Artigo

DOI 10.52781/cmm.a203

Estudo de caso sobre o emprego de drones na Guerra da Ucrânia e os impactos na doutrina militar terrestre

Case study on the use of drones in the Ukraine War and the impacts on land military doctrine

Resumo: O artigo busca analisar o emprego de drones na Guerra da Ucrânia e suas implicações para a doutrina militar terrestre. Objetiva compreender como os drones, especialmente veículos aéreos não tripulados (VANT), foram empregados e quais foram as suas implicações no campo tático. Foi utilizado um estudo de caso único, com abordagem qualitativa, baseado na análise de fontes abertas, como matérias de jornais especializados e relatórios de *think tanks*. Os resultados indicam que drones potencializam funções de combate (comando, inteligência, fogos, manobra, proteção, logística), mas não configuram uma Revolução em Assuntos Militares. Eles também não substituem armamentos tradicionais, mas os complementam. A análise demonstra que há espaço para a evolução da doutrina militar terrestre com esse novo vetor, tais como: adaptações na formação dos militares; estímulo à inovação, mesmo em combate; absorção de tecnologias emergentes na dotação de material; revisão de quadros organizacionais de unidades; e aprofundamento sobre questões éticas diante do uso de tecnologias emergentes.

Palavras-chave: Guerra da Ucrânia; Drones; Inovação militar; Revolução em Assuntos Militares; Estudo de caso.

Abstract: This study analyzes drone use in the Russo-Ukrainian War and its implications for land military doctrine. It aims to understand how drones, particularly Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), were employed and their tactical impacts. A single case study with a qualitative approach was used, examining open sources like specialized news outlets and think tank reports. Results indicate drones enhance combat functions (command, intelligence, fires, maneuver, protection, logistics) but do not constitute a Revolution in Military Affairs. They complement, rather than replace, traditional weaponry. The analysis shows room for the evolution of land military doctrine, including: adapting soldier training; fostering innovation in combat; integrating emerging technologies into equipment; revising unit organizational structures; and deepening ethical considerations regarding emerging technology use.

Keywords: Russo-Ukrainian War; Drones; Military Innovation; Revolution in Military Affairs; Case Study.

Leonardo da Silva Lima
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME)
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
leosilvalima08@gmail.com

Fernando Bartolomeu Fernandes
Diretoria de Ensino Militar (DEsMil)
Rio de Janeiro, RJ, Brasil
fernandes.bartholomeu@eb.mil.br

Anselmo De Oliveira Rodrigues
Centro de Estudos Estratégicos do Exército (CEEEx)
Brasília, DF, Brasil
majanselmo@gmail.com

Recebido: DD mês. AAAA
Aprovado: DD mês. AAAA

COLEÇÃO MEIRA MATTOS
ISSN on-line 2316-4891 / ISSN print 2316-4833
http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/index

Creative Commons Attribution Licence

1 INTRODUÇÃO

Em novembro de 2024 ocorreu o maior ataque de drones na Guerra da Ucrânia. Enquanto os russos lançaram mais de 145 drones, os ucranianos atacaram as tropas russas com dezenas (Russia [...], 2024).

Da mesma forma, em junho de 2025, a Operação Teia de Aranha, desencadeada pela Ucrânia contra os russos após mais de um ano de preparação, evidenciou a possibilidade de infiltração, na zona de interior do território inimigo, de drones com a capacidade de destruir alvos altamente estratégicos, passando a mensagem de vulnerabilidade na segurança das zonas de defesas russas (Análise [...], 2025).

Este artigo tem como objeto de estudo o emprego de drones, no sentido de veículos aéreos não tripulados (VANT), na Guerra da Ucrânia, desde o seu início até 2025, e visa compreender se o seu uso pode ser considerado uma Revolução em Assuntos Militares (RMA – *Revolution in Military Affairs*, em inglês) e quais impactos eles tiverem nas operações das forças armadas em conflito.

O problema de pesquisa é compreender, a partir dessas lições aprendidas, se a Guerra da Ucrânia foi capaz de fomentar uma RMA, assim como levantar as possíveis implicações da utilização de drones em conflitos na evolução da doutrina militar terrestre.

O principal resultado deste trabalho foi que o emprego de drones não causou uma RMA, porém teve impactos significativos na forma de conduzir a guerra no nível tático.

A metodologia utilizada foi o estudo de caso, baseado em fontes abertas da rede mundial de computadores, como matérias de jornais, artigos de sites especializados e relatórios de *think tanks*.

A utilização de drones como armas de guerra está causando uma estagnação nas linhas de frente. Estão sendo utilizados por ambas as partes tanto para a aquisição de alvos como ataques camicazes. Qualquer movimento pode ser observado pelo inimigo, o que tem mantido os combatentes nas trincheiras (Gormezano, 2025).

Drones comerciais, comprados na Amazon, em muitos casos por menos de 1.000 dólares, são enviados para a Ucrânia para realizar tarefas de reconhecimento, bombardeio ou ataque camicaze (Ukraine Defense Support, [2024]). Enquanto os drones militares, mais conhecidos nos meios militares como veículos aéreos não tripulados ou aeronaves remotamente pilotadas (ARP), são em sua maior parte produzidos pela Turquia e pelo Irã, os drones comerciais tem como origem principalmente a China (Mozur; Hopkins, 2023).

No entanto, os veículos aéreos não são os únicos com automação. Os veículos terrestres não tripulados também estão remodelando as operações terrestres. As forças armadas russas os têm usado como transporte de explosivos direto para a posição do inimigo, em operações de desminagem, na entrega de munições e outros tipos de suprimentos, no transporte de minas antitanque, na evacuação de feridos e equipados com canhão (Sputnik, 2025).

Ainda há os veículos marítimos não tripulados, os quais, da mesma forma que os veículos aéreos não tripulados, têm sido utilizados pela Ucrânia contra a frota russa do Mar Negro, com custos relativamente baixos, disseminando a urgência da obtenção desse produto de defesa (IISS, 2024, p. 7).

O uso intensivo de drones marca uma revolução no conflito. Seu emprego tem sido aprimorado na integração com a guerra eletrônica e a artilharia (Aksenov; Chernysh; Howell, 2024). No entanto, a Guerra da Ucrânia não foi o primeiro conflito a usar esse equipamento: já se

observava a utilização de drones nos conflitos da Líbia, da Síria e de Nagorno-Karabakh (Hecht, 2022), ainda que de forma incipiente.

Além disso, a inteligência artificial tem sido aplicada pelos dois contendores para prover análise de dados, aprimoramento da capacidade de tomada de decisão – por meio de inteligência geoespacial, análise de comunicações não criptografadas, ataques cibernéticos –, e construção veículos autônomos (Bendett, 2023). Drones estão sendo aprimorados com inteligência artificial e aprendizado de máquina (*machine learning*) para atuarem sem GPS e mesmo sem operador (Como [...], 2025b; Hakmeh, 2025; Stepanenko, 2025, p. 1).

Esses são apenas alguns exemplos de como tecnologias emergentes da Indústria 4.0, mais especificamente equipamentos com automação tecnológica, têm transformado os conflitos modernos. Diante dessas novas tecnologias, as forças armadas envolvidas no conflito tiveram que ajustar sua doutrina de emprego.

Até o século XVI, a fonte de energia da maior parte da tecnologia aplicada nas armas era proveniente dos animais ou dos próprios homens. A partir de então, o uso de fontes químicas, como a pólvora, em armas foi um fator revolucionário na guerra, pelo fato de aumentar a letalidade no campo de batalha e reduzir a dependência nas habilidades individuais do soldado, como a força física (Van Creveld, 1991, p. 85).

A evolução dos armamentos no campo de batalha seguiu o ritmo da Revolução Industrial. Não seria possível a invenção de determinados equipamentos bélicos sem a invenção do aço e da energia a vapor (Van Creveld, 1991, p. 170).

Contudo, foi a Primeira Guerra Mundial que impulsionou a evolução tecnológica no domínio bélico e o surgimento do "estilo moderno de guerra" (Knox; Murray, 2009, p. 132). O auge foi o advento das armas nucleares (Knox; Murray, 2009, p. 6). Para Van Creveld (1991, p. 11, tradução nossa), a guerra "é completamente permeada por tecnologia e governada por esta"; contudo, nem toda tecnologia afeta a guerra (Van Creveld, 1991, p. 306).

As inovações tecnológicas e a doutrina militar interagem mutuamente, seja porque as novas tecnologias originalmente não bélicas são absorvidas no esforço de guerra, seja porque esforço de guerra demanda novas soluções tecnológicas para que uma das partes beligerantes obtenha vantagens sobre a outra.

Nesse sentido, a Guerra da Ucrânia tem levantado discussões acerca da inovação militar (Hakmeh, 2025; The Russia-Ukraine [...], 2025). De fato, as lições emergentes do conflito já estão influenciando o pensamento de muitas forças armadas (IISS, 2024, p. 9).

