

RESUMO

O emprego dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARP) em combate trouxe atualizações relevantes para a doutrina militar. No Brasil, seu uso está condicionado à legislação de controle do espaço aéreo. A atuação do Anti-SARP com ações não cinéticas, por sua vez, se destina à proteção das tropas em combate e à segurança de infraestruturas críticas, em especial contra os SARP de Categoria 0 e 1. As Medidas de Ataque Eletrônico, nesse contexto, devem ser traduzidas em táticas, técnicas e procedimentos, constituindo novos desafios para o emprego da Guerra Eletrônica em combate. Além disso, as tecnologias portadoras de futuro ampliam ainda mais esses desafios, realimentando o ciclo de evolução doutrinária e evidenciando ainda mais a importância da capacidade operacional Guerra Eletrônica para a Força Terrestre.

Palavras-chave: SARP. Guerra Eletrônica. Tecnologias futuras.

Counter-UAV and Challenges to Electronic Warfare

ABSTRACT

The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in combat brought relevant updates to military doctrine. In Brazil, their use is conditioned by air space control rules. On the other hand, the non-kinetic actions concerning Counter-UAV systems are intended for the protection of surface troops and towards critical infrastructure safety, especially against First Class Unmanned Aerial Vehicle category. This way, Electronic Counter Measures must be translated into tactics, techniques and procedures, performing new challenges for electronic warfare deployment in combat activities. Besides, future-bearing technologies enhance such challenges, reinforcing the doctrinary evolution cycle and further highlighting the importance of Electronic Warfare towards Land Force.

Keywords: Counter-UAV. Electronic Warfare. Future technologies.

Artigo recebido em 31/08/2023 e aceito para publicação em 30/12/2023.

1 INTRODUÇÃO

O conflito entre Rússia e Ucrânia teve início no ano de 2022, na madrugada de 23 para 24 de fevereiro, com notícias divulgadas em fontes abertas sobre provedores de internet ucranianos com falhas de conexão e queda dos serviços das redes de telefonia celular em determinadas regiões. Infere-se, a partir de tais notícias, a presença das ações de Guerra Eletrônica (GE) e Guerra Cibernética (GCiber) no início da contenda (Hoje..., 2022).

A GE, todavia, já estava presente no TO muito antes do início do conflito. É conhecido que, desde a anexação da Crimeia, os sistemas de GE russos monitoravam o território ucraniano em diferentes regiões ao longo da fronteira entre os dois países (Kremetnesky, 2019). Desde então, a GE permanece atuante, conforme a expectativa prévia sobre o emprego dessa importante capacidade operativa ao longo do conflito.

As ações perpetradas pelos combatentes russos e ucranianos também trouxeram inovações para o campo de batalha, particularmente no que diz respeito ao emprego de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARP) ou veículos aéreos não tripulados (VANT). O uso das *loitering ammunitions* (sistemas de munições remotamente pilotadas – SMRP) consolidou uma nova capacidade para o emprego dos SARP, cujo emprego já se consagrava na vigilância e no reconhecimento de regiões de interesse para ambos contendores. Nas atividades de vigilância, reconhecimento e ataque, por exemplo, VANTs com visão em primeira pessoa (*First Person View Drones*) foram empregados em conjunto com munições termobáricas e munições inteligentes. Também tem sido efetivo, nesse contexto, o emprego conjunto de VANT e artilharia para localização e destruição de alvos (Slyusar, 2023).

Figura 01 – Emprego de VANT com visão em primeira pessoa no conflito Rússia-Ucrânia



Fonte: Slyusar, 2023.

Essas ações têm sido divulgadas em redes sociais distintas, de forma a potencializar seu efeito psicológico sobre os combatentes e afetar positiva ou negativamente o moral das tropas.

