



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3º/2024

LUCAS GRUBER PAGEL, Cap Av

O Uso de Drones de Pequeno Porte no Campo de Batalha

Rio de Janeiro

2024

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3º/2024

LUCAS GRUBER PAGEL, Cap Av

O Uso de Drones de Pequeno Porte no Campo de Batalha

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Emprego da Força Aérea

Orientador: Márcio Henrique Teixeira de Souza,
Ten Cel Av

Rio de Janeiro

2024

LUCAS GRUBER PAGEL, Cap Av

O Uso de Drones de Pequeno Porte no Campo de Batalha

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Escola
de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica.

Aprovado por:

Presidente, Márcio Henrique Teixeira de Souza, Ten Cel Av - EAOAR

Eduardo Mendes Marcondes, Maj Av - EAOAR

Rio de Janeiro

2024

RESUMO

As pesquisas com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) avançaram significativamente nas últimas décadas, impulsionadas pelo uso militar. Esses drones, utilizados geralmente em missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), permitem incursões em território inimigo sem expor seus operadores. A Força Aérea Brasileira (FAB) entrou nesse cenário em 2011, com a aquisição do RQ-450, um drone de grande porte, visando aprimorar suas capacidades operacionais. O recente conflito entre Rússia e Ucrânia destacou a eficácia dos drones, especialmente os de pequeno porte, que se mostraram mais difíceis de detectar e com um baixo custo, realizando missões com sucesso no campo de batalha. Dessa forma, esse ensaio defende a implantação de drones de pequeno porte na FAB para utilização em missões de IVR e ataques leves em cenários de guerra regular, a tese é sustentada por dois argumentos. O primeiro mostra que drones de pequeno porte têm maior furtividade no campo de batalha, com baixa detectabilidade por sistemas antiaéreos inimigos. Já o segundo destaca sua vantagem econômica, pois têm preço inferior a US\$ 10.000, bem menor que o de drones de grande porte. A adoção de drones de pequeno porte para missões de IVR vai ao encontro das diretrizes de preparo FAB de expandir o uso de SARP em operações. Esses drones preenchem a lacuna deixada pelos modelos de maior porte em cenários de alta vulnerabilidade, promovendo economia de recursos e ampliando a flexibilidade operacional da FAB para responder de forma rápida e eficaz às ameaças modernas.

Palavras-chave: Drone; IVR; furtividade; economicidade.

1 INTRODUÇÃO

As pesquisas envolvendo Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) remontam ao início da própria aviação, mas somente após a Segunda Guerra Mundial houve um crescimento considerável no desenvolvimento desses vetores. Foram as pesquisas militares que impulsionaram a evolução dos SARP, uma vez que o uso desses drones possibilita a incursão em território inimigo sem expor ao risco seus operadores. Outro importante passo foi a adaptação de sistemas de reconhecimento e ataque em aeronaves remotas, capacidade que se mostrou extremamente útil em conflitos assimétricos, como nas guerras do Iraque e do Afeganistão (Sloggett, 2014).

De olho nesse cenário, em 2011 a Força Aérea Brasileira (FAB) adquiriu a aeronave RQ-450, Aeronave Remotamente Pilotadas (ARP) de origem israelense, buscando aumentar suas capacidades operacionais para cumprir a tarefa de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR) (Hermes 450 [...], 2014). A tarefa de IVR se encontra prevista na Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira - Volume II, e “tem por objetivo prover consciência situacional para as forças amigas sobre o ambiente, fatores e condições em áreas de interesse, possibilitando avaliações oportunas, relevantes, abrangentes e precisas” (Brasil, 2020, p. 18).

Conforme DeVore (2023), a utilização de ARP em combate sofreu uma reviravolta na invasão da Ucrânia pela Rússia em 2022. Para o autor, esse conflito está para os drones como a Primeira Guerra Mundial está para a guerra aérea. Os drones convencionais apresentaram uma grande taxa de atrito, causada por diversos motivos, entre eles a fácil aquisição dessas aeronaves pelos sistemas de defesa antiaérea ou a possibilidade de se interferir na comunicação entre o drone e sua base de controle. Inicialmente, ARP sofisticadas, como o Bayraktar TB-2, utilizado pela Ucrânia, e os russos Orion e Fortpost, tiveram um bom desempenho, mas com a adaptação dos sistemas de defesa antiaérea inimigos, tiveram sua utilização em combate relegada para segundo plano. Com a evolução do conflito, os drones de pequeno porte obtiveram os melhores resultados no campo de batalha, onde demonstraram ter maior capacidade de permanecer indetectáveis pelos sistemas de defesa do inimigo, conseguindo realizar missões essenciais de reconhecimento e pequenos ataques de forma eficiente e eficaz.