Drone é o nome que se dá, em inglês, ao Zangão, a abelha-macho, e ao seu zunido. Em razão do barulho que costuma fazer e da sua aparência, o termo acabou sendo adotado para se referir a VANTs ou *unmanned aerial vehicle* (UAV) (Brasil, 2015, p. 278). Outro termo que tem sido adotado na doutrina militar brasileira é de aeronave remotamente pilotada, uma classe de VANT (Brasil, 2020, p. 1-2).

O conjunto de meios necessários ao cumprimento de determinada tarefa com emprego de ARP, incluindo material para comando, controle e equipe especializada, recebe o nome de sistema de aeronave remotamente pilotada (SARP) (Brasil, 2020, p. 1-3). O fato é que, por ampliação de sentido, drones passaram a ser utilizados para quaisquer veículos aéreos, terrestres ou marítimos pilotados remotamente ou com navegação autônoma (Brasil, 2015, p. 95).

Neste artigo, quando se usa a palavra drone, entende-se que se refira aos VANT, pois esse é o seu sentido mais empregado.

2 METODOLOGIA

O objeto de estudo desta pesquisa é o emprego de drones, mais especificamente VANTs ou aeronaves remotamente pilotadas. O objetivo geral é compreender o como os drones foram utilizados na Guerra da Ucrânia, a fim de visualizar possíveis implicações na doutrina militar terrestre.

Para isso, os objetivos específicos trataram de contextualizar o uso de drones nesse conflito armado, entender teorias da inovação – particularmente no campo militar –, discutir a adequação dessas teorias ao fenômeno da guerra, debater as consequências da introdução de drones no combate e, por fim, levantar as consequências do emprego desse vetor na doutrina militar terrestre.

A abordagem qualitativa foi a escolhida para a confecção deste artigo, com a finalidade de explorar e compreender o problema (Creswell; Creswell, 2018, p. 41).

Como estratégia de pesquisa, optou-se por estudo de caso único, tendo como unidade de análise o emprego dos drones em combate (Yin, 2001, p. 58), verificando a adequação desse emprego ao padrão das teorias de inovação militar (Yin, 2001, p. 136), a fim de realizar uma análise mais profunda do caso (Creswell; Creswell, 2018, p. 51).

Uma breve revisão de literatura foi conduzida para tratar sobre teorias da inovação, especialmente no campo militar. Ela permite enquadrar o problema a partir de um referencial teórico e fornece as ferramentas necessárias para uma melhor compreensão (Creswell; Creswell, 2018, p. 68).

A coleta de dados teve como principal fonte de evidência a documentação feita por recortes de jornais e outros artigos publicados em mídia (Yin, 2001, p. 107), presentes predominantemente na rede mundial de computadores. De forma intencional, esse levantamento ocorreu em fontes abertas, de textos e vídeos que tratassem sobre o emprego de veículos exclusivamente na Guerra da Ucrânia. As publicações mais recentes e atualizadas foram privilegiadas, tendo em vista a alteração do modo de condução da guerra ao longo do tempo. Publicações mais antigas corriam o risco de não refletir mais a realidade.

Houve basicamente três tipos de fontes: notícias e reportagens de jornais e revistas, como *Al Jazeera*, *Sputnik*, *BBC* e *Reuters*; matérias de revistas e sites especializados, como *War on the Rocks*, *European Secure and Defence*, *Atlantic Council*, *Modern War Institute* e *Chatham House*; além de relatórios de *think tanks*, como Center for Strategic and International Studies (CSIS), Royal United Services Institute (RUSI) e Institut Français de Relations Internationales (IFRI).

A análise foi estruturada em duas etapas. Primeiro, realizou-se uma revisão de literatura para estabelecer um arcabouço teórico, com base em conceitos de inovação, destacando-se a Revolução em Assuntos Militares. Em seguida, aplicou-se o estudo de caso para identificar como tem ocorrido o uso de drones na Guerra da Ucrânia e as principais implicações nas funções de combate, com a finalidade de identificar padrões e inferir interpretações.

3 TEORIAS DA INOVAÇÃO

Schumpeter (1997), em sua Teoria do Desenvolvimento Econômico (1997), apresentou uma nova razão para as descontinuidades cíclicas da economia, criando o conceito de "destruição criadora". Ele estabeleceu a correlação entre os períodos de prosperidade e a inovação realizada pelo empreendedor. Na medida em que as inovações tecnológicas surgem e obtêm êxito, outros

empreendedores passam a imitar o empreendedor inovador, produzindo uma onda de investimento e prosperidade (Costa, 1997, p. 11-12).

Schumpeter (1997, p. 78) caracteriza inovação como a introdução de um novo bem ou de uma nova qualidade de um bem, ou a introdução de um novo método de produção, que ainda não tenha sido testado, entre outras características. Isto é, a inovação incorre no surgimento de algo novo, na melhoria de algo já existente ou na criação de um processo novo para a produção de algo já existente.

As revoluções industriais são exemplos clássicos da teoria de Schumpeter. A Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, ainda em processo, está marcada pelo avanço da tecnologia em relação à Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*, em inglês), à ciência de dados, à *big data*, à computação em nuvem, à blockchain e à inteligência artificial, desenvolvimento que resulta em hiperautomação e hiperconectividade (Parashar *et al.*, 2023). A "dronização" é produto de um grupo de inovações oriundas da Indústria 4.0 (Tourret, 2025, p. 10).

Taylor (2023, p. 129) considera que há cinco pilares para fomentar a inovação em um país: direitos de propriedade intelectual, subsídios para pesquisa, educação e pesquisa universitária e política de mercado. Eles podem explicar até 90% das diferenças entre índices de inovação nacional (Taylor, 2023, p. 178), porém não são capazes de explicar todos os sucessos e fracassos de nações quanto à inovação (Taylor, 2023, p. 181).

Ainda segundo o autor, há uma forte correlação positiva entre a proteção nacional dos direitos de propriedade intelectual (Taylor, 2023, p. 143), os investimentos em Ciência e Tecnologia (C&T) (Taylor, 2023, p. 152), as pesquisas em universidades (Taylor, 2023, p. 166) e o índice de inovação de um país. Há uma limitada correlação positiva entre a educação nacional e o índice de inovação nacional; contudo, quando se refere ao ensino superior nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM – *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, em inglês), essa correlação positiva tende a ser mais significativa (Taylor, 2023, p. 158). A política de mercado, ou seja, a opção pelo protecionismo ou pelo livre mercado, apresenta a mais deficiente correlação com os índices de inovação de um país (Taylor, 2023., p. 176).

Por fim, Taylor (2023, p. 296) argumenta que as nações mais inovadoras são "as que planejam instituições e políticas para solucionar problemas com bens públicos que impedem o progresso de C&T". Isso significa reduzir custos de transação e de informação, mitigar riscos e oferecer bens coletivos não oferecidos pelo mercado, além de manter redes de relacionamento e de intercâmbio tanto domésticas quanto internacionais.

Mazzucato (2014), por outro lado, propugna que, muito mais que corrigir falhas que limitam as inovações, o Estado deve tornar-se empreendedor, sendo proativo e assumindo riscos ao financiar pesquisas com, ao mesmo tempo, grande possibilidade de insucesso e de inovação. Foi assim que o financiamento da Agência de Projetos de Pesquisa de Defesa Avançados (DARPA – *Defense Advanced Research Projects Agency*, em inglês) dos Estados Unidos possibilitou a invenção do Iphone pela Apple.

Hakmeh (2025) explica que, na Ucrânia, o governo tem exercido o papel mais de facilitador do que de controlador no processo de inovação em defesa. Em vez de depender somente dos processos tradicionais de inovação em defesa, o Estado ucraniano têm fomentado parcerias

público-privadas, modelo que contrasta com os de inovação prevalecentes em muitos países ocidentais, geralmente mais burocráticos, caracterizados por um estilo *top-down*.

O tema da inovação é objeto de fóruns e debates há algum tempo. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) publica, desde 1990, o Manual de Oslo sobre o assunto. A quarta edição (OECD, 2018) é a mais recente e define inovação como

> [...] um produto ou processo novo ou aperfeiçoado (ou uma combinação de ambos) que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores da unidade e que tem se tornado disponível para usuários potenciais (produto) ou colocado em uso pela unidade (processo) (OECD, 2018, p. 20, tradução nossa).

O termo unidade é usado genericamente para descrever o ator responsável pelas inovações (OECD, 2018, p. 20).

Para Posen (1984, p. 47), as principais causas de inovação de uma organização são: a falha, ou seja, algo errado que precisa ser corrigido; a pressão externa, como a de uma autoridade, para a modificação de processos ou produtos; e o desejo de expansão, para controle de uma insegurança no ambiente ou na obtenção de novos recursos.

