

ASPIRANTE FN-419 **MATHEUS** DA SILVA VIEIRA

**AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS: UMA ESCOLHA ESTRATÉGICA
ENTRE QUANTIDADE OU TECNOLOGIA NAS OPERAÇÕES MILITARES
MODERNAS**

ESCOLA NAVAL

RIO DE JANEIRO – 2023

ASPIRANTE FN-419 **MATHEUS DA SILVA VIEIRA**

**AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS: UMA
ESCOLHA ESTRATÉGICA ENTRE QUANTIDADE OU
TECNOLOGIA NAS OPERAÇÕES MILITARES MODERNAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do grau de
bacharel em Ciências Navais perante a Escola
Naval.

Orientador: CC(FN) VITOR DA SILVA
CARNEIRO

RIO DE JANEIRO

2023

VIEIRA, MATHEUS DA SILVA

Aeronaves Remotamente Pilotadas: uma escolha estratégica entre quantidade ou tecnologia nas operações militares modernas / Matheus da Silva Vieira. - RJ, 2023.

39f

Orientador (a): CC(FN) Vitor da Silva Carneiro

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Navais) – Escola Naval, Rio de Janeiro - RJ, 2023.

1. Aeronaves Remotamente Pilotadas. 2. Guerra da Ucrânia. 3. Operações militares.

**AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS: UMA ESCOLHA ESTRATÉGICA
ENTRE QUANTIDADE OU TECNOLOGIA NAS OPERAÇÕES MILITARES
MODERNAS**

ASPIRANTE FN-419 **MATHEUS DA SILVA VIEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do grau de
bacharel em Ciências Navais perante a Escola
Naval.

Aprovado em: ___ de _____ de 2023

Orientador

CC(FN) SILVA CARNEIRO

Membro da Banca

CC SILVA BARROSO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, a fonte de todas as vitórias, e em segundo lugar à minha família, meu alicerce e fonte de constante apoio durante todos os anos de formação e, em especial, ao meu pai, cujas ideias, entusiasmo e brilho nos olhos ao falar do futuro da Marinha e do Corpo de Fuzileiros Navais sempre me impulsionaram a ir além, fornecendo o combustível necessário para seguir em frente sempre. Ao CC(FN) Silva Carneiro, minha gratidão pela orientação precisa e a atenção dedicada ao trabalho.

*“Uma longa viagem de mil milhas
inicia-se com um único passo”*

Lao Tsé

RESUMO

AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS: UMA ESCOLHA ESTRATÉGICA ENTRE QUANTIDADE OU TECNOLOGIA NAS OPERAÇÕES MILITARES MODERNAS

Este trabalho propõe uma análise estratégica crucial para a eficácia das operações militares contemporâneas: a seleção entre a quantidade de aeronaves remotamente pilotadas (ARP) de baixa complexidade e custo (classe I) ou a tecnologia avançada de ARP (classe III) em cenários militares modernos como a Guerra do Iraque e a Guerra da Ucrânia. O estudo avalia os prós e contras associados a cada abordagem, considerando fatores como características técnicas, capacidades operacionais e benefícios táticos e estratégicos. Com base em casos de estudo e análise de tendências observadas em conflitos recentes, este trabalho oferece insights valiosos para uma Força e formula respostas sobre a melhor abordagem para o uso de ARP em operações militares futuras. A conclusão destaca a importância de avaliar cuidadosamente as necessidades operacionais e os recursos disponíveis ao tomar decisões estratégicas sobre o emprego de ARP, reconhecendo que não existe uma abordagem única que se encaixe em todos os contextos militares modernos.

Palavras-chave: Aeronaves Remotamente Pilotadas. Guerra da Ucrânia. Operações militares

ABSTRACT

REMOTELY PILOTED AIRCRAFT: STRATEGIC CHOICE BETWEEN QUANTITY OR TECHNOLOGY IN MODERN MILITARY OPERATIONS

This work proposes a crucial strategic analysis for the effectiveness of contemporary military operations: the selection between the quantity of remotely piloted aircraft (RPA) with low complexity and cost (Class I) or advanced RPA technology (Class III) in modern military scenarios such as the Iraq War and the Ukraine War. The study evaluates the pros and cons associated with each approach, considering factors such as technical features, operational capabilities, as well as tactical and strategic benefits. Based on case studies and an analysis of trends observed in recent conflicts, this work provides valuable insights for a Force and formulates responses regarding the best approach for the use of RPA in future military operations. The conclusion emphasizes the importance of carefully assessing operational needs and available resources when making strategic decisions about the deployment of RPA, acknowledging that there is no one-size-fits-all approach that applies to all modern military contexts.

Keywords: Remotely Piloted Aircraft. Ukraine War. Military Operations

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Drone DJI Mavic 3 (Classe I).....	19
Figura 2 - MQ-9 Reaper (Classe III).....	20
Figura 3 - DJI Mini 3 Pro.....	23
Figura 4 – Preço de mercado do DJI Mavic Mini no site da fabricante	24
Figura 5 – Soldado ucraniano colocando granadas em um drone DJI.....	25
Figura 6 – Drone de papelão Sypaq Corvo	29
Figura 7 – Tupolev TU-141.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – ARP classe I que operam na Guerra da Ucrânia / Guerra do Iraque	21
Tabela 2 – ARP classe III que operam na Guerra da Ucrânia / Guerra do Iraque	30

LISTA DE SIGLAS

AFRF	Forças Armadas da Federação Russa
AFU	Forças Armadas da Ucrânia
ARP	Aeronaves Remotamente Pilotadas
FFAA	Forças Armadas
GNSS	Global Navigation Satellite System
IA	Inteligência Artificial
OA	Observador Avançado
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
SIGINT	Inteligência de Sinais
UAV	Unmanned Aerial Vehicles
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVOS	15
2 CONCEITO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARP)	16
2.1 CARACTERÍSTICAS DAS ARP	17
2.2 CLASSIFICAÇÕES DAS ARP	18
3 CLASSE I	21
3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	22
3.1.1 Peso e tamanho.....	22
3.1.2 Autonomia de voo.....	23
3.1.3 Velocidade máxima	23
3.1.4 Custo de aquisição	24
3.2 CAPACIDADES OPERACIONAIS	25
3.2.1 Portabilidade	25
3.2.2 Reconhecimento e vigilância de curta distância.....	26
3.2.3 Fácil aquisição	26
3.2.4 Fácil operação	27
3.3 BENEFÍCIOS TÁTICOS E ESTRATÉGICOS	27
3.3.1 Munições Loitering.....	27
3.3.2 Guerra psicológica.....	28
3.3.3 Enxame de drones.....	28
3.3.4 Drones de papelão	29
4 CLASSE III	30
4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	30
4.1.1 Peso e tamanho.....	31

