

Inteligência Artificial e Drones Militares: o futuro da guerra

Professor Ricardo Borges Gama Neto¹

Resumo

O artigo **Inteligência Artificial e Drones Militares: o futuro da guerra** é um ensaio exploratório sobre a integração entre drones e inteligência artificial (IA), analisando suas origens, usos e implicações para a guerra contemporânea. A texto destaca que tanto os drones quanto a IA têm aplicações civis e militares, mas ganham relevância crescente no campo bélico pela capacidade de alterar táticas e estratégias de combate. A primeira parte revisita a história dos drones, desde experimentos na Primeira Guerra Mundial até o uso intensivo por Israel e, posteriormente, pelos Estados Unidos. Com a Guerra do Vietnã e a Revolução nos Assuntos Militares (RAM), tecnologias de precisão e vigilância passaram a redefinir a guerra. O ápice ocorreu na Guerra do Golfo (1991), quando sistemas inteligentes e armamentos guiados mostraram superioridade estratégica. Hoje, drones variam de microdispositivos bioinspirados até modelos de grande porte, sendo decisivos em conflitos como a guerra russo-ucraniana, onde ampliam o alcance da “zona mortal” e reforçam vigilância e ataques coordenados. A IA, por sua vez, é apresentada desde a teoria de Alan Turing até os sistemas atuais de aprendizado de máquina e deep learning. No campo militar, já foi testada em caças como o F-16 X-62A e o Gripen E, demonstrando potencial para superar pilotos humanos em combates simulados. Projetos nos EUA, Europa, China e outros países apontam para caças de sexta geração integrados a drones autônomos, colaborativos e conectados em “nuvens de combate multidomínio”, onde IA terá papel central no comando e controle. A conclusão ressalta o crescente abismo tecnológico entre países desenvolvidos e periféricos, já que a tecnologia de drones e IA é dual e influencia também mercados civis. O autor prevê a expansão para áreas como guerra eletrônica e armas de energia dirigida, mas sublinha que, apesar do avanço tecnológico, a vitória em guerras ainda depende de soldados no terreno.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Drones Militares; Guerra Contemporâneas; Tecnologia de Defesa

¹ Professor Ricardo Borges Gama Neto (DCP/UFPE).

Introdução

Este artigo tem como objetivo discutir duas das mais modernas tecnologias do mundo atual: Ambas têm emprego dual, civil e militar, e por causa da velocidade que tem sido desenvolvida e interações operacionais produzem tantas dúvidas e incertezas quanto conclusões negativas e/ou positivas². Estamos falando da interconexão entre drones (aeronaves remotamente ou autonomamente tripuladas)³ e Inteligência Artificial (IA)⁴. Este texto é mais uma introdução à discussão do que um estudo sistemático final sobre o tema. Por isso sua escrita deve ser lida mais como um ensaio exploratório do que um artigo acadêmico. Em termos metodológicos podemos definir este texto como exploratório-descritivo, na classificação de Gerring (2012), sintético.

Ambas as tecnologias que serão discutidas não são novas, a ideia de veículos aéreos não tripulados pode ser remontada a I Guerra Mundial (1914 -1918)⁵, mas tiveram um importante desenvolvimento na segunda guerra mundial (1939 - 1945) quando aviões controlados por ondas de rádio começaram a ser utilizados, como o Queen-Bee britânico e o Fritz X alemão⁶. Ambos foram criados como alvos aéreos. Mas o primeiro drone, no sentido moderno da expressão, surgiu em 1951 quando a Ryan Aeronautical Company (RAC) construiu o Q2 - A Ryan Firebee, um VANT a jato, para ser usado em treinamento de artilharia terra-ar e ar-ar. A questão que pode ser posta na origem dos drones é que muitos projetos de bombas planadores e torpedos aéreos podem também ser considerados projetos de veículos remotamente tripulados, se tomarmos como referência os drones atualmente conhecidos como kamikazes (também chamados de munições vagantes), exemplos deste tipo de armamento são o IAI Harop israelense, o Shared – 136 iraniano e o Switchblade – 600 norte americano.

A Inteligência Artificial (IA) tem uma história mais antiga no cinema do que na vida real. No filme Metropolis de 1927, um cientista cria um robô feminino chamado *Maschinenmensch*. Esta aparição é tão significativa que se torna inspiração para filmes como *Blade Runner* e *Star Wars*. Para os propósitos desse artigo a ideia de inteligência artificial pode ser remontada ao cientista inglês Alan Turing, que num artigo acadêmico de 1936, resolvendo um problema de decisão matemática binária (sim e não), e com o conceito da Máquina de Turing, desenvolveu a ideia de um equipamento teórico, que pode ser concebido como um modelo abstrato de computador. Em 1950 Turing escreve um artigo onde descreve uma possível máquina que “pensasse”, capaz de imitar o comportamento de um ser humano inteligente. Seu texto começa com a seguinte pergunta: “Podem as máquinas pensarem?”. Onde ele formula o famoso Teste de Turing. Dos primeiros computadores eletromecânicos a sistemas de IA generativa como o Gemini ou ChatGPT se passaram pouco mais de 70 anos.

2 Um exemplo é o livro *Nexus* de Yuval Hariri.

3 Drone é a palavra inglesa para Zangão. Também são conhecidos como Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANT's).

4 Podemos definir Inteligência Artificial, de forma resumida, como a capacidade que computadores possuem de simular a inteligência e o raciocínio humano para realizar tarefas complexas.

5 <http://sistemasdearmas.com.br/pgm/asvintro.html>, acessado em 27/06/2025.

6 <https://blog.lojadji.com.br/historia-dos-drones/#:~:text=Em%20contrapartida%2C%20os%20brit%C3%A2nicos%20criaram,e%20mais%20%C3%A1veis%20de%20usar>. Acessado em 27/06/2025.