As Organizações Militares (OM) de GE, no âmbito do Exército Brasileiro, têm condições de fazer frente, com limitações, às ameaças impostas pelos drones, como são comumente conhecidos os SARP, empregando para tal as capacidades não cinéticas de suas subunidades de guerra eletrônica. As Técnicas, Táticas e Procedimentos (TTP) referentes ao emprego da capacidade Anti-SARP por meios não cinéticos no âmbito da Força Terrestre serão definidos em Caderno de Instrução a ser difundido pelo Comando de Operações Terrestres.

Este artigo apresentará, no seu desenvolvimento, aspectos referentes ao emprego do SARP e do Anti-SARP no Exército Brasileiro, restringindo o estudo aos drones de categoria (Catg) 0 e 1, mais vulneráveis às ações não cinéticas passíveis de emprego pela GE. Para tal, mencionará conhecimentos presentes em publicações de interesse para a doutrina que tratam do assunto em questão. Por fim, na conclusão, destacará assuntos de interesse para o prosseguimento dos estudos na doutrina Anti-SARP que estão relacionados à GE, e que por seus avanços no domínio científico-tecnológico, certamente trarão relevância para a consecução das operações multidomínio nos conflitos modernos.

2 DESENVOLVIMENTO

No âmbito da Força Terrestre, os SARP podem ser empregados por diversos escalões. São partes constituintes de um SARP categoria 0, por exemplo (Exército Brasileiro, 2021):

a. plataforma aérea, contendo grupo motopropulsor, sistema elétrico e sistema de navegação e controle embarcados;

b. carga útil, composta de sensores e equipamentos embarcados na plataforma aérea, como câmeras de sensores eletro-ópticos e infravermelhos;

c. estação de controle de solo, que é responsável pela interface entre o operador, a plataforma aérea e a carga útil; e

d. terminal de transmissão de dados, com equipamentos que possibilitam os enlaces entre a plataforma aérea e a estação de controle de solo, servindo ao controle do voo e ao controle da carga útil.

As ICA 100-40/2023 (Força Aérea Brasileira, 2023) constituem a legislação de amparo para a coordenação de emprego do espaço aéreo por tais dispositivos. Abrangem, em seu conteúdo, as principais normas para o emprego de SARP de todas as categorias, bem como as sanções previstas para o descumprimento do que se relaciona à segurança no emprego de tais dispositivos.

Em linhas gerais, dentre outras prescrições, aeronaves não tripuladas, com peso máximo de decolagem de até 25kg, operando em linha de visada visual com o operador e até 120m de altura:

- a. estão dispensadas do uso de *transponder*;
- b. estão dispensadas dos requisitos de funcionamento e desempenho dos sistemas de comunicação, vigilância e navegação para seus sistemas de forma equivalente aos estabelecidos para aeronaves tripuladas;
- c. devem possuir luzes que possibilitem sua visualização à noite, sem contudo atender aos mesmos requisitos previstos para aviação tripulada; e
- d. devem ter sua operação encerrada ao aproximar-se de aeronaves tripuladas ou SARP operado por órgão de segurança pública (OSP).

Figura 02 – Categorização de SARP empregada pela OTAN e pelo Exército Brasileiro

Classe OTAN	Categoria EB (Catg)	Peso (Kg)	Elemento de Emprego	Nível de Emprego
III	5	> 600	MD/EMCFA	Estratégico
	4		C Cj/FTC	Operacional
II	3	150 - 600	FTC (DE/C Ex)	Tático
I	2	15 - 150	Bda/DE	
	1	< 15	U/Bda (Leves)	
	0	< 10	até SU	

Fonte: Exército Brasileiro, 2023.

Verifica-se no quadro apresentado na Figura 02, por exemplo, que os SARP Categoria 0 e 1, objetos de estudo do presente artigo, estão abrangidos pelas prescrições anteriormente citadas. É provável que os SARP Catg 1 sejam priorizados para Brigadas Leves de Emprego Estratégico (Amv, Pqdt, Mth, SI) e grandes comandos assemelhados, sendo os SARP Catg 0 descentralizados às unidades empregadas em 1º escalão, como Batalhões e Regimentos (Exército Brasileiro, 2023^a).