Nesse contexto, este trabalho defende a implantação de drones de pequeno porte na FAB para utilização em missões de IVR e ataques leves em cenários de guerra regular. Tal afirmação se corrobora a partir de dois argumentos: o primeiro afirma que os drones de pequeno porte possuem uma maior capacidade de furtividade no campo de batalha, pois voam

baixo e possuem uma menor assinatura térmica e de radar; o segundo afirma que os drones de pequeno porte são uma solução economicamente vantajosa, uma vez que possuem custos de produção e operação significativamente mais baixos que os ARP de médio e grande porte.

2 DESENVOLVIMENTO

Contrariando as expectativas teóricas, que previam apenas o uso de drones de médio e grande porte (Classes II e III, com peso de decolagem entre 150 kg e 600 kg e acima de 600 kg, respectivamente) em conflitos modernos, os drones de pequeno porte (Classe I, com peso de decolagem inferior a 150 kg) demonstraram ser altamente úteis e eficazes no campo de batalha atual, como observado repetidamente no conflito entre Rússia e Ucrânia em 2022 (Kunertova, 2023a; Mayer, 2017). O sucesso apresentado se baseou principalmente na sua capacidade furtiva de ingressar de forma praticamente indetectável em território inimigo e seu baixo custo de aquisição e operação, trazendo economicidade para seus operadores.

2.1 FURTIVIDADE NO CAMPO DE BATALHA

A invasão da Ucrânia pela Rússia em 2022 trouxe uma série de lições sobre o emprego de ARP no campo de batalha. Inicialmente, nos primeiros meses do conflito, os drones de Média Altitude e Alta Capacidade de Permanência (MALE, sigla originária da sua nomenclatura em inglês, *Medium Altitude Long Endurance*) obtiveram um ótimo desempenho na realização de missões de reconhecimento, vigilância, guerra eletrônica e ataques de longo alcance, porém, no decorrer do conflito, se tornou evidente a baixa capacidade de sobrevivência dessas aeronaves, principalmente em ambientes não permissivos, sendo vital seu operador possuir a superioridade aeroespacial no ambiente de utilização de drones MALE (Blakcori, 2024).

Ainda conforme Blakcori (2024), em tal conflito, nenhuma das partes envolvidas conseguiu estabelecer a superioridade aeroespacial de forma efetiva. Para suprir essa lacuna causada pela baixa sobrevivência de ARP do tipo MALE, foi necessária a adaptação de drones de pequeno porte, muitas vezes comerciais, no campo de batalha. A baixa detectabilidade desses drones, devido à sua furtividade, garantiu uma melhor capacidade de sobrevivência nos cenários encontrados.

No início da guerra, a Rússia apresentou dificuldades para detectar e abater os ARP do tipo MALE ucranianos. Contudo, com o avanço do conflito, os russos melhoraram e

adaptaram seus sistemas de defesa antiaérea, permitindo um grande número de abates e bloqueios de comunicação de ARP desse tipo. A solução encontrada pela Ucrânia foi a adaptação de drones elétricos de pequeno porte, que utilizam motores movidos a bateria, que, por não possuírem uma assinatura térmica infravermelha relevante, têm uma alta furtividade e tornam-se difíceis de serem engajados pelos sistemas de defesa antiaérea tradicionais (Al-Garni, 2022).

A furtividade de uma aeronave é a capacidade de não ser detectada pelo inimigo, principalmente em relação a sua assinatura radar ou assinatura térmica. Quanto maior a furtividade, menor a detectabilidade pelos sistemas de defesa. Essa capacidade permite a entrada em território inimigo de forma indetectável, possibilitando ao atacante a capacidade de causar danos antes mesmo que o inimigo perceba que está sendo atacado. É mesmo que uma aeronave com baixa assinatura radar ou térmica seja detectada, muitas vezes os sistemas de defesa não as conseguem engajar apropriadamente, impedindo a aplicação de contramedidas ao invasor (Zikidis; Skondras; Tokas, 2024).

Drones de pequeno porte se mostraram furtivos para os sistemas de antiaérea do inimigo, principalmente devido seu tamanho, baixa altitude e velocidade. Tal vantagem lhes garante uma maior capacidade de sobrevivência, sendo essenciais para utilização em cenários em que o inimigo possui capacidade de defesa antiaérea. Portanto, drones de pequeno porte podem ser utilizados de maneira mais eficiente no campo de batalha, principalmente nas missões de vigilância e reconhecimento. Essa vantagem foi percebida rapidamente, levando a uma corrida de investimentos na produção desses vetores em escala global (Kunertova, 2023a).