4.1.2	Autonomia de voo	32
4.1.3	Velocidade máxima	32
4.1.4	Alcance operacional	32
4.1.5	Custo de aquisição	33
4.2	CAPACIDADES OPERACIONAIS	33
4.2.1	Reconhecimento profundo	33
4.2.2	Grande autonomia	33
4.3	BENEFÍCIOS TÁTICOS E ESTRATÉGICOS	34
4.3.1	Ataques remotos de longa distância	34
4.3.2	Captura de dados de inteligência.....	34
5	CONCLUSÃO.....	35

1 INTRODUÇÃO

No cenário geopolítico contemporâneo, as fronteiras entre os Estados transcenderam o âmbito físico e estão penetrando profundamente no mundo digital com a introdução cada vez maior da Inteligência Artificial (IA). Nesse contexto, a evolução tecnológica desempenha um papel fundamental ao transformar, também, de forma contundente e veloz as estratégias e táticas adotadas pelas Forças Armadas (FFAA) em todas as nações. A emergência de uma guerra à distância que se caracteriza pelo emprego estratégico da tecnologia e da indústria tecnológica na salvaguarda dos interesses nacionais, fazendo uso de inovações como, principalmente, os drones se destaca como uma tendência predominante no cenário militar. Esses dispositivos desempenham papéis cruciais tanto em operações ofensivas quanto defensivas.

Ademais, é crucial enfatizar que a disponibilidade e o domínio tecnológico durante momentos de conflito podem desempenhar um papel significativo na influência dos resultados do combate contemporâneo, inclinando a balança entre o vencedor e o derrotado (NETO, 2017). Nesse sentido, o investimento e o desenvolvimento contínuo de tecnologia militar, como os drones, torna-se essencial para o desenvolvimento de operações militares contra inimigos que estão, também, mais desenvolvidos tecnologicamente.

No cerne desse cenário complexo, a crescente utilização de sistemas não tripulados, no vocabulário militar, Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), emerge como um dos pilares essenciais da modernização das FFAA. As ARP demonstram ser ferramentas verdadeiramente versáteis, transcendendo os limites convencionais das operações militares. Desde sua ascensão nos campos de batalha de conflitos recentes, como a Guerra do Iraque – com drones caros e extremamente tecnológicos – e o Conflito Rússia-Ucrânia – com drones baratos e numerosos, os chamados Exército de drones –, essas aeronaves desempenham funções de extrema relevância em operações de vigilância, reconhecimento, ataque, defesa entre outras.

A corrida militar pela aquisição de inovações e tecnologias reflete a necessidade premente de adaptação às complexas dinâmicas globais, onde a

superioridade tecnológica é um fator cada vez mais determinante nas estratégias de defesa e segurança nacional, como mencionado anteriormente.

Indubitavelmente, a ampla aplicação dos diversos tipos de ARP em cenário de conflito têm conferido vantagens táticas de valor incalculável. Isso, por sua vez, destaca a relevância estratégica desses sistemas (KUNERTOVA, 2023). É plausível que forças militares do mundo todo sigam o exemplo de países como Estados Unidos, China, Turquia e Israel e direcionem-se no sentido da aquisição e produção em massa desses sistemas ainda nessa década, o que reforça o ponto crítico que as ARP representam militarmente (DRONE WARS, 2023).

A partir disso, a proposta desta monografia é analisar, comparar os aspectos de custo e benefício e responder à pergunta-problema: o que seria melhor para operações militares modernas das FFAA tendo como base conflitos recentes citados anteriormente: muitos drones de baixo custo, mas versáteis (classe I) ou poucos drones de alto custo, mas muito tecnológicos (classe III)? Busca-se, então, lançar luz sobre uma decisão crucial para o desenvolvimento e a modernização de uma Força e, portanto, serão examinados os custos, a eficácia em operações militares – principalmente nos conflitos que mais utilizaram essas tecnologias como a Guerra do Iraque e a Guerra da Ucrânia –, a flexibilidade tática e as capacidades estratégicas proporcionadas por cada um desses tipos de drones.

Através dessa abordagem analítica, pretende-se oferecer uma visão holística dos trade-offs envolvidos na seleção e aquisição de sistemas de ARP. Essa análise permitirá ainda uma avaliação criteriosa acerca de qual classe de ARP melhor se alinha às necessidades operacionais militares emergentes das próximas décadas.

1.1 JUSTIFICATIVA

A justificativa para a realização deste trabalho está na sua capacidade de auxiliar a tomada de decisão de forma fundamentada ao considerar tanto os aspectos técnicos quanto os financeiros envolvidos na aquisição de ARP classe I ou III.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise abrangente de custo-benefício por meio da comparação entre ARP classe I e III, com o propósito de identificar a classe de ARP mais conveniente para atender às necessidades de uma Força. Para alcançar este objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram delineados:

1. Investigar as capacidades operacionais e características técnicas de ARP de classe I e III.
2. Levantar os custos associados à aquisição de ARP classe I e III.
3. Identificar os benefícios táticos e estratégicos oferecidos por cada classe de ARP.
4. Realizar uma análise comparativa dos custos e benefícios.
5. Apresentar as conclusões da análise de forma clara e objetiva e responder à pergunta-problema.

2 CONCEITO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARP)

No panorama das ARP, diversas definições e terminologias encontram-se em uso, refletindo a complexidade e a amplitude desse campo em constante evolução. Nos Estados Unidos, utiliza-se o termo Unmanned Aerial Vehicles (UAV) para denotar os Veículos Aéreos não Tripulados (VANT). Conforme a definição estipulada pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) em 2008 podemos definir os UAV como:

[...] veículos aéreos com motor, que não transportam um operador humano, utilizam forças aerodinâmicas para ter sustentação, podem voar autonomamente ou ser pilotados remotamente, ser abandonados ou recuperados, e podem transportar uma carga letal ou não (AAP-6, OTAN, 2008, p. 232).