Duas advertências ao leitor, como é um artigo exploratório-descritivo não será executada digressões teóricas sobre o tema e as questões éticas claramente inseridas nesta relação entre Inteligência Artificial e Drones também não serão discutidas⁷.

1. Revolução nos Assuntos Militares (RAM)

O impacto da tecnologia nas guerras sempre foi um assunto controverso (Saint-Pierre e Gonçalves, 2018; Teixeira Júnior e Gama Neto, 2022). A Revolução nos Assuntos Militares (RAM) é um conceito que tenta descrever o impacto das novas tecnologias na estratégia e tática militares. A RAM não dever ser confundida apenas com o emprego de novas tecnologia, como semicondutores, lasers, softwares, sistemas de informação, etc., mas na forma como as forças armadas são treinadas e organizadas, e atuam no campo de batalha. Na perspectiva da forma que a guerra é conduzida a “redução de mortos” e distanciamento do *front* de batalha são noções prementes na RAM.

Em meado dos anos de 1970 o Departamento de Defesa norte-americano, em face do desastre da Guerra do Vietnã e da distância numérica que existia entre as forças armadas da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) e do Pacto de Varsóvia em armamento convencional e nuclear, estabeleceu o que ficou conhecido como “estratégia de compensação”. Durante o governo Jimmy Carter, o secretário de defesa Harold Brown e o subsecretário William Perry, este um engenheiro com fortes ligações com o Vale do Silício, decidiram introduzir pesadamente a tecnologia de semicondutores, computadores e outras novas tecnologias nas forças armadas do país. Novos aviões, mísseis, sistemas de comando, controle e comunicações, e armas guiadas de alta precisão passaram a substituir armamentos “burros” e antiquados, como os primeiros mísseis AIM-9 *Sidewinder* e AIM-7 *Sparrow III* que usavam válvulas ainda (Miller, 2023).

O chefe do estado-maior soviético Nikolai Ogarkov (1977-1984) ao analisar o desenvolvimento da tecnologia ocidental percebeu que: “sistemas de combate de longo alcance, altamente precisos e guiados por terminais, máquinas voadoras não tripuladas e sistemas de controle eletrônico qualitativamente novos, (...) transformariam os explosivos convencionais em armas de destruição em massa” (Miller, 2023, p. 187).

“A União Soviética havia acompanhado passo a passo os EUA na corrida para desenvolver tecnologias cruciais no início da Guerra Fria construindo foguetes poderosos e um formidável estoque nuclear. Agora, os músculos estavam sendo substituídos por cérebros computadorizados. Quando se tratava dos chips de silício que sustentavam esse novo impulsor de poderio militar, a União Soviética havia ficado para trás. (...). Por métricas tradicionais como quantidade de tanques ou tropas, a União Soviética tinha uma clara vantagem no início da década de 1980. Ogarkov enxergava as coisas de forma diferente: a qualidade superava a quantidade. Ele tinha ideia fixa na ameaça representada pelas armas de precisão dos EUA. Combinada

⁷ Para uma discussão sobre ética e uso de drones armados ver Chamayou (2015).

com melhores ferramentas de vigilância estava produzindo uma “revolução técnico-militar, argumentava Ogarkov para quem quisesse ouvir” (Miller, 2023, p. 187-8).

O enorme sucesso da Operação *Desert Storm* fez com que pesquisadores norte-americanos concordassem com a conclusão do general Ogarkov e definissem que estava ocorrendo uma RAM liderada pelos Estados Unidos. A rápida capitulação do que era considerado um dos maiores exércitos do mundo, o iraquiano, em poucas semanas de intenso bombardeio e uma campanha terrestre que, em menos de cinco dias, expulsou todas as forças iraquianas do Kuwait. A velocidade com que as forças iraquianas foram derrotadas coroou a estratégia norte-americana, desenhada contra os soviéticos em 1970. Caças *Stealth F-117 Nighthawk*, bombas inteligentes *Paveway*, mísseis de cruzeiro *Tomahawk*, mísseis terra-ar *Patriot*, ataques cibernéticos e de guerra eletrônica foram usados. Apesar das vitórias retumbantes nas primeiras e segundas guerras do Golfo, a derrota para o Taliban no Afeganistão demonstra que mesmo a melhor tecnologia do mundo precisa que a guerra seja vencida no solo por soldados⁸.

2. Drones

A evolução da aviação nos séculos XX e XXI é impressionante. Dos primeiros balões de observação militares da segunda metade do século 19⁹ aos primeiros aviões de caça da primeira guerra mundial o desenvolvimento de máquinas capazes de singrar o ar foram enormes. Mas todo o desenvolvimento da aviação civil e militar sempre teve no piloto um dos seus principais fundamentos. Vai ser principalmente a partir da evolução da tecnologia embarcada e da miniaturização dos computadores¹⁰ que a ideia de substituir os pilotos de aeronaves surgiu.

Os drones surgiram por uma necessidade prática, treinar artilharia antiaérea e fornecer alvos para pilotos em treinamento. Posteriormente, a necessidade de aeronaves de reconhecimento capazes de atuar em baixa altitude levou ao desenvolvimento de veículos capazes de realizar tal missão. Provavelmente, o uso de drones como arma direta tenha ocorrido na guerra do Yom Kippur em 1973. Israel usou drones Q2- A Ryan Firebee para enganar as defesas antiaéreas egípcias, que dispararam todos seus mísseis contra estes alvos. Fato que

8 Como destacam Saint-Pierre e Gonçalves (2018, p.30: “a tecnologia, por si, não é suficiente para mobilizar qualquer transformação, como querem os defensores das RAM porque as condições de combate, ou o emprego de tropas insuficiente ou inadequadamente treinadas, muitas vezes impedem a sua mais eficiente aplicação. Ademais, toda vantagem tecnológica pode ser negada por meio da inteligente aplicação de recursos os mais simples como contramedidas baratas (em custos, não necessariamente em vidas humanas) e eficientes, como durante a Guerra do Vietnã (1964-1975), quando, buscando superar a vantagem do poder aéreo esmagador dos Estados Unidos, o general norte-vietnamita Vo Nguyen Giap ordenou que suas tropas lutassem o mais próximo possível das forças terrestres americanas, de forma que estas ficassem impossibilitadas de chamar apoio aéreo pesado para esmagar os vietnamitas.