Os drones de pequeno porte, devido à sua furtividade, têm apresentado uma alta capacidade de realizar ataques em ambientes de superioridade aérea inimiga. Um exemplo ocorreu no mês de setembro de 2023, quando a Ucrânia destruiu um sofisticado sistema de defesa aérea russo em Yevpatoriya, na Crimeia. A operação utilizou drones para desativar o equipamento de radar russo, abrindo caminho para que mísseis Neptune atingissem o sistema de defesa antiaérea russo dos modelos S-300 e S-400. Os drones se mostraram extremamente eficientes em penetrar em território com superioridade inimiga e desativar suas defesas. A combinação da furtividade dos pequenos drones com os mísseis de cruzeiro se mostrou essencial na condução do ataque, que causou um prejuízo de aproximadamente US\$ 1,2 bilhão às tropas russas (Goksedef; Chervonenko, 2023).

A guerra da Ucrânia demonstrou que a furtividade dos drones de pequeno porte os tornam capazes de uma série de vitórias de nível tático, além de demonstrar as limitações de

emprego de drones médios e grandes em um cenário sem superioridade aeroespacial (Kunertova, 2023b). Os drones de pequeno porte se mostram essenciais para suprir essa lacuna, sem aposentar completamente os drones maiores, que possuem sua aplicabilidade específica, principalmente em missões de IVR e ataques distantes em condições de combate assimétrico (Chávez; Swed, 2023).

Drones de pequeno porte demonstraram extrema valia na condução de operações em cenários de guerra simétrica, onde aeronaves com baixa assinatura radar e que voam em baixas altitudes se tornam mais furtivas que uma ARP de médio ou grande porte. A aquisição e operação desses drones pela FAB iriam complementar a capacidade de cumprir missões de IVR por aeronaves remotamente pilotadas, que atualmente são realizadas pelas aeronaves RQ-900 do Esquadrão Hórus, drones de Classe III, que possuem sua aplicabilidade limitada dentro de certos cenários. Portanto, verifica-se a necessidade da implantação de drones de pequeno porte na FAB para utilização em missões de IVR e ataques leves em cenários de guerra regular.

2.2 ECONOMICIDADE

Nos anos anteriores à guerra, a evolução dos ARP em combate apontava para o uso exclusivo de aeronaves mais caras e complexas, com maiores capacidades de carga, garantindo um maior tempo de permanência e maior capacidade de realizar ataques ao inimigo. Porém, em conflitos onde não existe a supremacia aérea definida, drones de pequeno porte, mais baratos e com fácil capacidade de reposição, se mostraram mais economicamente viáveis. Por serem utilizados principalmente em missões onde não seriam enviadas aeronaves tripuladas, devido aos riscos operacionais envolvidos, pequenos drones comerciais significam uma perda financeira inferior, caso sejam abatidos, quando comparados a um drone de médio ou grande porte. Nesse cenário, aeronaves remotas de pequeno porte se mostram mais eficientes e econômicas que aeronaves complexas e caras (DeVore, 2023).

Em sua obra *A Arte da Guerra*, Sun Tzu (2010) traz a importância da economia de meios para a vitória em uma guerra. O autor cita: “Quando o poder e os recursos se tenham esgotado, arruína-se o próprio país...”, deixando claro que a economicidade dos meios usados é extremamente importante para o sucesso em uma guerra. Alinhado com esse raciocínio, a Doutrina Militar de Defesa traz como um dos seus Princípios de Guerra a Economia de Forças ou de Meios que é o uso econômico dos meios e o emprego judicioso dos recursos (Brasil, 2007).

Aeronaves remotas como o Bayraktar e o Forpost, drones de classe III, possuem um custo estimado entre cinco e dez milhões de dólares, um valor significativamente menor quando comparados às aeronaves tripuladas, mas mesmo assim significam um custo elevado dada a sua vulnerabilidade no cenário encontrado na Guerra Russo-Ucraniana. Drones de pequeno porte, com custo geralmente inferior a dez mil dólares, na maioria das vezes impõem ao inimigo um gasto muito maior para serem abatidos do que seu próprio valor de aquisição. Esse desequilíbrio gera prejuízos financeiros e contribui para o esgotamento das defesas antiaéreas, forçando o inimigo a despender recursos significativos para neutralizar uma ameaça relativamente barata. (DeVore, 2023).