No Brasil, de acordo com o Comando da Aeronáutica, as ARP são aeronaves não tripuladas, cujo voo é comandado a partir de uma estação remota de pilotagem. Somado a isso, além da nomenclatura oficial, as ARP são conhecidas pelo termo “drones” no contexto civil. Em algumas circunstâncias, são referidas como “3D”, termo que alude à sigla correspondente as missões classificadas como “dull” (enfadonhas), “dangerous” (perigosas) e “dirty” (sujas) para aeronaves tripuladas (MENDES; FADEL, 2009).

Jorge e Inamasu (2014) acrescentam outra perspectiva à definição de ARP descrevendo-a como um Veículo Aéreo Não Tripulado que possui um sistema de controle de voo capaz de receber comandos por meio de diferentes meios, como radiofrequência, infravermelho e, até mesmo executar missões previamente definidas através de coordenadas GNSS (Global Navigation Satellite System).

Dessa forma, é imprescindível ressaltar que, ao longo deste trabalho, serão empregados todos os termos acima mencionados para se referir às ARP. Essa pluralidade de nomenclaturas tem como objetivo ampliar e enriquecer a compreensão do tema, considerando a multiplicidade de perspectivas e conceituações que permeiam o campo das Aeronaves Remotamente Pilotadas, abarcando as diversas nuances e interpretações que existem sobre esse importante campo tecnológico e estratégico.

2.1 CARACTERÍSTICAS DAS ARP

As ARP são veículos que exibem a capacidade de realizar manobras em três dimensões e seguir trajetórias pré-programadas com uma precisão notável, adquirindo informações diversas e de alta qualidade sobre o ambiente em que estão operando. (CHRYSSOSTOMIDIS; SCHMIDT, 2006 apud BRAGA, 2014).

De acordo com o manual EB20-MC-10.214 (VETORES AÉREOS DA FORÇA TERRESTRE – 1ª Edição 2014, apud SOUZA, 2019):

As ARP são componentes essenciais para ampliar o alcance e a eficácia das operações terrestres, pois – atuando como multiplicadores do poder de combate – possibilitam a Força Terrestre antecipar-se às mudanças nas condicionantes de um ambiente operativo que se mantêm em constante evolução. Ademais, permitem aos comandantes obter vantagens significativas sobre o oponente, sendo a principal delas a superioridade das informações.

Então, uma característica das ARP é que elas são dispositivos que atuam como vetores do poder de combate das tropas terrestres porque possibilitam aos comandantes de fração obterem uma série de vantagens sobre o inimigo.

No contexto civil, a tecnologia dos drones é extensamente aplicada em áreas como agricultura de precisão, entrega, logística, fotografia e filmagem, o que ressalta sua versatilidade e relevância em múltiplos setores da sociedade. No entanto, é no meio militar que as ARP desempenham papel crucial, possuindo como característica o seu emprego para reconhecimento, vigilância, atividades de mapeamento, topografia e apoio direto no combate tanto aproximado quanto afastado. Exemplos notórios do emprego dos drones que serão estudados nesse trabalho são a Guerra do Iraque e a Guerra da Rússia-Ucrânia, onde tanto as Forças Armadas da Ucrânia (AFU) e as Forças Armadas da Federação Russa (AFRF) fazem uso das ARP como Munição de Vadiagem para os combates em primeiro escalão (MARINE CORPS CENTER FOR LESSONS LEARNED, 2023). Essa característica específica das ARP será explorada mais à frente no capítulo destinado a classe I.

2.2 CLASSIFICAÇÕES DAS ARP

Nesse trabalho, dois tipos específicos de ARP serão consideradas, cada uma com características e aplicações distintas. O primeiro tipo (classe I) se assemelha a um drone amador – pequeno, portátil e limitado em alcance e carga útil. O segundo tipo (classe III) assemelha-se a uma fuselagem que pode transportar uma tripulação humana – uma aeronave de maior alcance que pode permanecer no ar por horas. Esses drones estão equipados com uplinks de satélite para facilitar comunicações em longas distâncias, possuem sistemas de vigilância altamente avançados e estão equipados com cargas úteis substanciais para mísseis guiados (DOCTOR; WALSH, 2021). Entretanto, para efeitos de pesquisa, será apresentada a seguir a classificação considerada pela OTAN que classifica as ARP em três tipos principais com base em seu peso máximo de decolagem:

- ARP classe I – peso inferior a 150 kg:

Estas aeronaves são geralmente portáteis, podendo ser lançadas manualmente e operadas por um controlador individual com pouco treinamento. Além disso, têm um alcance típico inferior a 32 km, tornando-as especialmente adequadas para operações de curta a média distância. Incluem-se também nessa classe drones de pequeno porte, mini e micro.

Uma subcategoria notável das ARP classe I é representada pelas munições de vadiagem conhecidas como Drones Kamikaze ou Munições Loitering. Estes são drones de ataque unidirecionais e não recuperáveis, concebidos para detonar no momento do impacto (DEVERAUX, 2022 apud KUNERTOVA, 2023). Localizados entre uma ARP classe I convencional e um míssil, esses dispositivos operam como munição descartável, oferecendo uma capacidade ofensiva incontestável, juntamente com a habilidade de permanecer na zona-alvo antes do impacto (KUNERTOVA, 2023).

Figura 1 - Drone DJI Mavic 3 (Classe I)



Fonte: Macitynet

- ARP táticos de classe II – peso entre 150 e 600 kg:

Essas ARP se situam como uma categoria intermediária em termos de tamanho e capacidade, abrangendo pesos que variam de 150 a 600 kg. Essa classe possui características que a tornam uma opção valiosa para uma ampla gama de missões operacionais, mas não será objeto de abordagem.

- ARP de classe III – com peso maior que 600 kg:

Esta categoria engloba as maiores e mais avançadas ARP. Distinguem-se pelo seu porte e complexidade. A operação desse tipo de drone demanda infraestruturas mais substanciais, controladores mais bem treinados, e pistas de lançamento e recuperação mais robustas, bem como uma infraestrutura de suporte mais complexa e amarrada.