As inovações, especialmente as tecnológicas, costumam ser classificadas em diferentes categorias, e nem todas apresentam o mesmo grau de impacto. As categorias mais comumente utilizadas são as de inovações incrementais e as de inovações radicais (Shestakov; Poliarush, 2019).

As inovações incrementais resultam do refinamento de tecnologias, produtos ou outras inovações já existentes. Elas costumam mudar o mundo gradualmente, sem causar mudanças dramáticas.

De modo contrário, as inovações radicais provocam uma alteração significativa em uma área particular e em muitas áreas da vida humana de forma simultânea, o que pode resultar em uma reestruturação meticulosa nos modelos de funcionamento de sistemas técnicos e sociais (Shestakov; Poliarush, 2019, p. 72).

4 A INOVAÇÃO NO MEIO MILITAR

No que concerne à inovação militar, esta se encontra no contexto da "mudança militar" (*military change*), definida por Farrell e Terriff (2002, p. 5) como "mudanças nos objetivos, estratégias e/ou estruturas de uma organização militar". A mudança militar não se confunde com inovação militar, já que a inovação é um dos três caminhos pelos quais as mudanças militares ocorrem, juntamente com a adaptação e a emulação (Farrell; Terriff, 2002, p. 6).

Para Farrell e Terriff (2002, p. 6), a inovação envolve o desenvolvimento de novas tecnologias militares, táticas, estratégias e estruturas. A adaptação, por sua vez, trata-se apenas de ajustar os meios militares e os métodos, e leva a uma inovação somente quando resulta em uma evolução destes. Já a emulação é a importação de instrumentos e modos de combater por meio da imitação de outras organizações.

Quando algum desses fenômenos ocorre apenas nos meios e nos métodos em níveis operacionais e táticos, sem implicar mudança nos objetivos, na estratégia organizacional ou na estrutura, eles não são consideradas de fato mudanças militares. Isto é, as mudanças militares ocorrem

por meio da inovação, da adaptação e da emulação, mas nem toda inovação, adaptação ou emulação resulta necessariamente em uma mudança militar.

Posen (1984, p. 56), por sua vez, afirma que novas tecnologias, quando não testadas em combate, raramente são catalisadoras de inovação doutrinária. Além disso, as inovações militares tendem a ser estimuladas nos países por meio de guerras combatidas por outros Estados a quem vendem suas armas. Contudo, a melhor forma de obter inovação é a experiência direta de combate com uma nova tecnologia.

Caldeira e Barbosa (2021) defendem que a gestão de inovação deve ser concretizada em ações objetivas e claras, que estejam sincronizadas com os ciclos de vida dos produtos de defesa e com os fatores geradores de capacidades. Contudo, Diniz e Tonelli (2024) observam que a cultura organizacional se configura como barreira à inovação.

Ainda na área militar, um produto ou processo, novo ou aperfeiçoado, pode, no modo de guerrear, ser considerado uma inovação militar ou uma inovação em defesa. As inovações em defesa podem ser tecnológicas e não tecnológicas. Estas últimas incluem as inovações doutrinárias e outras intangíveis, como princípios doutrinários, organizacionais, estratégicos e de táticas militares (Azevedo; Mesa, 2022, p. 267).

Grandes conflitos normalmente são terra fértil para inovações em defesa. A Guerra do Vietnã, por exemplo, trouxe uma reorientação fundamental na doutrina do exército dos Estados Unidos. A guerra do Yom Kippur, em 1973, entre Israel e Países Árabes, serviu para moldar a análise do que seria a guerra do futuro para o exército americano (Jensen, 2023, p. 45-47).

Quando se trata de inovação militar baseada em revolução tecnológica, vem à tona um conceito muito presente nos Estados Unidos, sobretudo na década de 1990: Revolução em Assuntos Militares (RMA), cujo maior defensor e expoente foi Andrew W. Marshall (Chapman, 2003, p. 2).

Os analistas, à época, acreditavam que o uso de sistemas de armas de alta tecnologia poderia ser decisivo em uma operação militar, e tinham uma alta expectativa sobre o impacto da Tecnologia da Informação no combate, o que poderia mudar a natureza da guerra (Cuoco, 2010, p. 2).

O conceito de RMA, embora tenha surgido no Ocidente no contexto da Primeira Guerra do Golfo, foi, na realidade, criado pelos teóricos soviéticos ainda na Segunda Guerra Mundial e retomada na década de 1970, com o nome de Revolução Militar-Tecnológica (MTR – *Military Technological Revolution*, em inglês) (Cuoco, 2010, p. 12; Martyanov, 2019, p. 71).

A definição de RMA não é consensual. Na verdade, existem várias escolas de pensamentos ou paradigmas sobre o tema, e o conceito em si enfrenta muitos críticos (Chapman, 2003, p. 2). No entanto, é possível identificar algumas ideias predominantes sobre esse conceito. Segundo O'Hanlon (2000, p. 7, tradução nossa),

> A tese da RMA sustenta que avanços adicionais em munições de precisão, disseminação de dados em tempo real e outras tecnologias modernas podem transformar a natureza da guerra futura e, com isso, o tamanho e a estrutura das forças armadas dos Estados Unidos.

Os defensores da RMA sustentam que as munições de precisão e as tecnologias de vigilância, inteligência e reconhecimento dariam às forças que as possuíssem o poder de dominar a informação sobre os inimigos. Os meios de movimentação rápidos e ataques de precisão permitiriam às

forças causar maior destruição àquelas que não os possuíssem. Dessa forma, o princípio da massa não seria mais o fator decisivo (Robinson, 2022, p. 66).

Para Gray (2002), a RMA é "uma mudança radical no caráter e na conduta da guerra", mas não na sua natureza, que é imutável (Gray, 2002, p. 4).

Cooper (1994, p. 12) distingue três tipos de RMA. O primeiro é impelido por uma nova tecnologia militar pura, dirigida por desenvolvimentos ou invenções tecnológicas e científicas fundamentais. É a mais comumente utilizada, trazendo uma percepção de que se trata de um fenômeno baseado em tecnologia, como ocorreu com as bombas nucleares e seus vetores intercontinentais.

O segundo tipo é impulsionado por inovações organizacionais e operacionais, sem enfatizar a parte tecnológica, para resolução de um problema estratégico, implicando mudanças na condução da guerra. Um exemplo seria a *blitzkrieg* alemã da Segunda Guerra Mundial.

O terceiro tipo é fomentado por mudanças sociais, políticas e econômicas, como foi na época de Napoleão. As mudanças geralmente ocorrem fora do domínio militar. Seria o que Knox e Murray (2009, p. 7) chamam de Revolução Militar.

As RMA produzem novas maneiras de destruir os oponentes e

> [...] exigem a montagem de uma mistura complexa de inovações táticas, organizacionais, doutrinárias e tecnológicas com a finalidade de implementar uma nova abordagem conceitual de fazer guerra ou para um sub-ramo especializado da guerra (Knox; Murray, 2009, p. 12, tradução nossa).

As RMA apresentam quatro características distintas. Primeiramente, a tecnologia exerce muito mais um papel de catalisador do que de direção nas RMA, ou seja, ela raramente é a causa principal do processo. Em segundo lugar, as RMA surgem a partir de soluções de problemas diretamente relacionados a questões táticas e operacionais em teatros de operações e inimigos específicos, não contra oponentes hipotéticos. Além disso, essas revoluções exigem um arcabouço de doutrina e conceitos coerentes e realistas baseados em experiências adquiridas em exercícios e experimentos. Por último, as RMA não substituem a estratégia, ao contrário, permanecem vinculadas e limitadas pelas suas condicionantes (Knox; Murray, 2009, p. 192-193).

Em suma, o processo da RMA normalmente se inicia com uma adaptação, geradora de um ensejo de inovação que, em último caso, gera uma Revolução em Assuntos Militares. A evolução da arte da guerra é um processo contínuo que incorpora inovações e RMA. Essas são algumas das principais premissas postuladas pelos teóricos da RMA, sobretudo após a Primeira Guerra do Golfo.

5 A INOVAÇÃO MILITAR NO EMPREGO DE DRONES NA GUERRA DA UCRÂNIA

O emprego de drones não foi algo inédito da Guerra da Ucrânia. No conflito entre Azerbaijão e Armênia em Nagorno-Karabakh, drones militares já estavam sendo usados. No entanto, a Guerra da Ucrânia foi a primeira grande guerra nos tempos recentes na qual oponentes quase equiparáveis se enfrentaram, diferentemente, por exemplo, da Guerra do Golfo,

em que claramente apenas um dos envolvidos tinha condições de aplicar suas inovações (Lieven, 2023).

O ineditismo da Guerra da Ucrânia foi o emprego de forma massiva de drones comerciais adaptados, sobretudo como vetores aéreos, utilizados nas mais diversas funções de combate. Em vez de depender de sistemas altamente sofisticados, a Ucrânia priorizou o baixo custo, a adaptabilidade e a economia de escala, o que tem desafiado a mentalidade convencional sobre tecnologia (Hakmeh, 2025).