9 Agwu (2018) argumenta que a primeira utilização de armas aéreas foi no cerco a Veneza realizado pela Áustria em 1849, quando estas lançaram balões explosivos contra a cidade.

10 Os primeiros computadores eram máquinas gigantes e de funcionamento complexo. Miller (2024) observa que: “Um computador de última geração batizado de Eniac, montado para o Exército dos EUA na Universidade da Pensilvânia em 1945 para calcular trajetórias de artilharia tinha 18 mil tubos de vácuo. Em média um tudo apresentava defeito a cada dois dias, parando a máquina por inteiro e fazendo com que os técnicos corressem para trocar a peça quebrada. O Eniac era capaz de multiplicar centenas de números por segundo, mais rapidamente que qualquer matemático. No entanto, ocupava um cômodo inteiro porque cada um de seus 18 mil tubos de vácuo era do tamanho de um punho. Claramente, a tecnologia dos tubos era complicada demais, lenta de mais e nada confiável. Enquanto os computadores fossem monstruosidades infestadas de traças, só seriam úteis para utilizações de nicho, como quebra cabeça de códigos a menos que os cientistas encontrassem um formato menor, mais rápido e mais acessível financeiramente” (p.32).

deixou os egípcios sem condições de repor seus mísseis deixando a força aérea israelense sem oposição do solo. A mesma tática foi usada em junho de 1982 quando os israelenses destruíram baterias de mísseis terra-ar SAM-6 de fabricação soviética. Neste caso, os israelenses usaram o Tadiran Mastiff, projeto feito no próprio país com a *experiencia* de 1973. O sucesso desta tática fez os Estados Unidos, através da *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), desenvolver protótipos de veículos aéreos não tripulados em combate¹¹. Mas outros dois fatores foram importantes para o governo dos Estados Unidos investir no desenvolvimento de projetos de drones de reconhecimento e vigilância eletrônica, custos cada vez crescentes dos aviões e a exposição dos pilotos à morte ***em combate***.

Recognizing the need for force multipliers, our armed forces over the years developed a variety of aircraft. Examples include the Navy's EA-6B Prowler and the Air Force's F-4G Wild Weasel, which can suppress enemy air defenses so more of our bombers and fighters can get through to their targets. Another force-multiplying effort involves development of aircraft that find and track mobile targets on an increasingly fluid battlefield so we can destroy them more efficiently. Examples include our airborne warning and control system (AWACS) and the joint surveillance target attack radar system (J-STARS). All these aircraft are manned, however, which makes them expensive and their loss less acceptable. The expense applies not only to buying, operating, upgrading, and maintaining these technically advanced aircraft but to aircrew training as well. The lives of the aircrews who fly the planes have no price tag, of course, and their survival is increasingly put at risk by ever more capable threats. Because these force-multiplying aircraft are so expensive in terms of people and machines, only a relative few are bought, and we cannot afford to lose many. As a result, we plan to use most manned airborne force multipliers in a standoff role behind friendly lines. This limits their coverage, thus denying our forces the full extent of their capabilities. To ease the dual problems of small numbers and limited usage of current airborne force multipliers, fresh consideration needs to be given to unmanned systems. The idea is not to replace aircrews but to supplement them by letting unmanned aerial vehicles (UAV) conduct those missions for which they are best suited¹².

Vamos por um momento sermos mais técnicos. Drones¹³ ou VANT's podem ser classificados num primeiro momento em dois tipos básicos: quanto a forma que é comandado, o que são remotamente pilotados e os autônomos: o primeiro o piloto está numa estação de controle que pode estar a milhares de quilômetros de distância e o segundo obedece a uma programação *ex-ante*, ou seja, não precisa de uma intervenção humana para a realização do voo. Em termos de propulsão temos os modelos a jato como o RQ-4 Global Hawk ou turboélice como o Hermes 900. Quanto aos tamanhos temos os micros como o norte-americano RoboBee (desenvolvido com base na morfologia e aerodinâmica de abelhas)¹⁴ ou pequenos como o norueguês Black Hornet para situações de vigilância e monitoramento. O drone desenvolvido na Noruega com

11 <https://web.archive.org/web/20130804040234/http://www.army-technology.com/features/featureuav-evolution-natural-selection-drone-revolution/> Acessado em 27 de junho de 2025.