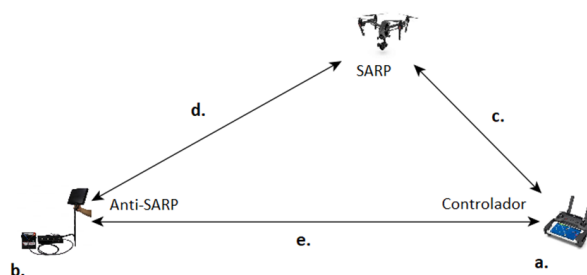
Além das prescrições anteriormente citadas nas ICA 100-40/2023, quando a operação do SARP ocorrer sobre áreas de segurança, como: refinarias; depósitos de combustíveis; áreas militares; sedes de governos; instalações hidroelétricas, termoelétricas ou nucleares; redes de abastecimento de água ou gás; barragens ou represas; redes de comunicação, como sítios de antenas; redes de vigilância da navegação aérea, como radares de vigilância aérea. Instalações que, quando danificadas provocam sério impacto social, político, econômico ou à segurança, seu operador estará sujeito às implicações civis e criminais pertinentes. Em alguns casos, está prevista e autorizada a neutralização do SARP quando se tratar de ameaça a tais estruturas críticas (Força Aérea Brasileira, 2023).

Para fazer frente a tais ameaças, especificamente dos SARP categorias 0 e 1, que têm menores dimensões e, por conta disso, têm menor custo e são de mais difícil detecção, diversas tecnologias embarcadas em sistemas Anti-SARP com atuadores não cinéticos podem ser empregadas. Existe a possibilidade do uso de atuadores portáteis para assegurar a autoproteção da tropa, dispositivos mais robustos para a segurança de determinada área, bem como a combinação de meios radar, acústicos e de eletrônica para a detecção e identificação da ameaça SARP (Exército Brasileiro, 2023^a).

Nos conflitos em andamento, por exemplo, verifica-se preferência no emprego de SARP civis em detrimento dos militarizados, justamente por conta da facilidade em adquirir tal meio e da facilidade de reposição. Contudo, a operação desses dispositivos pode ser comprometida pela GE oponente. (Exército Brasileiro, 2023^a).

Nesse contexto, o Exército Brasileiro vem conduzindo, por meio do Comando de Operações Terrestres, experimentações doutrinárias referentes ao emprego do Anti-SARP.

Figura 03 – Representação das variáveis que afetam a efetividade das ações não cinéticas sobre os SARP



Fonte: Exército Brasileiro, 2023^b.

Conforme o diagrama apresentado na Figura 03, verifica-se que as seguintes variáveis, descritas a seguir e discriminadas pelas letras de "a" a "e", são determinantes para a efetividade de uma ação Anti-SARP, constituindo desafios para o emprego das ações de GE:

- a. A potência do sinal de controle do operador do SARP;
- b. A potência do MEM empregado como Anti-SARP não cinético;
- c. A distância entre o SARP e o seu operador;
- d. A distância entre o SARP e o Anti-SARP não cinético; e
- e. A distância entre o controlador do SARP e o Anti-SARP não cinético.

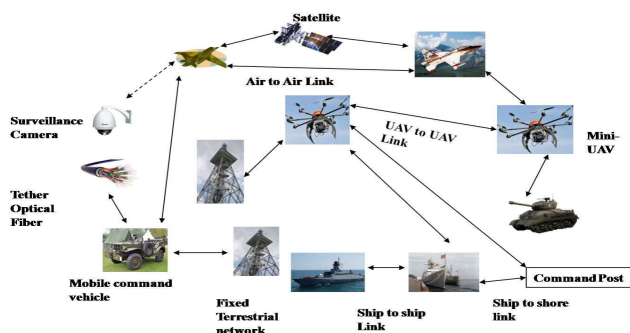
Foram feitos testes contra a capacidade de controle, de transmissão de vídeo e contra o sistema de GPS do SARP, tanto para SARP Catg 0 como SARP Catg 1, que não apresentaram bloqueio efetivo para o emprego de antenas omnidirecionais. Os resultados obtidos nos testes foram registrados em documento de dados médios de planejamento (DAMEPLAN), restrito ao 1º BGE para fins de emprego.