Além disso, a coordenação de espaço aéreo se torna uma consideração crucial para esses sistemas de classe III, comparável às exigências estabelecidas para aeronaves tripuladas. A natureza mais imponente dessas ARP implica em desafios e requisitos logísticos mais significativos, que se justificam em performance no campo de batalha, demandando uma abordagem operacional e estratégica mais detalhada e precisa

Figura 2 - MQ-9 Reaper (Classe III)



Fonte: The Economic Times

3 CLASSE I

Os sistemas de primeira classe têm emergido como ativos estratégicos essenciais nas operações militares modernas, principalmente pela escalada de sua utilização na Guerra ucraniana. Com sua característica de tamanho compacto aliada à notável versatilidade, esses dispositivos têm redefinido a forma como as FFAA concebem e implementam estratégias e táticas do campo operacional. A tabela a seguir apresenta os principais VANT utilizados no conflito Rússia-Ucrânia e Guerra do Iraque como exemplo:

Tabela 1 – ARP classe I que operam na Guerra da Ucrânia / Guerra do Iraque

TIPO	EMPRESA	NACIONALIDADE	UTILIDADE OPERACIONAL
R18	Aerorozvidka	Ucrânia	Caçador de carros de combate
Autel Evo II	Autel	China	Reconhecimento e bombardeio tático
DJI Mavic Mini	DJI	China	Localização de alvos
Golden Eagle	Teal	Estados Unidos	Localização de alvos
Skydio X2	Skydio	Estados Unidos	Localização de alvos em baixa visibilidade
Flyeye	WB Systems	Polônia	Direcionador de fogos de artilharia
Granat-4	Izhmash	Rússia	Localizador de transmissores de rádio
Orlan-10	Forças Especiais da Rússia	Rússia	Guerra eletrônica
MP-1 Spectator	Meridian	Ucrânia	Localização de alvos
RQ-20 Puma	Aerovironment	Estados Unidos	Localização de alvos
RQ-11 Raven	Aerovironment	Estados Unidos	Localização de alvos
Switchblade 300	Aerovironment	Estados Unidos	Kamikaze
Sypaq Corvo	Sypaq	Austrália	Logística

Elaboração própria com base em: Marimón (2022)

Este capítulo se dedica a explorar em profundidade a classe I utilizando como base os drones da tabela acima e enfatizando suas características técnicas, custos associados à sua aquisição, capacidades operacionais, os benefícios táticos e estratégicos, bem como exemplos de suas aplicações no conflito Ucrainiano e na Guerra do Iraque.

3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

A seguir serão apresentadas características técnicas, como peso, autonomia de voo, velocidade máxima, alcance operacional e custos de aquisição, tendo como base as ARP da tabela 1. Importante ressaltar que mesmo esses drones representando apenas uma pequena fração da grande variedade dispostas no mercado internacional atualmente, as características mencionadas aplicam-se a grande maioria das ARP de classe I e certamente fornecem uma visão concreta desse grupo de aeronaves.

3.1.1 Peso e tamanho

A leveza dos drones de classe I é uma característica de extrema importância, especialmente para as tropas que operam deslocando-se a pé durante operações militares, como a própria infantaria. O grande exemplo a ser mencionado é a ARP DJI Mini 3 Pro, desenvolvida pela renomada empresa DJI, que apresenta um peso incrivelmente reduzido de apenas 249 gramas (DJI, 2023). Esta ARP está sendo utilizada em grande escala tanto pelas AFU quanto as AFRF (KUNERTOVA, 2023). Apesar do seu tamanho compacto, que permite que seja facilmente transportada em um bolso, o DJI Mini demonstra capacidade de transmitir vídeos de alta qualidade a distâncias de até 3 quilômetros, o que os torna um recurso valioso para operações táticas, inclusive em áreas urbanas. Além disso, há relatos de seu uso por atiradores de elite para a localização precisa de alvos (MARIMÓN, 2022).

Figura 3 - DJI Mini 3 Pro



Fonte: Aroged

3.1.2 Autonomia de voo

A maioria das ARP classe I apresentam uma autonomia de voo média de aproximadamente 1 hora devido ao seu tamanho compacto. No entanto, as Forças Especiais Russas desenvolveram o Orlan-10, uma exceção, que exibe uma impressionante autonomia de voo de até 18 horas. Além disso, este sistema é equipado com um pacote de guerra eletrônica capaz de bloquear comunicações de rádio, inclusive telefones celulares, em um raio de até 6 km (MARIMÓN, 2022).

3.1.3 Velocidade máxima

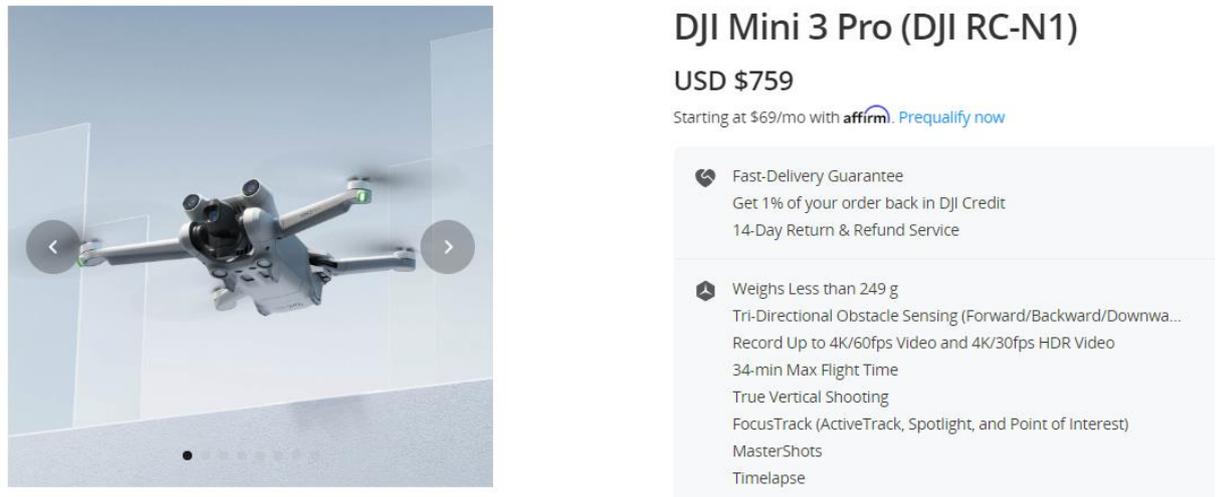
O grande representante dessa característica é o drone desenvolvido pela Izhmash, uma empresa da Rússia, Granat-4 que pode chegar a incríveis 144 km/h. Além da velocidade, este drone é equipado com sistemas ópticos avançados, tornando-o eficaz para missões de vigilância e reconhecimento e, ainda, pode