12 <https://archive.is/7Jk1F> Acessado em 27 de junho de 2025

13 Estamos centrando este artigo no uso de drones aéreos, mas existem drones navais em ação desde 2014 quando a marinha dos EUA testou seus primeiros modelos de barcos-drone em agosto de 2014 (Del Monte, 2018). O drone naval mais famoso é, certamente, o ucraniano Magura V5 que foi responsável por abater um caça Su-30SM russo usando mísseis R-73 adaptados. <<https://www.naval.com.br/blog/2025/05/03/drone-naval-ucraniano-abate-caca-su-30sm-russo-no-mar-negro/>>

14 <https://revistapesquisa.fapesp.br/microdrones-bioinspirados/> Acessado em 27 de julho de 2025.

seus 16 cm de comprimento, 33 gramas e em formato de helicóptero sendo utilizado amplamente pelo exército ucraniano em sua luta contra o invasor russo e tem sido um grande sucesso de mercado e vendido para forças armadas dos Estados Unidos, França, Marrocos, Argélia, Índia, dentre outras¹⁵. Estes são drones que podem ser utilizados para missões civis e militares, sua principal função é o reconhecimento em tempo real. Em junho de 2025, a Universidade Nacional de Tecnologia de Defesa da China apresentou sua versão de microdrone do tamanho de um inseto, de três centímetros, muito semelhante ao RoboBee. Todos já utilizam inteligência artificial para o monitoramento sigiloso, medicina de alta precisão, agricultura automatizada, etc. Apesar de não possuírem armamentos, de uma perspectiva puramente militar, são drones ideais para missões onde é necessária coleta de informações em áreas de difícil acesso, ou acesso fortemente contestado, que vão desde instalações militares a campos de batalha¹⁶. Um exemplo interessante e fictício ocorre no filme *Eye in The Sky* (Decisão de Risco)¹⁷, onde a ação de microdrones e drones armados ocorre em volta de toda uma discussão ética sobre os limites dos drones como arma de guerra, no caso uma guerra híbrida, campo onde os drones e microdrones são utilizados intensamente.

O uso mais destacado do uso de diversos tipos de drones em combate se dá atualmente na guerra russo-ucraniana. As mudanças na tecnologia tiveram importância direta nas frentes e zonas de combate¹⁸. Durante boa parte da história os conflitos eram frontais, direto entre soldados. Claro que o uso de flexas e balestras alteravam o alcance dos conflitos. Mas boa parte do conflito ocorria com os choques diretos das infantarias. Com o advento do canhão e das armas de fogo, o alcance das primeiras escaramuças aumentou, mas é com o uso intensivo das metralhadoras na Guerra Civil americana que aquilo que foi conhecido como “Terra de Ninguém” na Primeira Guerra Mundial teve seu apogeu. Durante a fase de guerra de trincheiras cercas e arames farpados conjuntamente com o uso de metralhadoras, granadas, minas-terrestres e lança-chamas tornava uma faixa de aproximadamente 150 metros uma zona mortal para os combatentes. Na Segunda Guerra Mundial, com o advento dos tanques e artilharia mais precisa, esta zona de mortandade aumento para uma área de 500 a 750 metros. Na nova guerra, que ocorre na Europa, esta zona mortal aumentou para dezenas de quilômetros. Os drones estão não apenas redesenhando a coleta de informações ou ataques em profundidade, mas também a maneira como o conflito ocorre na frente de batalha, uma novo espaço de vigilância e ataque com vários, as vezes chegando a dezenas de quilômetros, foi estabelecida. Os inimigos se monitoram 24 horas por dia, 7 dias por semana auxiliando apoio aéreo contínuo e coleta de informações para as unidades de infantaria e artilharia, que podem responder de imediato as

15 <https://www.flir.com/products/black-hornet-4/?vertical=uas&segment=uis>. Acessado em 27 de julho de 2025.

16 <https://fenati.org.br/drones-inseto-com-ia-ganham-espaco-campo-e-guerra/#:~:text=Um%20dos%20exemplos%20mais%20conhecidos,durante%20a%20apresenta%20do%20projeto>. Acessado em 27 de julho de 2025.

17 <https://www.imdb.com/pt/title/tt2057392/> Acessado em 27 de julho de 2025.

18 Witten e Blum (2015) destacam o processo de robotização das operações militares: “Robotics are playing an ever growing role in military operations more generally, doing everything from scouting terrain to checking for and disarming improvised explosive devices. Numerous new unmanned systems for operations on the ground, in the air, and at sea are in development or have already been deployed. These robots include ground vehicles, infantry substitutes, surveillance devices, supply and guidance systems, evacuation technologies, and, of course, dedicated weapons systems” (p.27).

ações do adversário. A presença de drones de coleta de informações, munições vagantes e o suporte da transmissão via satélite em tempo real aumentou em muito a eficiência das tropas no solo. Não somente as forças terrestres, aviões de combate recebem informações de solo e são capazes de atacar também com mais eficiência alvos terrestres.

Mesmo que tenhamos destacado a ação de drones na frente de batalha do conflito russo-ucraniano, deve ser observado o uso intenso de drones como armas de destruição de cidades e alvos civis considerados prioritários pelos militares como aeroportos, pontes, fábricas e estações de fornecimento de energia. Nesse caso a utilização de ataques de drones em “enxames”, buscando saturar as defesas antiaéreas do adversário aparentemente têm feito pouco uso da inteligência artificial, especialmente o uso pelos russos dos modelos iranianos que têm baixíssima tecnologia de aquisição de alvos.

Apesar do destaque que demos, anteriormente, é importante destacarmos que o uso dos diversos tipos de drones na guerra ocorre por uma necessidade prática. O primeiro uso intenso de drones, no campo de batalha, foi feita pelos Estados Unidos em sua guerra ao terror, especialmente no governo Barack Obama¹⁹.

O presidente Barack Obama herdou a guerra ao terror de seu antecessor como consequência dos ataques contra os Estados Unidos, promovidos pela organização terrorista Al-Qaeda (em árabe “a rede” ou “a base”) em 11 de setembro de 2001 conta as duas torres do *World Trade Center*, ao Pentágono e ao voo 93 da United Airlines.

O primeiro ataque com drones, provavelmente, aconteceu no Iêmen em 2002. Mas foi a partir da administração Obama que houve um aumento substancial do uso destas armas não tripuladas contra combatentes. O governo George W. Bush ordenou aproximadamente, 50 ataques contra alvos fora das áreas de combate, na administração Obama, e número aumentou pelo menos sete vezes. “A presidência de Obama não apenas acreditava na eficácia da tecnologia de drones como uma arma contra o terror, mas também acreditava em seu pragmatismo ao lidar com os terroristas altamente evasivos; e manteve essa convicção durante toda a presidência, apesar das controvérsias em torno da arma” (Agwu, 2018, p. 151)²⁰.