Os drones comerciais, comprados em sua maior parte da China, eram inicialmente adaptados para uso militar. O principal modelo é conhecido como *first person view* (FPV), ou "visão em primeira pessoa", que geralmente se assemelha a um quadricóptero (Zoria, 2024). Isso permitiu uma "democratização" do poder aéreo (Slusher, 2025).

Os drones são considerados revolucionários por causa de três efeitos diretos que exercem nos conflitos militares e na política mundial: por serem pequenos, são mais difíceis de serem detectados por radares de outras aeronaves, têm custo acessível e baixa sofisticação tecnológica e, alguns acreditam, são capazes de eliminar o combate aproximado no campo de batalha devido à acessibilidade a ataques de precisão de longos alcances (Calcara *et al.*, 2022, p. 130).

A necessidade causada pela guerra, o baixo custo e a facilidade de montagem das peças dos drones fez com que a Ucrânia obtivesse grandes progressos em sua própria base industrial, de modo que já projeta, em 2025, construir 4,5 milhões de unidades (Tanghe, 2025). Isso tem sido potencializado com as impressoras 3D (Dass, 2024; Como [...], 2025a), indo além da montagem, com a produção no campo de batalha. Com a mesma facilidade com que é produzido, eles também são destruídos. Estima-se que a Ucrânia tenha perdido em torno de 10 dez mil unidades por mês em 2023, em razão de ataques russos (Artillery [...], [202-]).

A possibilidade de montar as suas peças "como um lego" permite que os drones sejam configurados com o tamanho, o peso e as peças necessárias para a missão que lhe for destinada, aumentando a probabilidade de sua eficácia (Cazalet, 2025). Desde o começo do conflito, os drones vêm evoluindo e tornando-se cada vez mais sofisticados, furtivos e letais.

No entanto, os drones táticos apresentam bastantes limitações (Jajcay, 2025). Entre 60 e 80% deles falham em acertar o alvo (Watling; Reynolds, 2025, p. 10). Apesar disso, estima-se que os VANT, em geral, já são responsáveis por mais de 70% das baixas em ambos os lados e por mais de 65% dos blindados russos destruídos (Ferguson, 2025; Slusher, 2025, p. 3).

Os drones tornaram-se ferramentas essenciais na guerra ao serem utilizados para vigilância, ataques de longo alcance e poder de fogo tático, de tal modo que a Ucrânia criou uma força armada de sistemas não tripulados sob comando único, a fim de harmonizar abordagens, estabelecer trabalhos conjuntos e tornar o emprego desses veículos mais efetivos em combate (Hodunova, 2025). A Rússia, por sua vez, criou uma nova força militar para supervisionar a produção, operação e teste de drones (Altman, 2025).

Todos os escalões de combate ucranianos têm VANT: pesados para bombardeio, leves e FPV. A maior parte das brigadas dispõem de uma companhia, um batalhão ou outra fração de emprego de drones para apoiar uma frente de 40 a 70 quilômetros (Watling; Reynolds, 2025, p. 10).

5.1 Os drones e a Revolução em Assuntos Militares

A guerra na Ucrânia expôs as limitações da RMA (Calcara *et al.*, 2022; Lieven, 2023; Robinson, 2022). Novas tecnologias estão sendo usadas para suplementar e reforçar os modos existentes de guerrear em vez de mudá-los (Robinson, 2022, p. 24).

Muito mais que uma revolução, os drones são uma parte da evolução do combate aéreo, cujos princípios fundamentais continuam a ser evitar a exposição ao fogo inimigo. Portanto, não cancelam as assimetrias entre as forças adversas, tampouco eliminam o combate aproximado (Calcara *et al.*, 2022, p. 131).

Os drones são capazes de funcionar como munições guiadas de precisão (PGM) (BAE [...], 2025). No entanto, diferentemente do que defendiam algumas pessoas, que veículos pequenos não tripulados PGM substituiriam as munições pesadas, como as de artilharia, o que vem ocorrendo é o contrário, o aumento da produção de munições pesadas no mundo todo (Fact [...], 2025).

De forma distinta das aeronaves, os drones, em particular o FPV, apresentam pouca restrição de uso, pois não precisam de infraestrutura para operar, como aeroportos, nem requerem elevadas quantidades de suprimento, como querosene para aviação. Ademais, têm custos de manutenção relativamente baixos ou insignificantes, e são dispensáveis, isto é, sua perda implica quase ou nenhuma consequência para quem o opera (Cazalet, 2025).

A inovação trazida pelo emprego de VANT não reduziu a necessidade de grandes forças militares. Na Guerra da Ucrânia, na qual há adversários de mesmo nível, tem sido confirmada a necessidade de recrutamento obrigatório e mobilização de voluntários, tanto no caso da Ucrânia como no da Rússia (Boechat, 2025; Kirby, 2025; Lieven, 2023).

Embora os drones e outras tecnologias avançadas tenham permitido à Ucrânia desafiar a Rússia de forma inesperada, eles ainda não substituíram a necessidade de poder militar tradicional. Em vez disso, são mais usados para complementá-lo como uma estratégia tecnológica adaptativa (Hakmeh, 2025), além de valerem-se do princípio da massa (Tourret, 2025, p. 5).

Por outro lado, algumas das previsões dos teóricos da RMA aconteceram. Grandes avanços tecnológicos advindos do emprego dos drones causaram impacto nas munições, nas comunicações e na inteligência, além de ter permitido uma melhor visualização do campo de batalha, aumentando a consciência situacional e tornando-se parte do processo decisório.

As vantagens dos contendores não foram obtidas, de fato, pelo uso de tecnologias individuais, mas pela capacidade de superar regularmente o inimigo no ciclo de inovação (Hakmeh, 2025). As vantagens tecnológicas normalmente são temporárias, uma vez que o adversário também se adapta às novas circunstâncias. Segue-se, assim, a concepção do princípio da ação e reação ou do desafio-resposta.

Um exemplo claro da guerra foi a inovação do emprego da guerra eletrônica na defesa antiaérea contra drones (Zafra *et al.*, 2024), que levou os combatentes a usarem drones com fibra óptica, a fim de permanecerem imunes a esse tipo de defesa (Walsh *et al.*, 2025). Esses drones estão sendo utilizados para destruir os aparelhos de guerra eletrônica e, assim, permitir a utilização de outros drones com outras finalidades (Fiber-optic [...], 2025).

Nesse sentido, aquele que conseguir utilizar primeiro uma inovação tecnológica permanecerá na vantagem durante o tempo necessário para o opositor reagir e reequilibrar o combate.

Para tanto, os processos de inovação, desenvolvimento e obtenção de produtos de defesa devem ser mais céleres e menos burocráticos (Cazalet, 2025; Hakmeh, 2025).

O ciclo de obsolescência é muito rápido. Ao longo do conflito, muitos armamentos tornam-se facilmente superados, particularmente quando se trata de comunicação, controle e guerra eletrônica em drones (Cazalet, 2025).

Desse modo, a substituição de tropas por veículos robóticos levanta importantes questões sobre aspectos éticos, legais e filosóficos (Calcara *et al.*, 2022, p. 130). O emprego de drones reduziu a exposição de vidas humanas ao risco nas operações a um custo de perda de material muito baixo e aumentou a precisão de acerto no alvo. Isso afeta diretamente a ética do decisor, uma vez que surgem outras nuances entre a escolha de preservar um ativo de alto valor e de prosseguir nas operações. O decisor terá à sua mão um armamento de baixo custo, em grande escala e com alta probabilidade de eficácia (Slusher, 2025, p. 3-4). Nesse contexto, poderá ficar mais propenso a tomar uma atitude ofensiva.

De fato, na Organização das Nações Unidas já existem discussões no contexto do direito internacional, ainda sem desfecho, , sobre os limites de robôs autônomos acerca da decisão sobre a vida ou a morte (Barini, 2025).

Por fim, devido ao seu custo baixo e à facilidade de produção e de operação, a utilização de drones como arma de guerra já se consolidou de forma que os produtos de defesa e as táticas de combate tenham que ser adaptadas.

A introdução de drones como arma de guerra, em especial os drones usualmente empregados de forma comercial, não foi capaz de alterar o caráter do conflito. Em vez de substituir princípios de guerra, eles têm potencializado as mais diversas funções de combate.

5.2 O emprego dos drones nas mais diversas funções de combate

Funções de combate compõem os elementos de poder de combate e são seis: comando e controle, movimento e manobra, inteligência, fogos, logística e proteção. As funções de combate são o conjunto de atividades, tarefas e sistemas relacionados (Brasil, 2019, p. 5-6).

Os drones, especialmente os aéreos, tornaram-se vetores que impactaram todas as funções de combate. A partir de estudos e relatos da Guerra da Ucrânia, cabe agora explicar como as inovações no campo da tática advieram desses vetores.