transportar um pacote SIGINT (Inteligência de Sinais) especializado, permitindo a identificação e localização de transmissores de rádio, e também tem a capacidade de gravá-los para análise posterior de serviços de inteligência (MARIMÓN, 2022).

3.1.4 Custo de aquisição

Essa também é uma característica importante da classe I de ARP. O DJI Mavic Mini pode ser comprado até mesmo em lojas civis como Amazon ou Aliexpress pelo preço de US\$759 e contam até mesmo com entregas rápidas.

Figura 4 – Preço de mercado do DJI Mavic Mini no site da fabricante



Fonte: DJI Store

Os drones DJI não são feitos para disparar armas, mas eles podem ser facilmente modificados para transportar uma granada ou outro pequeno explosivo que pode ser lançado com grande precisão em trincheiras cheias de tropas ou diretamente no topo aberto de um blindado. Dessa forma, pode-se observar que pequenos drones baratos conseguem imprimir danos colaterais a meios inimigos milionários. Esse é um fator essencialmente importante porque mesmo em uma guerra que, a princípio, as AFRF teriam quase que o domínio dos campos de batalha, as ARP de classe I podem estar favorecendo a balança da guerra a favor das AFU.

Figura 5 – Soldado ucraniano colocando granadas em um drone DJI



Fonte: NPR.org

Um outro exemplo é o R18, um drone de aproximadamente US\$20.000, fabricado na Ucrânia, foi capaz de destruir um blindado russo de última geração na Guerra da Ucrânia como noticiado pela Sundries:

[...] os operadores de drones esperaram até a noite e lançaram vários mísseis contra o blindado. Como resultado, o T-90M 'Breakthrough' foi destruído por um drone que custou US\$ 20.000. O blindado em si custa de US\$ 2,5 milhões a US\$ 4,5 milhões, dependendo do nível de modernização (SUNDRIES, 2022).

3.2 CAPACIDADES OPERACIONAIS

3.2.1 Portabilidade

A portabilidade das ARP classe I é uma capacidade operacional crucial no ambiente tático e que proporciona sua utilização em uma ampla gama de atividades militares. Pelo tamanho compacto, os militares que vão ao campo de batalha podem facilmente colocar esses drones em suas mochilas e utilizá-los no terreno em apoio ao reconhecimento aproximado e também como meio de fustigação aos pelotões inimigos já que podem ser equipados com granadas explosivas, fumígenas, iluminativas e outras a depender da criatividade do operador.

3.2.2 Reconhecimento e vigilância de curta distância

No nível pelotão, os drones classe I podem fornecer visão em tempo real do campo de batalha imediatamente a frente o que permite que as tropas identifiquem posições inimigas e monitorem os movimentos adversários sem arriscar a vida dos militares. Além disso os mini drones comerciais chineses DJI Mavic Mini representam uma importante capacidade de reconhecimento tático e de direcionamento de artilharia (KUNERTOVA, 2023) uma vez que podem substituir um Observador Avançado (OA) ocupando posições próximas a área de impacto dos fogos de artilharia e, mais que isso, sem dar chance ao inimigo de serem vistos e neutralizados.

Na guerra do Iraque, a mini-ARP RQ-11 Raven foi muito empregada nos níveis pelotão e companhia, permitindo aos comandantes dessas frações observar além de elevações e construções, realizar o reconhecimento aproximado e vigilância. O mesmo também foi utilizado em apoio aos ataques aéreos, voando antes e após as missões com o intuito de coletar informações para os planejamentos e depois dos ataques para realizar a avaliação de danos (SOUZA, 2019).

3.2.3 Fácil aquisição

Como mostrado anteriormente, a maioria dos drones pequenos tem origem comercial e são fáceis de obter. Tanto as forças armadas russas como ucranianas recebem drones amadores em grande número através de “dronations” das suas populações, inclusive através de campanhas de crowdfunding. Os drones classe I também chamados de drones AliExpress ou Amazon foram reaproveitados para espionagem e lançamento de granadas de mão sobre alvos devido à sua facilidade de uso e fácil aquisição – centenas ou milhares, em comparação com milhões de dólares para drones grandes (KUNERTOVA, 2023).

3.2.4 Fácil operação

Uma outra capacidade operacional que pode ser mencionada é a facilidade de operação das ARP da classe considerada. Segundo Vadim, para operar o R18 é necessário de duas semanas a um mês, um tempo relativamente baixo quando comparado com o tempo de treinamento necessário para operar um ARP classe III como veremos mais à frente.

3.3 BENEFÍCIOS TÁTICOS E ESTRATÉGICOS

3.3.1 Munições Loitering

As Munições Loitering, também conhecidas como drones Kamikaze ou munição de vadiagem, é um dos benefícios táticos da classe I que combina características de drones pequenos e munições guiadas de precisão. Esses sistemas são projetados para permanecer em uma área específica do campo de batalha por um período aguardando uma ordem de ataque antes de engajar o alvo, isto é, um míssil que pode esperar no local de queda antes de colidir com seu alvo.