Além das TTP a serem detalhadas pelo Caderno de Instrução Anti-SARP, que será aprovado até o fim do corrente ano, é conveniente destacar novas tecnologias que podem contemplar o emprego do SARP em conflitos vindouros.

São desafios para a guerra eletrônica, uma vez que demandam aprofundamento nas áreas relacionadas ao controle do SARP, principal alvo das ações não cinéticas, de forma a levantar suas vulnerabilidades e propor o meio mais eficaz para o emprego do Anti-SARP.

A primeira a ser citada está relacionada ao emprego da tecnologia de RF em Fotônica (MWP – *Microwave Photonics*), mais especificamente nos enlaces *Free Space Optics (FSO)*, viabilizando links mais direcionais, menos suscetíveis a interferência, para o controle dos drones a curtas distâncias.

Figura 04 – Representação para os enlaces possíveis com o emprego de FSO



Fonte: Kumar & Sharma, 2022.

Na Figura 04, é possível visualizar, por meio das setas entre as imagens de aplicações militares ali representadas, as posições onde é viável o emprego da tecnologia FSO, com destaque para os enlaces entre um posto de comando e um SARP, indicado na figura como UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*, e enlace entre dois SARP. Nesse último caso, também seria viável um enlace entre drones integrantes de um enxame (Kumar, 2022). As características inerentes a um sistema que se beneficia do emprego da RF em Fotônica, como a diretividade de um enlace que emprega FSO, podem ser revisadas em Ribeiro (2020).

Outra tecnologia desafiadora para as ações Anti-SARP com emprego de ações não cinéticas por parte da GE consiste no emprego de drones em formação de enxame. Uma dissertação de mestrado da *Naval Postgraduate School* valida simulações computacionais para o emprego da sequência de Zadoff-Chu (utilizada em redes de comunicações 5G), de forma a carregar informações sobre a identificação e o posicionamento de drones em formação de enxame (Martins, 2021). Como afetar tal algoritmo para exercer o controle sobre a movimentação de um enxame de drones?

Por fim, vale citar a Inteligência Artificial (IA), que tem se inserido de maneira significativa no nosso cotidiano e que, com as técnicas de aprendizado de máquina, tem eliminado diversos trabalhos mecânicos anteriormente realizados pelo homem.

Tal tecnologia ainda tem muitas possibilidades a acrescentar ao controle dos SARP, viabilizando

sua maior autonomia e consequente independência da atuação de operadores em solo, dependendo da tecnologia embarcada em tais plataformas. Visualiza-se um recente aumento de depósitos de patente e de artigos científicos tanto para a detecção e identificação de SARP inimigos como para a inteligência de enxame, indicativos de que o uso da IA nesse contexto trará consequências a longo prazo (Guimarães et al, 2021).

Assim, foi possível descrever de forma sucinta de que forma os SARP e o emprego do Anti-SARP estão presentes junto a Força Terrestre, bem como as principais tecnologias portadoras de futuro podem ser desafiadoras para o emprego da GE nesse contexto. O estudo sobre os SARP e as tecnologias Anti-SARP deve estar em constante acompanhamento, mantendo a Força Terrestre apta ao emprego dessas capacidades necessárias ao combate moderno.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego do SARP como MEM trouxe consequências relevantes para a doutrina de emprego em combate, mobilizando a dimensão informacional, afetando o moral das tropas em combate e externando novos desafios para a capacidade operativa de guerra eletrônica. Verificou-se no artigo que, para o emprego de SARP Catg 0 e 1, existe uma legislação específica para garantir a segurança do espaço aéreo durante as operações. A mesma documentação prevê a possibilidade de neutralização da ameaça SARP em casos específicos, garantindo a segurança de infraestruturas críticas e áreas militares.