5.2.1 Comando e controle e inteligência

A função de combate comando e controle (C2) reúne atividades e tarefas que proporcionam ao comandante o exercício da autoridade e a direção das ações (Brasil, 2019, p. 5-6), sendo uma das funções mais impactadas com o advento dos drones.

A função de combate inteligência envolve atividades relacionadas à compreensão do ambiente operacional, das ameaças, dos oponentes, do terreno e das considerações civis, e executa as atividades de IRVA (Inteligência, Reconhecimento, Vigilância e Aquisição de Alvos) (Brasil, 2019, p. 5-6). Assim como o C2, a inteligência evoluiu bastante com o emprego massivo de drones em combate.

A proliferação de drones excedeu a capacidade de gestão de sistemas de C2 (Tourret, 2025, p. 13), em razão da observação em massa, sobretudo dentro de três quilômetros da linha de contato (Watling; Reynolds, 2025, p. 14), podendo levar a uma "sobrecarga de dados" (Obis, 2024). Essa proliferação também tem comprimido o ciclo OODA (Observar, Orientar, Decidir e Agir) (Baud, 2024), tornando-o mais rápido. Os VANT ainda têm se tornado plataformas para aumentar o alcance das comunicações (Slusher, 2025, p. 4).

No que concerne à aquisição de alvos, a inteligência eletrônica (ELINT – *electronic intelligence*, em inglês) e as medidas de suporte eletrônico (ESM – *electronic support measures*, em inglês) têm sido utilizadas para identificar drones hostis (Cazalet, 2025). Drones têm sido usados para reconhecimento em força, ou seja, para provocar a reação do inimigo a fim de entender melhor seu poder de combate e posicionamento, assim como têm sido usados como "iscas" para saturar a defesa inimiga antes do ataque principal (Watling; Reynolds, 2025, p. 15).

5.2.2 Movimento e manobra e fogos

A função de combate movimento e manobra está relacionada a deslocamento de forças, de modo a posicioná-las em situação de vantagem em relação às ameaças. Por seu turno, a função de combate fogos está relacionada ao emprego coletivo e coordenado de fogos cinéticos (ou seja, com munições) e não cinéticos (como guerra eletrônica, ataque cibernético e operações psicológicas) (Brasil, 2019, p. 5-6).

Um projeto da Ucrânia resultou em uma doutrina de defesa conhecida como *drone line* (linha de drones, em inglês) ou *drone wall* (muro de drone, em inglês) (Dickinson, 2025; Kirichenko, 2025). No contexto da guerra de trincheiras em que o conflito se tornou, a Ucrânia pretende manter uma área de 15 a 20 quilômetros, repleta de drones FPV, com a finalidade de estabelecer uma *kill zone* (área de engajamento). Quem não estiver em uma trincheira provavelmente será morto. Os combatentes, portanto, não saem da toca para atirar ou lançar granadas; eles basicamente mantêm o terreno. Dessa forma, não há muita observação a partir das trincheiras, em razão do alto risco de virar alvo (Cazalet, 2025).

A linha de drones tem forçado uma evolução nas ações ofensivas das tropas em contato. Os exércitos estão usando motocicletas e *buggies* (Segura, 2024) por serem mais rápidos e de detecção mais difícil que veículos blindados. A tática consiste em conquistar uma linha de defesa à retaguarda das tropas inimigas a fim de cortar a linha de suprimento. O custo de perda de uma equipe em uma moto é menor que a perda de um grupo em um veículo blindado de transporte de pessoal. Além disso, a moto é mais barata e requer uma tripulação menor (Cazalet, 2025).

No que tange aos fogos, os drones têm sido empregados de diversas maneiras, sobretudo combinados com a artilharia. Eles são usados para auxiliar na identificação de alvos, condução de fogos e avaliação de danos (Zafra *et al.*, 2024). Também são usados como munições, conhecidos como drones camicazes, seja como munições vagantes (*loitering munition*) – quando ficam pairando pelo ar à espera do alvo – ou OWA (*one way attack* – ataque unidirecional, em tradução livre) – quando são lançados com objetivo específico de ataque. Os drones permitem a utilização em larga escala de PGM.

O emprego dos drones não substitui a artilharia. Pelo contrário, potencializa a função de combate fogos. Vale lembrar que a artilharia é uma "arma de área". O emprego dos drones

depende das condições climáticas, do tempo de bateria, da luminosidade, da disponibilidade de frequências de rádio e é vulnerável à guerra eletrônica. Tudo isso pode torná-los inoperantes. Logo, eles não são mais adequados como elemento de supressão (Artillery [...], [202-]; Jajcay, 2025).

Em relação a fogos não cinéticos, os drones têm sido utilizados predominantemente de duas maneiras. A primeira delas é um efeito colateral: o seu som ativa efeitos psicológicos (Pino; Pettigrew, 2024). A segunda é que sua capacidade de filmar as ações que ocorrem na guerra está sendo usada para a operações de informações, por meio de publicações de vídeos em redes sociais, com a finalidade de moldar a opinião pública (Atherton, 2022).

5.2.3 Proteção e logística

A proteção contra drones integrou definitivamente a guerra eletrônica à defesa antiaérea (Watling; Reynolds, 2025, p. 18). Com isso em mente, os equipamentos de guerra eletrônica tornaram-se alvos prioritários, a serem neutralizados antes de outros, por artilharia ou por drones com fibra óptica (Watling; Reynolds, 2025, p. 10).

Blindados e demais viaturas têm sido adaptados ao longo da guerra com o acréscimo de gaiolas para proteção antidrones (Altman, 2024; Saballa, 2025a). Mesmo os drones estão recebendo gaiolas para proteção contra outros drones (Axe, 2025). A preocupação com a defesa antiaérea alcançou o nível mais baixo nos escalões militares, trazendo às menores unidades táticas a complexidade do combate no domínio aéreo (Salinas; Askew; Levay; 2025).

A logística no nível tático tornou-se um grande desafio, tendo em vista a grande exposição a drones. Ambos os países estão cobrindo com redes antidrones as suas principais rotas de suprimentos e instalações logísticas (Russia [...], 2025; Ukraine [...], 2025; Vergnes, 2025). A Ucrânia tem usado redes de pesca para proteger suas principais estradas (Walsh *et al.*, 2025).

Por outro lado, os drones também possibilitaram o suprimento de peças, munições (Tourret, 2025, p. 12) e mesmo de ração quente para elementos apoiados dispersos usando VANT, reduzindo o risco de exposição (Walsh *et al.*, 2025). No entanto, o peso continua sendo um limitador para esse método, o que torna complicado o ressuprimento de materiais mais pesados. A parte ucraniana desse conflito costuma limitar a quantidade de suprimento a dez quilogramas (Walsh *et al.*, 2025). Os veículos autônomos terrestres ainda não são tão confiáveis para esse tipo de tarefa. Da mesma forma, a evacuação de feridos também é um desafio, pois precisa ser apoiada por fogos e guerra eletrônica (Watling; Reynolds, 2025, p. 17). Além disso, veículos blindados de transporte pessoal, como o M113, têm se tornado indispensáveis para logística e apoio de saúde mais cerrado (Watling; Reynolds, 2025, p. 21).

6 IMPLICAÇÕES PARA A EVOLUÇÃO DA DOUTRINA MILITAR TERRESTRE

A partir da análise do emprego de drones na Guerra da Ucrânia, é possível visualizar algumas implicações para a evolução da doutrina militar terrestre.

A automação do material bélico não substituirá o "exército de humanos". O recrutamento tem se mantido constante em ambos os países ao longo do conflito (Boechat, 2025; Kirby, 2025; Lieven, 2023). Contudo, o surgimento do *drone wall* (Cazalet, 2025) demonstra que drones poderão ser empregados em determinadas áreas de operações, reduzindo a presença de humanos.

Um novo perfil de soldado deve ser capaz de lidar com essa nova tecnologia. Não se trata somente de saber operar o aparelho, mas de compreender como processar os produtos advindos de seu emprego. Os drones, sobretudo os FPV, são acessíveis a qualquer combatente. Não se espera mais que ele seja somente um atirador, mas que esteja preparado para a produção de dados de inteligência, para a condução de tiros e que tenha conhecimentos básicos de defesa antiaérea e de guerra eletrônica (Salinas; Askew; Levay; 2025).

No mesmo contexto, as funções de combate deverão estar cada vez mais integradas. Todas as especialidades de militares devem compreender todas as funções de combate, evitando que determinada função de combate seja algo exclusivo de determinada especialidade. Como visto, a guerra eletrônica foi totalmente integrada ao planejamento de defesa antiaérea. O processo de aquisição de alvos foi "democratizado" (Fiber-optic [...], 2025; Zafra *et al.*, 2024). A função de combate proteção, especialmente contra drones, é inerente a todas as especialidades.

