha de emprego, máquina mostrou-se melhor em comparação com a sentinela humana por questões físicas e mal desempenho da função.

No tocante à possibilidade de autotransmissão de alvos, o RVT colocou-se na frente, pois alguns modelos já possibilitam realizar esse processo com equipamentos menores, como ARP de pequeno porte, o que para a guerra moderna se torna muito importante.

Por conseguinte, chegou-se à conclusão de que o RVT influencia de forma positiva o cumprimento da Ação de ADS, tendo em vista que em todos os quesitos ele logrou melhor performance na comparação, mesmo que tenha dividido a posição de vencedor com a câmera SPEED DOME em alguns tópicos. Portanto, o poder decisório da autoridade competente passa a ser melhor realizado no ambiente de conflito com a utilização de um RVT. Com isso, a hipótese foi confirmada dentro dos parâmetros propostos.

Vale realçar que as características escolhidas para comparação não são exaustivas, havendo também como limitação da pesquisa pelo tempo proposto para realização do trabalho, o que não impediu de se chegar a uma conclusão definitiva e consistente pela importância que os quesitos do trabalho possuem durante o conflito. Isso porque o quadro 2, da página 29, é um resumo da análise qualitativa feita pelo autor – Oficial de Infantaria, destacando as características de cada sensor de monitoramento.

Como sugestão para novas pesquisas, aduziu-se a importância de se ter os dados dos uniformes dos militares que estão propensos a entrar em conflito com o Brasil, para que sejam arquivados no CIAER, tendo em vista que a pré-existência desses dados pode proporcionar a melhor configuração do radar brasileiro, quando em operação. Outro ponto importante é que o Brasil ainda não possui grandes pesquisas sobre material absorvedor para emprego em uniformes, não sendo o uniforme da FAB preparado para esse tipo de capacidade. O que não impede a Força de buscar esse conhecimento, mesmo que apenas para tropas mais adestradas, como o Esquadrão Aeroterrestre de Salvamento (EAS), que necessita muitas vezes da dissimulação para realizar suas missões operacionais. Além disso, uma pesquisa de valores merece ser realizada, de forma a conhecer melhor sobre a relação custo-benefício, apesar de ser sabido que as fabricantes não disponibilizam esses dados com facilidade em fontes abertas, justamente por política estratégica da empresa.

## REFERÊNCIAS

- AGUADO GONZÁLEZ, E. **Detección automática de anomalías en patrullaje robotizado**. 2017. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado (Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2017
- BARTCZAK, A. *et al.* Camouflage as the additional form of protection during special operations. **Techniczne Wyroby Włókiennicze**, v. 17, n. 2/3/2/3, p. 15-22, 2009.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 1.001, de 21 de outubro de 1969. Código Penal Militar. **Diário Oficial da União**: Brasília-DF, 21 de outubro de 1969.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria no 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018. Aprova a reedição do PCA 11-47 “Plano Estratégico Militar da Aeronáutica”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 222, 20 de dez. 2018a.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria no 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. Aprova a reedição do DCA 11-45 “Concepção Estratégica – Força Aérea 100”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 180, 15 de out. 2018b.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.224/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da DCA 1-1 “Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – Volume I”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, 12 de nov. 2020.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria no 1.225/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da DCA 1-1 “Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – Volume II”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, 12 de nov. 2020.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando de Preparo. Portaria COMPREP no 2.193/SPOG-50, de 31 de maio de 2023. Aprova a reedição do MCA 125-17 “Autodefesa de Superfície”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 102, 05 de jun. 2023.
- BRYANT, T. G *et al.* Tactical radar for ground surveillance. **Lincoln Laboratory Journal**, v. 12, n. 2, p. 341-354, 2000.
- CURRIE, N. C. Characteristics of Clutter. *In*: RICHARDS, M. A.; SCHEER J. A.; HOLM W. A. (Eds). Principles of Modern Radar. Editora Scitech Publishing, 2010. p. 165-210.
- DOUHET, G. **The Command of the Air**. Alabama: Air University Press, 2019.
- ELBIT SYSTEMS. **DAIR Simultaneous Multi-Mission Tactical Radar**. Tactical terrain dominance, detects and classifies targets from ground air and sea, all at once. 2023 Disponível em: <<https://elbitsystems.com/product/dair/>>.
- LIDDELL HART, Basil Henry. **The Defense of Britain**. Reimpressão, Revisada. Greenwood Press, 1980.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GONÇALVES, Daniel. **Estimativa do alcance do Radar de Vigilância Terrestre (RVT) Sentir M20 baseado na RCS humana empregando uniforme de campanha**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise do Ambiente Eletromagnético) – Instituto de Tecnologia da Aeronáutica, DCTA, São José dos Campos. 2019.

LOPES JÚNIOR, R.; SOUZA, M. B. **Segurança Eletrônica – Proteção Ativa**. São Paulo, Sicurezza, 2000.

MONTEIRO, L. N. C. S. Guerras de 4ª Geração. **Revista Militar**, n. 2591, p. 1001-1014, 2017.

NEVES, A. N. *et al.* Planejamento Baseado em Capacidades nos documentos de defesa brasileiros. **Hoplos Revista de Estudos Estratégicos e Relações Internacionais**, v. 5, n. 9, p. 48-69, 2021.

OSINGA, F. P. B. **Science, Strategy and War: The Strategic Theory of John Boyd**. Editora Routledge, 2007.

PEROTONI, M. B.; DE ANDRADE, L. A.; REZENDE, M. C. Radar cross section of a stealthy aircraft using electromagnetic simulation in the X and in VHF/UHF bands. **International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical Engineering**, v. 2, n. 1, p. 41-53, 2014.

SCHEER J. A. The Radar Range Equation. *In*: RICHARDS, M. A.; SCHEER J. A.; HOLM W. A. (Eds). **Principles of Modern Radar**. Editora Scitech Publishing, 2010. p. 59-86.

SCHEER J. A.; HOLM W. A. Introduction and Radar Overview. *In*: RICHARDS, M. A.; SCHEER J. A.; HOLM W. A. (Eds). **Principles of Modern Radar**. Editora Scitech Publishing, 2010. p. 3-57.