Um exemplo disso, desde meados de setembro de 2022, a Ucrânia tem recebido ataques de drones kamikaze fornecidos pelo Irã e operados pela Rússia (TROFIMOV; NISSENBAUM, 2022). Russificadas com Geranium-2, estas munições de longo alcance podem transportar 50 kg de explosivos por mais de 2.000km (KUNERTOVA, 2023). Os ucranianos desenvolveram a sua própria Munição Loitering, com uma taxa de sucesso desigual. Em agosto, eles atacaram jatos táticos da Marinha Russa na Base Aérea de Saki e no quartel-general da Frota do Mar Negro em Sebastopol com um drone de asa fixa de fabricação chinesa da AliExpress (custando US\$ 8 mil por unidade) reaproveitado em um drone suicida (ALTMAN; PAYNE; ROGOWAY, 2022 apud KUNERTOVA, 2023).

Além disso, tropas ucranianas atacaram posições das forças russas com drones leves Switchblade 300 (Drone Kamikaze). Mais tarde, Kiev recebeu drones Phoenix Ghost de fabricação americana e Warmate desenvolvidos na Polônia. Mesmo

com alcance e desempenho limitados, esses sistemas aumentam a vulnerabilidade dos veículos blindados e das operações logísticas (KUNERTOVA, 2023).

3.3.2 Guerra psicológica

Um benefício estratégico dos VANT de primeira classe é utilizá-los para gravar vídeos de emboscadas e compartilhá-los nas redes sociais, juntamente com a documentação dos danos pós-batalha e crimes de guerra para envergonhar o adversário e mobilizar a atenção da comunidade global é uma estratégia poderosa no contexto dos conflitos contemporâneos (KUNERTOVA, 2023).

Pode-se dizer que essas evidências visuais também podem ser utilizadas como instrumento de pressão diplomática, fornecendo provas concretas de violações a tratados ou acordos internacionais o que pode gerar embargos econômicos ou sanções comerciais de outros países contra as partes responsáveis.

A Ucrânia expõe na mídia, atualmente, vídeos de emboscadas e crimes de guerra cometidos pela Rússia que são gravados por drones Aliexpress para tentar pressionar a comunidade global a tomar partido na guerra e angariar recursos de outros países. Como é de se imaginar, ambos lados cometem erros na guerra, mas utilizando da guerra psicológica, os ucranianos conseguem impor sua perspectiva ao mundo e eximir-se de suas faltas escondendo-as na penumbra dos erros cometidos pelo Russos.

3.3.3 Enxame de drones

O baixo custo de veículos menos sofisticados (classe I) permite uma tática rudimentar de enxameação de drones, ou “enxames falsos” (KALLENBORN, 2021 apud KUNERTOVA, 2023). A doutrina da enxameação baseia-se na capacidade da formação de drones de se comunicar, coordenar e agir de forma coerente para que o adversário enfrente “uma coleção insuprimível de alvos que estão, aparentemente,

em todos os lugares e em nenhum lugar ao mesmo tempo” (SCHARRE, 2014 apud KUNERTOVA, 2023).

3.3.4 Drones de papelão

Uma nova utilidade para os drones de baixo custo vista na Guerra da Ucrânia é a inserção dos chamados drones de papelão, Sypaq Corvo, desenvolvidos pela empresa australiana Sypaq. Eles são descartáveis, assim como as ARP Kamikaze, e possuem a finalidade de fazer entregas de suprimentos e equipamentos em áreas que as capacidades logísticas tradicionais não conseguem alcançar (SYPAQ, 2023).

Figura 6 – Drone de papelão Sypaq Corvo



Fonte: The Droning Company

Um exemplo da utilização das ARP de papelão é o ataque ucraniano ao aeródromo russo de Kursk, onde foram danificados um avião Mig-29, quatro caças Su-30, dois lançadores de mísseis Pantsir, sistemas de armas e um sistema de defesa antimísseis terra-ar S-300 (ENGENHARIA 360, 2023).

4 CLASSE III

Os sistemas de terceira classe são caracterizados por seu nível tecnológico avançado e sua grande autonomia, essas aeronaves assemelham-se em tamanho a caças militares e são usados em conflitos há mais tempo que os de classe I. A tabela a seguir apresenta os principais VANT utilizados no conflito Rússia-Ucrânia e Guerra do Iraque como exemplo:

Tabela 2 – ARP classe III que operam na Guerra da Ucrânia / Guerra do Iraque

TIPO	EMPRESA	NACIONALIDADE	UTILIDADE OPERACIONAL
RQ-4 Global Hawk	Northrop Grumman	Estados Unidos	Escaneamento de área extensa
Orion	Aurora Flight Sciences	Rússia	Reconhecimento e ataque autônomos
Bayraktar TB2	Baykar Tech	Turquia	Ataque e saturação de áreas
Tupolev TU-141 Strizh	Projeto soviético	Ex-Estados Membros da URSS	Ataque a instalações críticas longíquas
MQ-9 Reaper	General Atomics	Estados Unidos	Ataque aéreo de precisão
MQ-1 Predator	General Atomics	Estados Unidos	Vigilância e reconhecimento

Elaboração própria com base em: Marimón (2022), Airforce Technology (2022)

Este capítulo se dedica a explorar em profundidade a classe III utilizando como base os drones da tabela acima e enfatizando suas características técnicas, custos associados à sua aquisição, capacidades operacionais, os benefícios táticos e estratégicos, bem como exemplos de suas aplicações no conflito Ucrâniano e na Guerra do Iraque.

4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

A seguir serão apresentadas características técnicas, como peso, autonomia de voo, velocidade máxima, alcance operacional e custos de aquisição, tendo como base as ARP da tabela 2. Importante ressaltar que mesmo esses drones representando apenas uma pequena fração da grande variedade dispostas no mercado internacional atualmente, as características mencionadas aplicam-se a

grande maioria das ARP de classe III e certamente fornecem uma visão concreta desse grupo de aeronaves.

4.1.1 Peso e tamanho

Os drones de classe III rivalizam com aeronaves tripuladas quando se trata de peso e tamanho. Eles se destacam por uma grande envergadura podendo atingir comprimentos superiores a 10 metros. Essa característica contribui para uma estabilidade em voo para operações prolongadas em altitudes e condições adversas.

O Tupolev-141 pesa em torno de 5 toneladas e tem aproximadamente 15 metros de comprimento (REDSTAR, 2023). Esse drone, apesar de um projeto antigo, com a guerra da Ucrânia contra a Rússia ganhou um novo propósito ao ser usado pelos ucranianos para ataques a instalações e veículos russos (MARIMÓN, 2022).