Vale lembrar que todo armamento inovador gera uma nova doutrina, assim como gera uma "antidoutrina", ou seja, a sua antítese. Em um conflito prolongado em que há paridade de poder de combate, um exército geralmente obterá vantagem com um armamento inovador somente durante o período em que o adversário se adapta à nova mudança (Hakmeh, 2025). Dessa forma, o estímulo à inovação, sobretudo à adaptação, ao longo do conflito deve fazer parte da ação de comando.

Os atuais blindados e outros equipamentos de defesa devem ser adaptados para a proteção antidrone, como a colocação de gaiolas (Altman, 2024; Saballa, 2025a).

É um engano confiar totalmente no emprego de drones em detrimento de outros armamentos mais tradicionais. Os drones apresentam suas limitações e não são capazes de substituir, por exemplo, fogos de morteiro e de artilharia (Artillery [...], [202-]; Zoria, 2024).

A capacidade de produção de peças em impressoras 3D no campo de batalha é algo que deve ser pensado. A possibilidade de produzir e montar, na zona de combate, drones customizados para a missão que será cumprida reduz o esforço logístico e reduz o tempo de resposta (*lead time*) (Dass, 2024; Como [...], 2025a).

A quantidade de informações obtidas pelos drones pode levar a uma "sobrecarga de dados" (Obis, 2024), impactando no ciclo OODA (Baud, 2024). Assim sendo, os decisores precisarão estar cada vez mais preparados para lidar com enorme quantidade de dados a um tempo relativamente curto. É interessante que tenham noção de como utilizar ciência de dados, aprendizagem de máquina (*machine learning*) e inteligência artificial, entre outras ferramentas, a seu favor.

Por outro lado, a sobrecarga de dados dos decisores pode causar um "paradoxo de escolha" (quando há inúmeras opções), levando a uma "paralisia de análise". Portanto, os comandantes e Estados-maiores deverão ser formados para ter "clareza no pensamento" (Forester, 2023).

Quanto à inteligência artificial, a sua aplicação em drones potencializa o emprego deste vetor, tornando-os autônomos e mais eficazes (Como [...], 2025b; Hakmeh, 2025; Stepanenko, 2025, p. 1). É interessante, portanto, que se mantenham pesquisas de desenvolvimento de integração de inteligência artificial em drones para uso militar.

No que concerne à escolha de drones comerciais para emprego na Guerra da Ucrânia, isso se deu muito em virtude do custo acessível e baixa sofisticação tecnológica dos produtos (Calcara *et al.*, 2022, p. 130). Dessa forma, é necessário avaliar se é mais vantajoso investir em equipamentos com alta tecnologia ou em equipamentos menos sofisticados (Baud, 2024).

É oportuno pensar em alterar os quadros organizacionais de todas as unidades militares, incluindo as de apoio, a fim de prever frações ou claros com habilitação em operação de drones. Da mesma forma, as forças armadas devem verificar a necessidade de se criar unidades especializadas em drones, seguindo o exemplo da aviação (Hodunova, 2025; Russias's [...], 2025).

A possibilidade de redução de exposição de vidas humanas ao risco nas operações a um custo de perda de material muito baixo, juntamente com o aumento de probabilidade de eficácia no acerto do alvo, pode tornar o decisor mais propenso a uma atitude ofensiva com o uso de drones (Slusher, 2025, p. 3-4). Isso tem o potencial de suscitar questões éticas e morais (Calcara *et al.*, 2022, p. 130). A automação na guerra permite a ocorrência de muitos danos sem a perda de vidas e sem o dano produzido por uma bomba atômica. Isso provavelmente influenciará a ética do decisor e da sociedade no momento de escolher a guerra como instrumento para impor sua vontade.

Foram apresentadas aqui algumas possíveis implicações para a doutrina militar terrestre acerca do emprego de drones na Guerra da Ucrânia. Buscou-se que não fossem de modo algum exaustivas, mas exemplificativas, de modo que se possa contribuir para o debate e o aprofundamento nas pesquisas.

7 CONCLUSÃO

Este artigo analisou o impacto do uso de drones, especialmente VANTs, na Guerra da Ucrânia, com o objetivo de compreender suas implicações para a evolução da doutrina militar terrestre. Por meio de um estudo de caso único, centrado no conflito como um "laboratório de inovação militar", foi possível identificar que os drones representam uma evolução significativa na arte da guerra, mas não uma RMA.

A análise revelou que os drones, particularmente os comerciais adaptados, potencializaram todas as funções de combate – comando e controle, inteligência, fogos, movimento e manobra, proteção e logística –, mas não alteraram o caráter fundamental da guerra. Os drones complementam, em vez de substituir, armamentos tradicionais, como a artilharia.

A metodologia empregada neste estudo foi estruturada como um estudo de caso único, conforme definido por Yin (2001), com o emprego de drones na Guerra da Ucrânia como unidade de análise. A coleta de dados explorou documentos, reportagens e relatórios de *think tanks* para identificar padrões e inferir interpretações sobre o impacto dos drones.

O estudo destacou que os drones proporcionaram avanços notáveis, como maior consciência situacional, ataques de precisão e redução de riscos a vidas humanas, mas também expuseram limitações em seu emprego, como a alta taxa de falhas, dependência de condições climáticas e vulnerabilidade ante a guerra eletrônica.

A Guerra da Ucrânia demonstrou a importância de processos ágeis de inovação, os quais permitiram à Ucrânia superar temporariamente assimetrias com a Rússia, evidenciando a relevância da adaptação contínua em conflitos prolongados.

Por outro lado, a análise confirmou que os drones não eliminaram a necessidade de grandes forças militares, desafiando premissas tradicionais da RMA, como a substituição de exércitos numerosos por unidades menores e mais letais.

Ainda é cedo para se analisar todas as consequências do conflito em andamento na evolução da arte da guerra. Contudo, este artigo tem o potencial de contribuir para o debate acerca do tema, uma vez que é capaz de propor algumas bases para pesquisas mais aprofundadas.

REFERÊNCIAS

AKSENOV, P.; CHERNYSH, O.; HOWELL, J. Como o conflito na Ucrânia está mudando como se faz guerra. **BBC**, [*s. l.*], 23 nov. 2024. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/articles/c5yg552dvzyo. Acesso em: 4 mai. 2026.

ALTMAN, H. Russia adds anti-drone 'cope cages' to all-terrain buggies, motorcycles. **TWZ**, [*s. l.*], 4 jun. 2024. Disponível em: https://www.twz.com/news-features/russia-adds-anti-drone-cope-cages-to-all-terrain-buggies-motorcycles. Acesso em: 21 jul. 2025.

ALTMAN, H. Russia Creates New Military Branch Dedicated to Drone Warfare. **TWZ**, [*s. l.*], 13 nov. 2025. Disponível em: <https://www-twz-com.translate.goog/news-features/russia-creates-new-military-branch-dedicated-to-drone warfare?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc> Acesso em: 15 jun. 2026.

Análise: Operação Teia de Aranha não foi o "Pearl Harbor" de Putin, mas deve impor custos elevados ao Kremlin. **InfoMoney**, [*s. l.*], 3 jun. 2025. Disponível em: https://www.infomoney.com.br/mundo/analise-operacao-teia-de-aranha-foi-o-pearl-harbor-de-putin/. Acesso em: 5 maio 2026.

ARTILLERY vs strike drones. **Calibre Defence**, [*s. l.*], [202-]. Disponível em: https://www.calibredefence.co.uk/artillery-vs-strike-drones/. Acesso em: 5 jul. 2025.

ATHERTON, K. D. How drones in Ukraine help fuel propaganda and shape perception. **The Center for Public Integrity**, [*s. l.*], 26 mar. 2022. Disponível em: http://publicintegrity.org/national-security/ukraine-in-crisis/how-drones-in-ukraine-help-fuel-propaganda-and-shape-perception/. Acesso em: 4 maio 2026.

AXE, D. Ukraine is adding anti-drone cages to drones. **Forbes**, [*s. l.*], 14 maio 2025. Disponível em: https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2025/05/14/ukraine-is-adding-anti-drone-cages-to-drones/. Acesso em: 21 jul. 2025.

AZEVEDO, C. E. F.; MESA, A. F. Inovações tecnológicas e organizacionais (doutrinárias) em defesa: um modelo conceitual. *In*: AZEVEDO, C. E. F.; RAMOS, C. E. F. (orgs.). **Estudos de defesa**: inovação, estratégia e desenvolvimento industrial. Rio de Janeiro: FGV, 2022. p. 260-294.

BAE Systems realiza lançamento inédito de munição guiada a partir de drone multirrotor. **Tecnologia e defesa**, [*s. l.*], 17 jul. 2025. Disponível em: https://tecnodefesa.com.br/bae-systems-realiza-lancamento-inedito-de-municao-guiada-a-partir-de-drone-multirrotor/. Acesso em: 30 jul. 2025.