O drone MQ-1 *Predator* foi desenvolvido nos anos 1990 para missões de reconhecimento, pela empresa *General Atomics*. O drone, originalmente, carregava apenas câmeras e sensores de vários tipos para missões de reconhecimento para substituir os caríssimos os Lockheed SR-71 BlackBird que haviam sido retirados de serviço. Outros dois modelos de drones importantes eram o MQ-9 *Reaper* (às vezes chamado *Predator B*) por ser fabricado também pela *General Atomics* e o RQ-4 *Global Hawk*.

19 “A single drone system consists of four aircraft, a ground station, a satellite link, and a maintenance crew at the launch site on a local base, but the system is nonetheless considerably less expensive than a single inhabited fighter jet” (Enemark, 2014, p 52).

20 “Much as playing by the rules of engagement is desirable, drones in asymmetric armed conflicts typically illustrate the saying that it is difficult to make omelets without breaking an egg. It is very difficult to engage terrorists or insurgents in armed conflict the same way that the nation-state would be engaged because insurgents do not engage in conventional warfare, being not capable of any pitched battle or frontal engagement” (Agwu, 2018, p. 187).

Ainda no início da campanha contra o Talibã, o MQ-1 foi armado com mísseis AGM-114 *Hellfire*. O *Hellfire*, um míssil do tipo dispara-e-esqueça, já era utilizado em helicópteros de ataque AH-64 Apache e AH-1 Cobra e considerado bastante confiável.

Os drones foram a forma como o governo Barack Obama (2009 a 2017) encontrou para enfrentar o desgaste ocasionado pela morte de soldados norte-americanos no Afeganistão. Os VANT's podem atacar seus alvos sem expor seus soldados em razão dos ataques serem feitos longe do território da ação, ou seja, em o risco de perda de vidas humanas por quem usa, é uma guerra feita por controle remoto. Segundo Enemark (2014, p 53), desde 2009:

The Air Force has been training more drone operators than fighter pilots.⁵⁶ The drone inventory of the Defense Department as a whole has grown rapidly, from 167 in 2002 to nearly 7,500 in 2010,⁵⁷ and inhabited aircraft made up 69 per cent of all US military aircraft at the end of 2011 (compared to 95 per cent in 2005). The number of drones is expected to increase by a further 35 per cent in the decade to 2020, and the bulk of planned spending is for the more expensive large- and medium-sized drones designed to conduct.

Em 2013, o governo Obama emitiu a *Presidencial Policy Guidance*²¹ na tentativa de estabelecer diretrizes e justificar o uso intensivo de drones na guerra do Afeganistão e outros países como: Iêmen, Somália e Líbia. O documento é claro em estabelecer que o uso de drones em:

CT actions, including lethal action against designated terrorist targets. shall be as discriminating and precise as reasonably possible. Absent extraordinary circumstances, direct action against an identified high-value terrorist (HVT) will be taken only when there is near certainty that the individual being targeted is in fact the lawful target and located at the place where the action will occur.

O documento foi revisado e publicado em agosto de 2016, procurando definir de forma mais clara o uso de drones armados, como instrumentos contra indivíduos que ameaçasse diretamente e contínua os interesses e pessoas dos EUA. O texto ainda discrimina que devem ser estabelecidos com precisão a periculosidade do terrorista ou outro alvo com alto valor, definindo que a força letal só deve ser usada quando não há uma alternativa, como a captura. A doutrina Obama de 2016 também observava a necessidade de se observar princípios legais internacionais, deixando claro que as agências governamentais como a *Central Intelligence Agency* (CIA) e o Departamento de Defesa devem concordar com o alvo. O governo Trump, pouco meses depois, revogou parte da doutrina liberando o uso dos drones para ações com mais liberdade de ação.

Atualmente, o futuro dos drones aéreos na área militar parece ser substituir não apenas caças tripulados em ações mais arriscadas, mas sim ser um aliado dos pilotos como foi o caso do Northrop Gruman X-47B²². Esta aeronave não tripulada de ataque furtivo foi desenvolvida para ser utilizada na USNavy a partir de porta-aviões para missões como reabastecimento

21 https://www.aclu.org/sites/default/files/field_document/presidential_policy_guidance.pdf < acessado em 08 de agosto de 2025 >

22 <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/aircraft/x-47b-ucas> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

aéreo e ataque com bombas e mísseis. O X-47 surgiu como desenvolvimento do projeto J-UCAS da DARPA. Outro modelo de drone baseado em porta-aviões é o Boeing MQ-25 *Stingray*, que além das funções de reabastecimento e ataque também deverá realizar missões de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR) e missões antiterrorismo de baixa-intensidade (“low-intensity counter-terrorism missions”)²³. A USAF, atualmente, desenvolve o programa *Collaborative Combat Aircraft (CCAs)* que busca desenvolver um avião de combate que atuará, conjuntamente, com o avião F-35 *Lightning II*. Atualmente, dois projetos concorrem para ser o drone de combate colaborativo da força aérea dos EUA: o YFQ-42A da *General Atomics* e o YFQ-44A da *Anduril Industries*. Como caças leais, estes dois projetos, além de executar as missões de ataque ao solo, reconhecimento e guerra eletrônica²⁴ servirão como alas dos aviões de combate com pilotos convencionais. A ideia de drones de combate, que atuem como aviões em apoio a aeronaves tripuladas, faz parte do projeto *Skyborg*²⁵. Este é um programa que busca desenvolver *software*, *hardware*, interface homem-máquina e outros aspectos que sejam necessários a avião colaborativa de combate e em vários aspectos também faz parte do *Next Generation Air Dominance (NGAD)*, que é o projeto de desenvolvimento de um caça de sexta geração, que deverá substituir o F-22 *Raptor* a partir da próxima década (batizado de F-47).