Além das vantagens econômicas, os drones de pequeno porte oferecem também uma economia considerável na utilização da artilharia. Com sua capacidade de observar a área de impacto em tempo real, esses drones podem direcionar os disparos de maneira precisa, evitando que munições sejam desperdiçadas. Essa possibilidade de ajuste e correção dos disparos reduz drasticamente o uso de munições, gerando economias adicionais e aumentando a eficiência dos ataques (Kunertova, 2023b).

Essa eficiência nos ataques também pode ser observada no uso de drones camicases, amplamente explorada pelas forças russas. Utilizando a aeronave Shahed-136, de origem iraniana, os russos conseguem realizar ataques a até 2000 km de distância, a um custo de apenas US\$ 20.000 – um valor muito inferior ao de mísseis tradicionais, que chegam à casa dos milhões de dólares. Apesar da possibilidade de serem abatidos, o baixo custo permite o uso massivo desses drones, o que não só representa uma estratégia econômica, mas também contribui para o esgotamento das defesas antiaéreas ucranianas, que precisam mobilizar recursos significativos para neutralizar ataques constantes (Kunertova, 2023a).

Os exemplos anteriores confirmam a variedade de possibilidades de emprego de drones de pequeno porte em combate. Embora grande parte dessas missões possa ser realizada por aeronaves tripuladas tradicionais ou por drones de Classe III, a um custo de milhões de dólares, drones comerciais de pequeno porte se mostram mais indicados para uso em ambientes incertos. Seu custo baixo e facilidade de fabricação em escala industrial, permitem grandes estoques, garantindo um uso generalizado no campo de batalha (Pettyjohn, 2023).

Ao analisarmos o exposto, podemos verificar que a utilização de drones de pequeno porte em missões de IVR gera um ganho operacional considerável através de um baixo investimento financeiro. O baixo custo de aquisição e operação, somados à capacidade de reposição rápida, tornam esses drones a solução ideal para utilização em ambientes de combate intenso, sem comprometer recursos financeiros expressivos. A adoção de drones de

pequeno porte é uma solução operacionalmente viável e econômica que fortalece a capacidade de cumprir missões de IVR, preenchendo lacunas e servindo de complemento aos vetores já utilizados pela FAB. Ante o exposto, verifica-se a necessidade da implantação de drones de pequeno porte na FAB para utilização em missões de IVR e ataques leves em cenários de guerra regular.

3 CONCLUSÃO

Esse trabalho buscou evidenciar a relevância estratégica do uso de drones de pequeno porte em combate, principalmente em cenários de guerra simétrica. O uso dessas aeronaves remotas permite a condução de missões de IVR mesmo sem a superioridade aeroespacial, condição essencial para o emprego de ARP de maior porte. A invasão da Ucrânia pela Rússia em 2022 demonstrou que a furtividade dos drones de pequeno porte permitiu a condução de missões dentro de um ambiente de ameaças antiaéreas, além de demonstrar que seu preço reduzido permite uma maior produção e um menor dano econômico em caso de perda do drone. Diante do exposto, defendeu-se a implantação de drones de pequeno porte na FAB para utilização em missões de IVR e ataques leves em cenários de guerra regular.

O argumento que os drones de pequeno porte possuem uma maior capacidade de furtividade no campo de batalha foi comprovado pela sua eficácia de emprego em cenários onde a superioridade aeroespacial não está definida. O exemplo da destruição de um moderno sistema de defesa aérea russo em Yevpatoriya, na Crimeia, demonstrou como esses drones conseguiram desativar defesas complexas, abrindo caminho para o ataque estratégico.

O segundo argumento ressaltou que os drones de pequeno porte são uma solução economicamente vantajosa contribuindo para o sucesso no campo de batalha, oferecendo uma solução de baixo custo com alta eficiência. Verificou-se que drones de pequeno porte possuem um custo geralmente abaixo de US\$ 10.000, enquanto os drones MALE custam entre US\$ 5 e 10 milhões.

Portanto, mostrou-se que a adoção de drones de pequeno porte para missões de IVR está alinhada com o objetivo estratégico da FAB de aprimorar o uso de SARP em operações, conforme diretrizes de preparo do atual PEMAER (Brasil, 2024). Esses drones preenchem a lacuna deixada pelos modelos de Classe III em áreas de alta vulnerabilidade, permitindo missões de reconhecimento com baixo custo e menor risco de detecção. A longo prazo, essa capacidade adicional aumenta a prontidão operacional e a flexibilidade da FAB em cenários complexos, promovendo uma resposta rápida e eficaz às ameaças modernas.