BARINI, F. A guerra no século XXI: com drones e robôs autônomos, evolução no campo de batalha desafia direito internacional. **O Globo**, [*s. l.*], 27 jul. 2025. Disponível em: https://oglobo.

globo.com/mundo/especial/a-guerra-no-seculo-xxi-com-drones-e-robos-autonomos-evolucao-no-campo-de-batalha-desafia-direito-internacional.ghtml. Acesso em: 4 maio 2026.

BAUD, J. **The Russian art of war**: how the West led Ukraine to defeat. [*s. l.*]: Max Milo, 2024.

BARBOSA, F. G. F. T.; CALDEIRA, A. B. Desafios da inovação como estratégia para a geração de capacidades militares terrestres. **Coleção Meira Mattos**, v. 15, n. 54, p. 273-293, 2021.

BENDETT, S. Roles and implications of AI in the Russian-Ukrainian conflict. **Russia Matters**, [*s. l.*], 20 jul. 2023. Disponível em: https://www.russiamatters.org/analysis/roles-and-implications-ai-russian-ukrainian-conflict. Acesso em: 23 jun. 2025.

BOECHAT, Y. Ucrânia quer mais brasileiros lutando em suas trincheiras. **Deutsche Welle**, [*s. l.*], 23 abr. 2025. Disponível em: https://www.dw.com/pt-br/ucr%C3%A2nia-quer-mais-brasileiros-lutando-em-suas-trincheiras/a-72316590. Acesso em: 4 maio 2026.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD35-G-01**: Glossário das Forças Armadas. 5. ed. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2015.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.214**: Manual de campanha: vetores aéreos da força terrestre. 2. ed. Brasília, DF, 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. – Estado-Maior do Exército. **EB20-MF-10.102**: Manual de fundamentos: doutrina militar terrestre. 2. ed. Brasília, DF, 2019.

CALCARA, A. *et al*. Why drones have not revolutionized war: the enduring hider-finder competition in air warfare. **International Security**, v. 46, n. 4, p. 130-171, 2022. DOI: https://doi.org/10.1162/isec_a_00431

CAZALET, M. Beyond the drone line: lessons from the drone war in Ukraine. **European Security & Defence**, Bonn, 9 jun. 2025. Disponível em: https://euro-sd.com/2025/06/articles/44741/beyond-the-drone-line-lessons-from-the-drone-war-in-ukraine/. Acesso em: 28 jun. 2025.

CHAPMAN, G. An introduction to the revolution in military affairs. *In*: Amaldi Conference on Problems in Global Security, ED., local, data. Ed. 15, Helsinki: 2003 **Anais** [...]. Austin: University of Texas, 2003. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/An-Introduction-to-the-Revolution-in-Military-Chapman/76feaa7bf299c35ecc930948015ee7f327a150ec. Acesso em: 23 jun. 2025

COOPER, J. R. Another view of the revolution in military affairs. *In*: FIFTH ANNUAL STRATEGY CONFERENCE, 1994, Carlisle Barracks. **Proceedings** [...]. Carlisle Barracks: US Army War College Press, 1994. Disponível em: https://press.armywarcollege.edu/monographs/257/. Acesso em: 16 jun. 2025.

COMO as impressoras 3D de metal estão mudando a guerra moderna na Ucrânia. [*s. l.: s. n.*], 2025a. 1 vídeo (12 min). Publicado pelo canal **Wes O'Donnell**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=vm9Dl_ACSxk. Acesso em: 24 jul. 2025

COMO os drones de IA alemães estão mudando a guerra na Ucrânia! [*s. l.: s. n.*], 2025b. 1 vídeo (11 min). Publicado pelo canal **Wes O'Donnell**. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3kPy9-BJLeM. Acesso em: 22 jul. 2025

COSTA, R. V. Introdução. *In*: SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1997. p. 1-13. (Coleção Os economistas).

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research Design**: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 5. ed. Thousand Oaks: Sage, 2018.

CUOCO, C. A. **The revolution in military affairs**: theoretical utility and historical evidence. Athens: Research Institute for European and American Studies, 2010.DASS, R. 3D-Printing in conflict zones: a game-changer? **Global Network on Extremism and Technology (GNET)**, [*s. l.*], 14 oct. 2024. Disponível em: https://gnet-research.org/2024/10/14/3d-printing-in-conflict-zones-a-game-changer/. Acesso em: 29 jun. 2025.

DICKINSON, Peter. **Ukraine's drone wall is Europe's first line of defense against Russia**. Disponível em: https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/ukraines-drone-wall-is-europes-first-line-of-defense-against-russia/ Acesso em: 5 jul. 2025.

DINIZ, D.; TONELLI, D. Inovação organizacional no contexto militar: paradigmas influentes e lacunas de pesquisa no avanço do setor de defesa. **Coleção Meira Mattos**, v. 18, n. 62, p. 289-306, 2024. DOI: https://doi.org/10.52781/cmm.a134

Fact sheet on efforts of Ukraine defense contact group national armaments directors. **US Department of War**, 10 jan. 2025. Disponível em: https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/4026238/fact-sheet-on-efforts-of-ukraine-defense-contact-group-national-armaments-direc/. Acesso em: 28 jun. 2025.

FARRELL, T.; TERRIFF, T. (ed.). **The sources of military change**: culture, politics, technology. [*s. l.*]: Lynne Rienner Publishers, 2002.

FERGUSON, C. Drones rack up 70% of troop losses in the Ukraine war – and AI's killing spree will make it worse. **Euromaidan**, [*s. l.*], 14 jun. 2025. Disponível em: https://euromaidanpress.com/2025/06/14/drones-rack-up-70-of-troop-losses-in-the-ukraine-war-and-ais-killing-spree-will-make-it-worse/. Acesso em: 28 jun. 2025.

Fiber-optic drones: can they change Russian-Ukrainian war? **Espreso**, [*s. l.*], 2 jan. 2025. Disponível em: https://global.espreso.tv/military-news-fiber-optic-drones-can-they-change-russian-ukrainian-war. Acesso em: 5 maio 2026.

FORESTER, B. Toward the data-driven army of 2040: avoiding analysis paralysis and harnessing the power of analytics. **Modern War Institute at West Point**, 17 maio 2023. Disponível em: https://mwi.westpoint.edu/toward-the-data-driven-army-of-2040-avoiding-analysis-paralysis-and-harnessing-the-power-of-analytics/. Acesso em: 5 maio 2026.

GORMEZANO, D. Drone warfare stalls progress on Ukraine's front line. **France 24**, [*s. l.*], 14 fev. 2025. Disponível em: https://www.france24.com/en/europe/20250214-drone-warfare-stalls-progress-on-ukraine-s-front-line. Acesso em: 5 maio 2026.

GRAY, Colin S. **Strategy for Chaos**: Revolutions in Military Affairs and the Evidence of History. London: Frank Cass, 2002.

HAKMEH, J. What Ukraine can teach Europe and the world about innovation in modern warfare. **Chatham House**, [*s. l.*], 5 mar. 2025. Disponível em: https://www.chathamhouse.org/2025/03/what-ukraine-can-teach-europe-and-world-about-innovation-modern-warfare. Acesso em: 14 jun. 2025.

HECHT, E. Drones in the Nagorno-Karabakh war: analyzing the data. **Military Strategy Magazine**, v. 7, n. 4, p. 31-37, 2022. DOI: https://doi.org/10.64148/msm.v7i4.5

HODUNOVA, K. Ukraine unites Unmanned Systems Forces with top "Drone Line" units under new command group. **The Kyiv Independent**, [*s. l.*], 20 jun. 2025. Disponível em: https://kyivindependent.com/ukraine-creates-new-grouping-of-unmanned-systems-forces/. Acesso em: 5 maio 2026.

IISS – INTERNATIONAL INSTITUTE FOR STRATEGIC STUDIES. **The Military Balance 2024**. London: Routledge, 2024.

JAJCAY, J. I fought in Ukraine and here's why FPV drones kind of suck. **War on the rocks**, [*s. l.*], 26 jun. 2025. Disponível em: https://warontherocks.com/2025/06/i-fought-in-ukraine-and-heres-why-fpv-drones-kind-of-suck/. Acesso em: 22 jul. 2025.

JENSEN, B. M. **Forjando a espada**: evolução da doutrina do Exército dos Estados Unidos. Rio de Janeiro: BIBLIEx, 2023.

KIRBY, P. Putin dá início à maior convocação militar da Rússia em mais de uma década. **BBC**, [*s. l.*], 1º abr. 2025. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/articles/c985y019200o. Acesso em: 29 jun. 2025.

KIRICHENKO, D. Ukraine's drone wall is Europe's first line of defense against Russia. **Atlantic Council**, [*s. l.*], 2 jul. 2025. Disponível em: https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/ukraines-drone-wall-is-europes-first-line-of-defense-against-russia/. Acesso em: 5 jul. 2025.

KNOX, M.; MURRAY, W. **The dynamics of military revolution, 1300-2050**. New York: Cambridge University Press, 2009.