Destacamos os esforços norte-americanos na área de drones colaborativos de combate. Mas do outro lado do Atlântico esforços importantes também estão sendo feitos. Os europeus estão atrás dos Estados Unidos no quesito tecnologia furtiva (stealth). A furtividade é um item essencial nas tecnologias militares atuais, e reduzir a detectabilidade de aeronaves, navios e mísseis através da diminuição da seção transversal do radar (RCS) tem sido buscada tanto via novos desenhos de aeronaves como materiais absorventes aos sinais de radar e térmicas.

França e Inglaterra lideram dois diferentes projetos de caça de sexta geração e de drones de combates colaborativos. O primeiro é o *Future Combat Air System (FCAS)*, um empreendimento conjunto da *Dassault Aviation*, *Airbus* e *Indra*, que envolvem os governos da França, Alemanha e Espanha. O futuro avião de combate europeu que surgirá deste consórcio deverá substituir a partir de 2040 o *Eurofighter Typhoon*, o *Rafale* e o F-18. Como seu congênero norte-americano não se resume a um projeto de caça, mas também um drone está sendo desenvolvido, o que é denominado de *Next Generation Weapon System (NGWS)*²⁶. O drone *nEUROn* é um veículo aéreo não tripulado que tem mais participantes que o FCAS, como Grécia, Itália, Suécia e Suíça. O VANT será furtivo e deverá atuar como aeronave de ataque e ala aérea, da mesma forma como os projetos desenvolvidos nos EUA.

23 <https://news.usni.org/2018/08/30/navy-picks-boeing-build-mq-25a-stingray-carrier-based-drone> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

24 “Guerra eletrônica é um termo genérico que engloba todas as ações militares, destinadas a assegurar o uso mais eficaz possível de emissões eletromagnéticas e eletro-ópticas e impedir que o inimigo consiga fazer uso dos seus. Os sistemas que permitem o uso militar e desprendimento desta energia, tanto de forma ofensiva ou defensiva, variam amplamente. Podemos classificar as “ações” da guerra eletrônica em quatro tipos: i. detecção (radares, sonares, receptores de alerta antecipado); ii. coleta de informações (Sigin - Signals Intelligence, Elint - Electronic Intelligence, Comint - Communications Intelligence); iii. contramedidas (chaffs, flares, anti-jamming); e iv. interferência intencional (jamming, desvio de sinais/dissimulação e armas do tipo Electro-magnetic Pulse)” (Gama Neto. 2017, p. 209).

25 <https://www.airforce.com/experience-the-air-force/airmen-stories/inside-air-force-innovation/project-skyborg> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

26 <https://www.airbus.com/en/products-services/defence/future-combat-air-system-fcas> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

A Inglaterra lidera o outro projeto, o Global Combat Air Programme (GCAP)²⁷ em cooperação com Itália e Japão. As empresas líderes são a BAE System, Leonardo e a Mitsubishi Heavy Industries. Também conhecido como *Tempest*, a aeronave será de sexta geração e deverá a partir de 2040 substituir o *Eurofighter Typhoon* e o Mitsubishi F-2. Os projetos atuais de caça atuam mais como um conjunto sistêmico de programas, e como o GCAP não poderia ser diferente. Ele também incorpora um drone de combate no projeto, o *Taranis*. Contudo, este drone já voa a pelo menos 12 anos e está atualmente como um projeto exclusivo da BAE, sem a participação das outras empresas. Neste caso a participação individual em outros projetos de drones pela Leonardo pode ser um impedimento a um envolvimento mais ativo no projeto.

Todos os projetos europeus e norte-americanos elevam o conceito de Guerra Centrada em Redes em um novo nível, o dos Sistemas de Nuvens de Combate, Nuvens de Combate Multidomínio²⁸ ou Nuvens Militares. Ou seja, o uso da tecnologia em nuvem (*cloud computing*) por instituições militares. Hoje as forças armadas já usam sistemas em nuvens dedicadas em suas atividades rotineiras, que são redes descentralizadas e resilientes a ataques cibernéticos e que conectam as diferentes forças armadas nos domínios: aéreo, espacial, terrestre e marítimo. A tecnologia baseada em nuvem, hoje, já é utilizada em situações de comando e controle da defesa, como é o caso do *Defense Integrated Data Center* (DIDC) da Coréia do Sul, mas no futuro será utilizada para gerenciar e aprimorar a tomada de decisões dos comandantes militares em tempo real. A principal ferramenta de software desta rede será a inteligência artificial (IA).