Para eliminar tais ameaças, a Força Terrestre vem conduzindo experimentações doutrinárias empregando atuadores não cinéticos contra os SARP Catg 0 e 1.

Além dos desafios visualizados relacionados ao estabelecimento da atuação do Anti-SARP, foram citadas outras tecnologias portadoras de futuro que moldarão as ações de GE para a efetividade na segurança das tropas e das infraestruturas críticas. Outras tecnologias serão necessárias para fazer frente aos enlaces FSO para controle do drone, bem como ao emprego de formações de drone em enxame, inclusive com a utilização de Inteligência Artificial.

Por fim, é possível confirmar que as constantes evoluções tecnológicas prosseguirão na consolidação de novos desafios para as ações de guerra eletrônica. As mesmas evoluções permitirão, gradativamente, a atualização doutrinária e a adoção de novas TTP para o sucesso das ações de guerra eletrônica em combate.

Por fim, é possível confirmar que as constantes evoluções tecnológicas prosseguirão na consolidação de novos desafios para as ações de guerra eletrônica. As mesmas evoluções permitirão, gradativamente, a atualização doutrinária e a adoção de novas TTP para o sucesso das ações de guerra eletrônica em combate.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EXÉRCITO BRASILEIRO. Comando de Operações Terrestres. **Minuta do Caderno de Instrução Anti-SARP**. Brasília, 2023^b.

EXÉRCITO BRASILEIRO. Comando de Operações Terrestres. **Relatório do I Seminário Internacional de Doutrina Militar Terrestre**. Brasília, 2023^a.

EXÉRCITO BRASILEIRO. Estado-Maior do Exército. Requisitos Operacionais Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas Categoria 0 (SARP CATG 0): **EB20-RO-04.052**, 1^a Edição. Brasília, 2021.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro: **ICA 100-40**. Rio de Janeiro, 2023.

GUIMARÃES, R. W. A., FERNANDES, L. L., & Madeu, F. C. B. Prospecção Tecnológica: **Tendências e Visão de Futuro em Sistemas Anti-SARP**. Informativo Antiaéreo: publicação científica, (V.13, n.13, p. 35-56). Rio de Janeiro, 2022.

HOJE no Mundo Militar. Praticamente todos os provedores de internet na Ucrânia estão apresentando problemas de conexão. 22 FEV. 2022. **Canal do Telegram**. Disponível no Canal Hoje no Mundo Militar.

Kremetnesky, Borys. **Russian Hybrid Warfare in Ukraine**. Apresentação aos alunos da ECEME – Rio de Janeiro, RJ.

KUMAR, S., & SHARMA, N. Emerging Military Applications of Free Space Optical Communication Technology: A Detailed Review. In **Journal of Physics: Conference Series (V.**

2161, n. 1, p. 012011). IOP Publishing, 2022.

Martins, M. A. **5G inspired method for ranging of UAVs in swarming composition**. 88 f. 2021. Thesis (Master of Science in Electrical Engineering) - Naval Postgraduate School, California USA, 2021.

RIBEIRO, B. E. Aplicação operacional da RF em fotônica. **Data & Hertz**, 1 (V.1, n.1, jan./dez 2020, p. 26-33). Brasília, 2020.

SLYUSAR, Vadyn (2023). *Ukraine: Lessons learned in the context of Armored Vehicles*. **Relatório do EME sobre a Armored Vehicles Conference**, realizada em Austin-Texas, EUA, em 21 e 22 de junho de 2023. Proceedings.