REFERÊNCIAS

AL-GARNI, A. D. Drones in the Ukrainian War: Will They Be an Effective Weapon in Future Wars. **Rasanah study**, Al Nakhlah Tower, 30 de agosto de 2022. Disponível em: <https://rasanah-iiis.org/english/wp-content/uploads/sites/2/2022/08/Drones-in-the-Ukrainian-War-Will-They-Be-an-Effective-Weapon-in-Future-Wars.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2024.

BLAKCORI, N. The Evolving UAS Threat: Lessons from the Russian-Ukrainian War Since 2022 on Future Air Defence Challenges and Requirements. **NATO, Integrated Air and Missile Defence Center of Excellence**, Chania, 09 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://iamd-coe.org/wp-content/uploads/2024/02/The-Evolving-UAS-Threat-Lessons-from-the-Russian-Ukrainian-War-Since-2022-on-Future-Air-Defence-Challenges-and-Requirements.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria MD nº 113/SPEAI/MD, de 1º de fevereiro de 2007. Dispõe sobre a “Doutrina Militar de Defesa – MD51-M-04”. **Boletim do Ministério da Defesa**, Brasília, n. 006/MD, 09 fev. 2007. Disponível em: https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/135/1/MD51_M04.pdf. Acesso em: 09 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria EMAER nº 1.225/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a edição da DCA 1-1 “Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira - Volume 2”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, 12 nov. 2020. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/unifa/ppgca/images/conteudo/D-QBRN/DCA_1-1_DOCTRINA_BSICA_DA_FORA_AREA_BRASILEIRA_-_VOLUME_2_2020.pdf. Acesso em: 21 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria EMAER nº 1.453/GC3, de 5 de junho de 2024. Aprova o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 107, 10 jun. 2024. Disponível em: https://www.fab.mil.br/Download/arquivos/PEMAER_2024_2033.pdf. Acesso em: 30 out. 2024.

CHÁVEZ, K.; SWED, O. Emulating underdogs: Tactical drones in the Russia-Ukraine war. **Contemporary Security Policy**, [S. l.], v. 44, n. 4, p. 592-605, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13523260.2023.2257964>. Acesso em: 29 nov. 2024.

DEVORE, M. R. “No end of a lesson:” observations from the first high-intensity drone war. **Defense & Security Analysis**, [S. l.], v. 39, n. 2, p. 263–266, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14751798.2023.2178571>. Acesso em: 22 nov. 2024.

GOKSEDEF, E.; CHERVONENKO, V. Russian air defence system destroyed in Crimea, Ukraine says. **BBC News**, [S. l.], 14 set. 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/world-europe-66805897>. Acesso em: 26 nov. 2024.

HERMES 450 é empregado pela primeira vez em combate aéreo simulado. **Força Aérea Brasileira**, [S. l.], 05 de set. 2014. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/19817>. Acesso em: 21 nov. 2024.

KUNERTOVA, D. The war in Ukraine shows the game-changing effect of drones depends on the game. **Bulletin of the atomic scientists**, [S. l.], v. 79, n. 2, p. 95-102, 12 mar. 2023a. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00963402.2023.2178180>. Acesso em: 28 nov. 2024.

KUNERTOVA, D. Drones have boots: Learning from Russia's war in Ukraine. **Contemporary security policy**, [S. l.], v. 44, n. 4, p. 576-591, 04 out. 2023b. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13523260.2023.2262792>. Acesso em: 26 nov. 2024.

MAYER, J. E. State of the Art of Airworthiness Certification. **NATO: STO Meeting Proceedings**, Patuxent River, 2017. Disponível em: <https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Meeting%20Proceedings/STO-MP-AVT-273/MP-AVT-273-08.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2024.

PETTYJOHN, S. Evolution Not Revolution: Drone Warfare in Russia's 2022 Invasion of Ukraine. **Center for a New American Security**, Washington, 08 fev. 2024. Disponível em: <https://www.cnas.org/publications/reports/evolution-not-revolution>. Acesso em: 28 nov. 2024

SLOGGETT, D. **Drone Warfare: The Development of Unmanned Aerial Conflict**. South Yorkshire: Pen and Sword Books, 2014.

TZU, S. **A arte da guerra**. São Paulo: Editora Évora, 2010.

ZIKIDIS, K.; SKONDRAS, A.; TOKAS, C. Low observable principles, stealth aircraft and anti-stealth technologies. **Journal of Computations & Modelling**, Ática, v. 4, n. 1, p. 129-165, 2014. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6bcddefe9f5840199d193f78045a2a2eac1dbe0>. Acesso em: 05 out. 2024