LIEVEN, A. Ukraine's paradoxical lessons for the future of warfare. **Responsible Statecraft**, [*s. l.*], 14 jun. 2023. Disponível em: https://responsiblestatecraft.org/2023/06/14/ukraines-paradoxical-lessons-for-the-future-of-warfare/. Acesso em: 5 maio 2026.

MARTYANOV, A. **The (real) revolution in military affairs**. Atlanta: Clarity Press, 2019.

MAZZUCATO, M. **O Estado empreendedor**: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MOZUR, P.; HOPKINS, V. Guerra de drones da Ucrânia esbarra em obstáculo inédito: China não coopera. **Estadão**, São Paulo, 27 nov. 2023. Disponível em: https://www.estadao.com.br/internacional/guerra-de-drones-da-ucrania-esbarra-em-um-obstaculo-a-falta-de-cooperacao-da-china/. Acesso em: 5 maio 2026. OBIS, A. Army faces data overload but LLMs are not the answer. **Federal News Network**, [*s. l.*], 3 jul. 2024. Disponível em: https://federalnewsnetwork.com/army/2024/07/army-faces-data-overload-but-llms-are-not-the-answer/. Acesso em: 5 maio 2026.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT; EUROSTAT. **Oslo Manual 2018**: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. 4. ed. Paris: OECD Publishing; Luxembourg: Eurostat, 2018.

O'HANLON, M.. **Technological change and the future of warfare**. Washington, DC: Brookings Institution Press, 2000.

PARASHAR, B. *et al*. Foundation concepts for industry 4.0. *In*: NAYYAR, A.; NAVED, M.; RAMESHWAR, R. (eds.). **New horizons for industry 4.0 in modern business**. Cham: Springer, 2023. p. 51-68.

PINO, A.; PETTIGREW, S. Drones having psychological impact on soldiers. **Red Diamond**, [*s. l.*], 11 dec. 2024. Disponível em: https://g2webcontent.z2.web.core.usgovcloudapi.net/OEE/Red%20Diamond/TRADOC_11DEC2024_Drone_Psychological_Impact_Peno_Pettigrew.pdf. Acesso em: 5 maio 2026.

POSEN, B. R. **The sources of military doctrine**: France, Britain, and Germany between the world wars. London: Cornell University Press, 1984.

ROBINSON, P. The Russia-Ukraine conflict and the (un)changing character of war. **Journal of Military and Strategic Studies**, v. 22, n. 2, p. 65-88, 2022.

RUSSIA and Ukraine trade biggest drone attacks of conflict. **Al Jazeera**, 10 nov. 2024. Disponível em: https://www.aljazeera.com/news/2024/11/10/russia-and-ukraine-trade-biggest-drone-attacks-of-conflict. Acesso em: 23 jun. 2025.

RUSSIA deploy anti-drone nets along critical supply routes in Donetsk. [*s. l.: s. n.*], 2025. 1 vídeo (10 min). Publicado pelo canal Kanal13. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=2Il7f-g8lqo. Acesso em: 21 jul. 2025.

SABALLA, J. British army considering modifying challenger 2 tanks with 'cope cages.' **The Defense Post**, [*s. l.*], 29 jan. 2025a. Disponível em: https://thedefensepost.com/2025/01/29/british-army-challenger-cages/. Acesso em: 5 maio 2026.

SABALLA, J. Russia matches NATO's yearly ammo output in just three months: Rutte. **The Defense Post**, [*s. l.*], 12 jun. 2025b. Disponível em: https://thedefensepost.com/2025/06/12/russia-nato-ammo-output/. Acesso em: 5 maio 2026.

SALINAS, A.; ASKEW, M.; LEVAY, J. P. The meaning of drone-enabled infantry striking beyond line of sight. **War on the rocks**, [*s. l.*], 23 jun. 2025. Disponível em: https://warontherocks.com/2025/06/the-meaning-of-drone-enabled-infantry-striking-beyond-line-of-sight/. Acesso em: 22 jul. 2025.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1997. (Coleção Os economistas).SEGURA, C. Exército russo aposta em motos e buggies para ataques-relâmpago no front de guerra na Ucrânia. **O Globo**, [*s. l.*], 20 jun. 2024. Disponível em: https://oglobo.globo.com/mundo/noticia/2024/06/20/exercito-russo-aposta-em-motos-e-buggies-para-ataques-relampago-no-front-de-guerra-na-ucrania.ghtml. Acesso em: 5 jul. 2025.

SHESTAKOV, D.; POLIARUSH, O. The degree of innovation: through incremental to radical. **Investytsiyi: praktyka ta dosvid**, v. 11, p. 66-75, 2019.SLUSHER, M. Lessons from the Ukraine conflict: modern warfare in the age of autonomy, information, and resilience. **CSIS**, [*s. l.*], 2 maio 2025. Disponível em: https://www.csis.org/analysis/lessons-ukraine-conflict-modern-warfare-age-autonomy-information-and-resilience. Acesso em: 2 jul. 2025.

SPUTNIK. **Russia's ground drones: the game-changers reshaping warfare**. [*s. l.*], 4 mar. 2025. Twitter: @SputnikInt. Disponível em: https://x.com/sputnikint/status/1896937964103725113?s=48&t=MzCB_v-I4wB4bpe1ko4p3w. Acesso em: 6 mar. 2025.

STEPANENKO, K. The battlefield AI revolution is not here yet: the status of current russian and ukrainian ai drone efforts. **Institute for the Study of War**, [*s. l.*], 2 jun. 2025. Disponível em: https://understandingwar.org/backgrounder/battlefield-ai-revolution-not-here-yet-status-current-russian-and-ukrainian-ai-drone. Acesso em: 28 jun. 2025.

TANGHE, M. Russia assails Ukraine's drone wall. **CEPA**, [*s. l.*], 4 jun. 2025. Disponível em: https://cepa.org/article/russia-assails-ukraines-drone-wall/. Acesso em: 28 jun. 2025.

TAYLOR, M. Z. **Políticas de inovação**: porque alguns países são melhores que outros em Ciência & Tecnologia. Rio de Janeiro: BIBLIEx, 2023.

THE RUSSIA-UKRAINE drone war: innovation on the frontlines and beyond. [*s. l.: s. n.*], 2025. 1 vídeo (55 min). Publicado pelo canal CSIS – Center for Strategic and International Studies. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=WvSY973xWig. Acesso em: 5 maio 2026.

TOURRET, V. **Design, destroy, dominate**. The mass drone warfare as a potential military revolution. Paris: IFRI, 2025.UKRAINE covers frontline roads with anti-drone nets. **RFI**, 15 jul. 2025. Disponível em: https://www.rfi.fr/en/international-news/20250715-ukraine-covers-frontline-roads-with-anti-drone-nets. Acesso em: 16 jun. 2026.

UKRAINE DEFENSE SUPPORT. **How to buy drones for Ukraine**. Disponível em: https://ukrainedefensesupport.org/wp-content/uploads/2023/12/How-to-buy-drones-for-Ukraine.pdf. Acesso em: 17 fev. 2025.

VAN CREVELD, M. **Technology and war**: from 2000 b.c. to the present. New York: The Free Press, 1991.

VERGNES, F. **Ukraine covers frontline roads with anti-drone nets**. Disponível em: https://www.nbcrightnow.com/national/ukraine-covers-frontline-roads-with-anti-drone-nets/article_08cf436c-ae07-57ee-b949-b5ac36e7be68.html. Acesso em: 21 jul. 2025.

WALSH, N. P. *et al*. Ukraine's fishing net defense against high-tech threat shows the challenges for Kyiv to respond to Russia's summer offensive. **CNN**, [*s. l.*], 29 jul. 2025. Disponível em: https://edition.cnn.com/2025/07/29/europe/ukraines-fishing-nets-drones-russia-latam-intl. Acesso em: 5 maio 2026.

WATLING, J.; REYNOLDS, N. Tactical developments during the third year of the Russo–Ukrainian War. **RUSI**, [*s. l.*], 14 feb. 2025. Disponível em: https://www.rusi.org/

explore-our-research/publications/special-resources/tactical-developments-during-third-year-russo-ukrainian-war. Acesso em: 4 jul. 2025.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZAFRA, M. *et al*. How drone combat in Ukraine is changing warfare. **Reuters**, [*s. l.*], 26 mar. 2024. Disponível em: https://www.reuters.com/graphics/UKRAINE-CRISIS/DRONES/dwpkeyjwkpm/. Acesso em: 5 maio 2026.

ZORIA, Y. Expert: FPV drones can not replace artillery but are comparable with battalion mortar systems. **Euromaidan**, [*s. l.*], 19 jan. 2024. Disponível em: https://euromaidanpress.com/2024/01/19/expert-fpv-drones-can-not-replace-artillery-but-are-comparable-with-battalion-mortar-systems/. Acesso em: 28 jun. 2025.