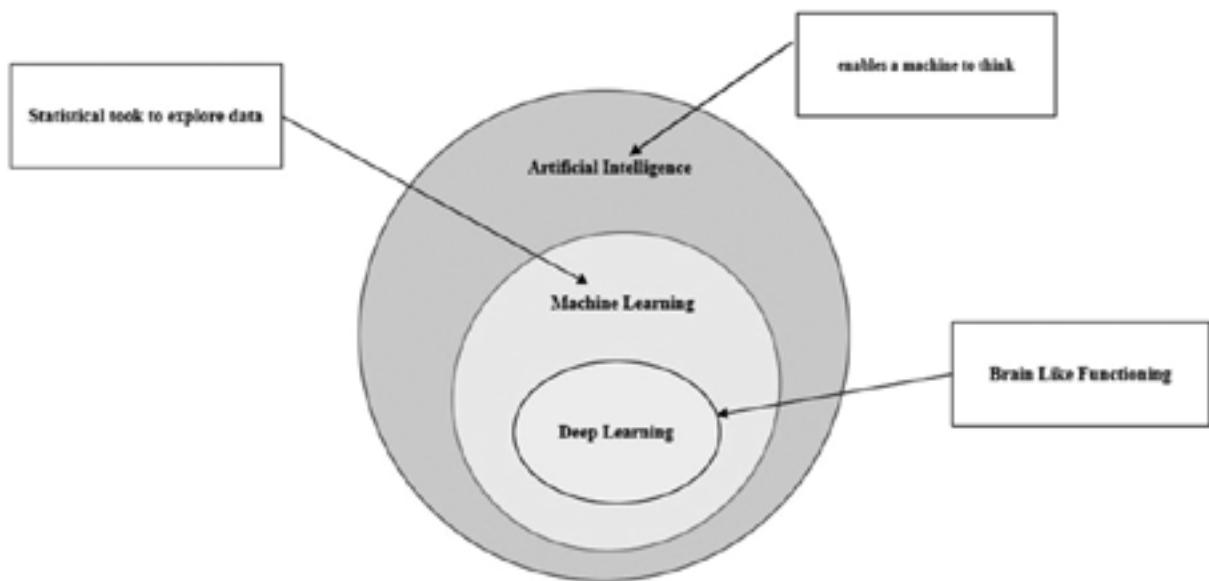
3. Inteligência Artificial (IA)

Como destacamos a poucas páginas a evolução da Inteligência Artificial (IA) foi rápida e intensa. Praticamente, não existe área do conhecimento e da ação humana que esteja sendo afetada por esta tecnologia. A IA pode ser entendida como uma área da ciência da computação que se dedica a criar sistemas, capazes de realizar tarefas que exigiriam o uso de inteligência humana. Isto quer dizer: raciocínio, aprendizagem, resolução de problemas e tomadas de decisão. Em essência, procura simular a inteligência humana através de computadores. Simular aqui é uma palavra importante. A IA não replica a inteligência humana, mas atua como um simulacro deste. A IA utiliza algoritmos e modelos matemáticos sofisticados para analisar dados, aprender com estes e tomar decisões. Existem basicamente dois tipos de técnicas: a primeira é conhecida como aprendizado de máquinas (*machine learning*), onde os computadores recebem grandes volumes de dados, identificam padrões através de sofisticadas técnicas estatísticas e depois fornecem possíveis soluções; a segunda é a *deep learning* que se baseia em redes neurais artificiais que são modeladas simulando a estrutura e a função do cérebro humano. Uma rede neural funciona em camadas conectadas para que aprendam e tomem decisões a partir de grandes bases de dados não estruturados.

27 <https://commonslibrary.parliament.uk/research-briefings/cbp-10143/> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

28 <https://www.airbus.com/en/products-services/defence/multi-domain-combat-cloud> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

Figura 01 – Hierarquia da Inteligência Artificial



Fonte: Lal, Tarar e Smieee, 2023, p. 202.

Os drones atuais, civis ou militares usam a inteligência artificial para vigilância e controle em tempo real. Iinspecionam terrenos e permitem o controle e redução de ações de risco. Agricultores usam drones com IA da *Skycatch* para monitor terrenos e autoridades de segurança publica utilizam as soluções de inteligência da *DroneSense* para coleta de dados que vão de trânsito a pessoas que deveriam estar presas. No âmbito militar, o uso de drones vem mudando a forma da concepção e ação do combate. Apesar das enormes questões éticas embutidas²⁹.

Entre dezembro de 2022 a setembro de 2023, a USAF conjuntamente com a DARPA, dentro do projeto *Air Combat Evolution* (ACE), fizeram testes com um caça F-16D Viper (biplace, com um piloto humano na cabine traseira, em caso de emergência com capacidade de desligar a IA, caso necessário) modificado (denominado X-62A Vista) com inteligência artificial. Foram necessários vários testes e treinamentos preliminares com milhares de alterações, até o momento que o modelo de teste foi colocado à prova, contra um experiente piloto de F-16. A aeronave com inteligência artificial abateu seu adversário humano em um combate dentro do alcance visual (dogfight)³⁰.

Em junho de 2025, a sueca Saab em conjunto com a empresa de software alemã Helsing anunciaram a integração do caça Gripen E, a inteligência artificial “*Centaur*”. Neste caso, a integração faz parte do projeto *Beyond*. “Durante os voos, o Gripen E cedeu o controle ao

29 https://www.economist.com/technology-quarterly/2017/06/08/the-future-of-drones-depends-on-regulation-not-just- < acessado em 08 de agosto de 2025 >technology?utm_medium=cpc.adword.pd&utm_source=google&ppccampaignID=19495686130&ppcadID=&utm_campaign=a.22brand_pmax&utm_content=conversion.direct-response.anonymous&gclid=aw.ds&gad_source=1&gad_campaignid=19495464887&gbraid=0AAAAAADBuq3IgFJIAP-IgwV5AnbU4QKrA2&gclid=EA1aIQobChMIptnOmK-AjwMVhWdIAB3VPA40EAAYAiAAEgIIM_D_BwE < acessado em 08 de agosto de 2025 >

30 <https://www.defenseone.com/technology/2024/04/man-vs-machine-ai-agents-take-human-pilot-dogfight/395930/ < acessado em 08 de>

Centaur, que executou de forma autônoma manobras complexas em um cenário de combate seguindo o conceito BVR (*Beyond Visual Range*, ou além do alcance visual), sinalizando ao piloto o momento ideal para o disparo”³¹. Apesar dos poucos detalhes técnicos, aparentemente a solução da Saab não envolveu o desenvolvimento de um hardware específico para a integração IA e caça. O *Centaur* dentro da arquitetura do Gripen E/F funciona atualmente como um co-piloto virtual, mas no futuro talvez possa ser o piloto principal em missões de combate.