Figura 7 – Tupolev TU-141



Fonte: RedStar

4.1.2 Autonomia de voo

A autonomia de voo é a vantagem marcante dos drones de terceira classe. A grande maioria pode permanecer nos céus por períodos superiores a um dia fornecendo constantemente dados sobre cartografia e movimentações de tropas inimigas. Um exemplo disso é o RQ-4 Global Hawk que pode permanecer em voo por períodos prolongados, muitas vezes excedendo 30 horas ininterruptas de escaneamento de alta qualidade de áreas superiores a 64.000 km² a qualquer hora do dia ou da noite, independentemente da cobertura de nuvens (MARIMÓN, 2022).

4.1.3 Velocidade máxima

Uma boa parcela dessas ARP desloca-se a velocidades de 0,5 MACH. Utilizando também o RQ-4 como exemplo, ele pode atingir velocidades de aproximadamente 563 km/h (MARIMÓN, 2022).

4.1.4 Alcance operacional

O exemplo dessa característica é o Bayraktar TB2 que é do tamanho de um pequeno avião e fornece um meio de lançar poder de fogo em longas distâncias, até 300 km, e atacar atrás das linhas inimigas a uma altitude de 7 km (KUNERTOVA, 2023).

Alguns exemplos bem conhecidos da utilidade militar do Bayraktar são o naufrágio do navio de guerra Moskva e o ataque ao depósito de petróleo de Bryansk em território russo (DESPONT; KUNERTOVA; MASUHR, 2022).

4.1.5 Custo de aquisição

Como se é de esperar, o custo de aquisição de drones de classe III são substanciais, começando com o Bayraktar TB2 que custa cerca de US\$5 milhões (BAYKAR, 2022) até os US\$60 milhões que custa um RQ-4 Global Hawk. Além disso, a aquisição desses UAV requer acordos entre Estados e podem encontrar barreiras diplomáticas na sua obtenção, principalmente por países de 2º mundo, como o Brasil, que poderia possuir algum tipo de bloqueio de aquisição dessas tecnologias.

4.2 CAPACIDADES OPERACIONAIS

4.2.1 Reconhecimento profundo

O reconhecimento profundo refere-se à capacidade de analisar e interpretar dados detalhados a partir de várias fontes sensoriais, proporcionando uma compreensão mais aprofundada do ambiente em que o drone opera. Os drones de terceira classe estão equipados com uma gama diversificada de sensores de alta resolução, câmeras de imagens nítidas e sistemas de processamento de dados avançados. Isso lhes permite fornecer informações precisas e em tempo real, transformando-os em valiosos ativos de inteligência e vigilância. Essa capacidade é especialmente crucial em cenários onde a análise detalhada e precisa do terreno é essencial, como em operações militares.

4.2.2 Grande autonomia

Na Guerra do Iraque, os Estados Unidos verificaram a necessidade de reconhecimentos que fossem realizados de forma contínua. Para isso, foi colocado em serviço o sistema RQ-4 Global Hawk – o mesmo utilizado na Guerra da Ucrânia – que tinha a capacidade de prover cobertura de 24 horas em apoio à identificação dos sistemas de mísseis iraquianos; de acompanhar as forças inimigas desdobradas no

terreno e nas cidades e de realizar atividades de Medida de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE) de comunicações e não-comunicações nas regiões das operações (JESUS, 2011).

4.3 BENEFÍCIOS TÁTICOS E ESTRATÉGICOS

4.3.1 Ataques remotos de longa distância

Os drones de classe III são equipados com sistemas de propulsão de última geração, podem cobrir distâncias consideráveis sem comprometer a precisão dos ataques. Esse é um benefício essencial para operações que exigem a projeção de força em áreas remotas ou de difícil acesso para infantaria.

4.3.2 Captura de dados de inteligência

A captura de dados de inteligência dos drones de classe III representa um benefício estratégico significativo no arsenal de recursos das forças militares modernas. Esses sistemas altamente avançados são equipados com tecnologia de ponta que permite a coleta de informações críticas em tempo real, proporcionando uma vantagem tática crucial em operações de inteligência, vigilância e reconhecimento.

5 CONCLUSÃO

Diante da análise realizada nessa monografia, torna-se evidente que a escolha entre VANT classe I e classe III para operações militares depende de uma ponderação criteriosa dos recursos disponíveis e da natureza do conflito em questão. Enquanto os VANT classe III exibem notável capacidade tecnológica e alcance operacional, os custos elevados e a complexidade operacional associados a eles representam desafios consideráveis.

Por outro lado, os VANT classe I se destacam pela sua versatilidade, facilidade de aquisição e capacidade de infligir danos significativos a alvos mais caros e robustos. Em cenários onde a mobilização em grande escala e a eficiência custo-benefício são cruciais, esses sistemas se revelam opções mais atraentes.

Diante da tendência observada nos conflitos recentes, como os ocorridos nos campos de batalha russo-ucranianos, a aquisição de ARP classe I emerge como uma escolha estratégica sensata. Sua capacidade de adaptação a cenários diversos, aliada ao custo acessível e à simplicidade de operação, proporciona uma vantagem significativa em ambientes onde a mobilização e a eficácia operacional são determinantes. Segundo Dominika Kunertova (2022):

A guerra com drones tem menos a ver com sofisticação tecnológica e mais com a capacidade de mobilização em grandes números. Isto é especialmente verdade quando os conflitos armados se transformam numa guerra de desgaste, uma vez que os beligerantes pretendem infligir danos crescentes e, ao mesmo tempo, diminuir os seus próprios custos.

Portanto, conclui-se que, para as operações militares nas próximas décadas, a preferência recai sobre os VANT classe I dadas suas características que se alinham de forma eficaz com as exigências dos conflitos contemporâneos. A capacidade de infligir danos notáveis a alvos de alto valor, aliada à sua versatilidade e custos acessíveis, os posiciona como uma escolha estratégica acertada na condução de operações militares eficientes e bem-sucedidas.

REFERÊNCIAS

ALTMAN, Howard; PAYNE, Statson; ROGOWAY, Tyler. Ukraine Unleashes Mass Kamikaze Drone Boat Attack On Russia's Black Sea Fleet Headquarters. [S. l.], 29 out. 2022. Disponível em: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/ukraine-unleashes-mass-kamikaze-drone-boat-attack-on-russias-black-sea-fleet-headquarters>.

BRAGA, Bruno Heinen. AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES: desenvolvimento e aplicações. 2014. Monografia (Bacharelado em geofísica) - Universidade Federal Fluminense, [S. l.], 2014. Disponível em: http://www.geofisica.uff.br/sites/default/files/projetofinal/2014_bruno_heinen_braga.pdf.

DESPONT, Constant; MASUHR, Nikolas; KUNERTOVA, Dominika. MILITÄRISCHE DROHNENNUTZUNG: ERFAHRUNGEN, TECHNOLOGIE UND SCHWEIZER OPTIONEN. Bulletin, [S. l.], p. 31-61, 20 jul. 2022. Disponível em: https://css.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/gess/cis/center-for-securities-studies/pdfs/Bulletin_2022_05.pdf.

DEVERAUX, Brennan. Loitering Munitions in Ukraine and beyond. [S. l.], 22 abr. 2022. Disponível em: <https://warontherocks.com/2022/04/loitering-munitions-in-ukraine-and-beyond/>.

DJI Mini 3 Pro. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.dji.com/br/mini-3-pro>.

DOCTOR, Austin C.; WALSH, James I. The Coercive logic of militant drone use. 2021. doi: 10.55540/0031-1723.3069.

DOCTOR, Austin C.; WALSH, James I. The coercive logic of militant drone use. The US Army War College, [S. l.], v. 51, n. 2, p. 73-84, 18 maio 2021. Disponível em: <https://press.armywarcollege.edu/parameters/vol51/iss2/8/>.

DRONE WARS. Who has Armed Drones?. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://dronewars.net/who-has-armed-drones/>.

DRONES de Papelão na Guerra: A Engenharia Criativa da Ucrânia. [S. l.]: Redação 360, 18 set. 2023. Disponível em: <https://engenharia360.com/como-funciona-uma-usina-de-concreto/>.

JESUS, Vinicius Gomes de. Ensinamentos Adquiridos Sobre a Ameaça Aérea e os Sistemas de Defesa Antiaéreos Utilizados Durante a Invasão do Iraque (Segunda Guerra do Golfo – 2003) - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2011.

JORGE, L. A. de C.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. Embrapa: [s. n.], 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/10034my85>.

KALLENBORN, Zachary. Swarm talk: understanding drone typology. [S. l.], 12 out. 2021. Disponível em: <https://mwi.usma.edu/swarm-talk-understanding-drone-typology/>.

KUNERTOVA, Dominika. 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. 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00963402.2023.2178180?scroll=top&needAccess=true>.

MARIMÓN, Albert Caballé. Os drones na guerra da Ucrânia. Velho General, [s. l.], p. 1-26, 21 jul. 2023. Disponível em: <https://velhogeneral.com.br/2022/07/21/os-drones-na-guerra-da-ucrania/>.

MANUAL DE CAMPANHA EB70-MC-10.214 Vetores Aéreos da Força Terrestre, 2ª Edição, 2020.

MARINE CORPS CENTER FOR LESSONS LEARNED, 2023.

MENDES, Vannildo; FADEL, Evandro. PF testa avião sem piloto para fronteira. Estadão. São Paulo, 16 jul. 2009. Disponível em: <http://politica.estadao.com.br/noticias/geral,pf-testa-aviao-sem-piloto-para-fronteira,403447>.

NETO, Rodrigues Borges Gama. Guerra Cibernética / Guerra Eletrônica – Conceitos, Desafios e Espaços de Interação. Revista Política Hoje – Vol. 26, n. 1 (2017) – p. 201-217.

NORWAY, Canada start fundraising to buy Bayraktar TB2s for Ukraine. [S. I.], 19 jul. 2022. Disponível em: <https://baykartech.com/en/press/norway-canada-start-fundraising-to-buy-bayraktar-tb2s-for-ukraine/>.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE. AAP-6: Glossary of terms and definitions. Bruxelas. Bélgica, 2008.

ROGOWAY, Tyler. Ukraine Situation Report: Shadowy Long-Range Kamikaze Drone Strikes Again. [S. I.], 20 ago. 2022. Disponível em: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/ukraine-situation-report-shadowy-long-range-kamakaze-drone-strikes-again>.

SCHARRE, Paul. The Coming Swarm. Robotics on the Battlefield Part II, [s. I.], 1 out. 2014. Disponível em: https://s3.us-east-1.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/CNAS_TheComingSwarm_Scharre.pdf?mtime=20160906082059%26focal=none.

SOUZA, Marcos Paulo Ribeiro de. O emprego dos sistemas aéreos remotamente pilotados pelas Forças Armadas Americanas nos conflitos do Afeganistão e Iraque. 2019. Monografia (Especialização em Ciências Militares) - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, [S. I.], 2019. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/4715/1/AC%20-%20Cap%20Marcus.pdf>.

SYPAQ supporting Ukrainian Armed Forces. [S. I.], 2023. Disponível em: <https://corvouas.com.au/sypaq-supporting-ukrainian-armed-forces/>.

THE R18 Drone For \$20,000 Destroyed The Most Modern Russian Tank T-90M Breakthrough Worth More Than \$2 Million. [S. I.], 27 dez. 2022. Disponível em: <https://sundries.com.ua/en/the-r18-drone-for-20-000-destroyed-the-most-modern-russian-tank-t-90m-breakthrough-worth-more-than-2-million-video/>.

TROFIMOV, Yaroslav et al. Russia's Use of Iranian Kamikaze Drones Creates New Dangers for Ukrainian Troops. The Wall Street Journal, [S. I.], p. -, 17 set. 2022. Disponível em: <https://www.wsj.com/articles/russias-use-of-iranian-kamikaze-drones-creates-new-dangers-for-ukrainian-troops-11663415140>.

TU-141 (VR-2 Strizh) Unmanned Aerial Vehicle (UAV). [S. I.], 2023. Disponível em: https://www.redstar.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=2461:tu-141-vr-2-strizh-unmanned-aerial-vehicle-uav&catid=439&lang=en&Itemid=530.