A China tem desenvolvido rapidamente soluções de inteligência artificial e robótica³², em várias áreas. Apesar da China não ter apresentado uma tecnologia de IA integrada ao seu principal avião de combate, o J-10C, sabe-se que estes pilotos têm treinado contra simuladores com IA, e sendo derrotados. No início, os pilotos derrotam as IA's com facilidade que aprendem a cada combate, até que no final ficam melhores que os pilotos humanos³³. O caça furtivo de quinta geração Chengdu J-20S, que estão sendo fabricados, já incorporam tecnologia de IA. Ao contrário da Saab, que apostou numa estratégia de IA completamente baseada em software, o caça chinês, aparentemente, aposta numa arquitetura dedicada computador-software, utilizando o espaço do segundo lugar da aeronave para a instalação de um novo computador, que entre outras funções poderão ser capaz de controlar drones alas. O avião de sexta geração Chengdu J-36³⁴, certamente, já virá com um sistema de inteligência artificial capaz, não somente de controlar drones alas, enxames e armas autônomas, mas transmitir todas as informações capacitadas por seus sensores a sistemas de Nuvens de Combate Multidomínio.

Rússia, Coréia do Sul e Turquia também possuem projetos de caças com inteligência artificial integrada. No caso, são respectivamente os aviões Sukhoi – 57, o KF-21 Boramae e o KAAN. Os dois primeiros caças de quarta geração melhorados (4.5+) e o último de quinta. O modelo russo já voa, mas há muita pouca informação sobre sua atuação na guerra Rússia-Ucrânia. O modelo coreano também já em forma de protótipos e com uma nova versão mais furtiva (EX) projetada. O modelo turco ainda está na fase de protótipo, mas tem chamado à atenção por oferecer não apenas um caça furtivo, mas uma solução integrada com drones como os da família Bayraktar (como o ala leal Kizilelma) e o jato de treinamento TAI Hürjet. Em todas as soluções nativas de desenvolvimento de IA's são integradas a seus caças e drones.

agosto de 2025 >

31 <https://www.saab.com/pt-br/markets/brasil/noticias/2025/saab-atinge-marco-inedito-em-inteligencia-artificial-com-o-gripen-e> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

32 Inclusive com uma fábrica de mísseis completamente robotizada. < <https://www.sociedademilitar.com.br/2025/05/china-revela-fabrica-de-misseis-que opera-sem-humanos-linha-de-producao-100-robotica-vira-alerta-mundial-apos-misseis-automatizados-derribarem-cacas-rafale-e-sukhoi-em-segundos-na-guerra-entre-afch.html> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

33 <https://forcaerea.com.br/pilotos-chineses-estao-treinando-contra-aeronaves-com-ia/> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

34 <https://www.aereo.jor.br/2025/01/04/chengdu-j-36-uma-interpretacao-chinesa-da-guerra-aerea-do-futuro/> < acessado em 08 de agosto de 2025 >

Conclusão

Como observamos na introdução este é um texto exploratório sem maiores pretensões teóricas e analíticas. É essencialmente uma exploração a um novo e conjunto de tecnologias. O que mais destaco, neste final, é o aumento cada vez maior do fosso tecnológico que está se formando entre os países que detém grandes parques tecnológicos e fazem vultosos investimentos em defesa. Como parte dessa tecnologia é dual, um exemplo claro é o uso do *DeepSeek* por oficiais e projetistas de armas chinesas. Ficar fora do desenvolvimento tanto da tecnologia dos drones quanto da inteligência artificial para fins militares alia parte dos países da capacidade de desenvolverem tecnologias para o mercado internacionais de equipamentos eletrônicos e semicondutores.

Voltando mais especificamente ao texto, estamos vendo uma nova integração de tecnologia que ainda vai se desenvolver muito no futuro. Drones e IA's fazem parte de nossa vida, analisando o tráfego de veículos nas cidades, procurando por insetos como o *aedes aegypti*, operando, etc... Dentro de pouco tempo, veremos veículos aéreos civis de mobilidade aérea, como o EVA da Embraer ou o drone civil da Rosel Holding (Rostec) que vão tomar o mercado dos helicópteros menores.

Faltou neste texto uma discussão, que será aprofundada no futuro, do uso de drones e inteligência artificial com guerra eletrônica e armas de energia dirigida.

Bibliografia

- AGWU, Fred. *Armed Drones and Globalization in The Asymmetric War on Terror: challenges for the law of armed conflict and global political economy*. New York/London: Routledge, 2018.
- CHAMAYOU, Grégory. *Teoria do Drone*. São Paulo. Cosac Naify, 2015.
- ENEMARK, Christian. *Armed Drones and The Ethics of War: military virtue in a post-heroic age*. New York/London: Routledge, 2014.
- GAMA NETO, Ricardo Borges. Guerra Cibernética / Guerra Eletrônica – conceitos e espaços de interação. *Política Hoje*, Recife, vol. nº26, n. 01, pp. 201 – 217.
- GERRING, John. Mere Description. *British Journal of Political Science*, London, vol. 42, nº 04, pp. 721-746, 2012.
- HARIRI, Yuval. *Nexus: uma breve história das redes de informação, da idade da Pedra à inteligência artificial*. São Paulo: Companhia das Letras, 2024.
- LAL, Roshan, TARAR, Sandhya e SMIEEE, Naveen. Challenges and Opportunities of Machine Learning and Deep Learning Technique of The Internet of Drones. IN: SOLANKI, Arun; TARAR, Sandhya; SINGH, Simar e TAYAL, Akash. (eds). *The Internet of Drones; AI applications for smart solutions*. Palm Bay: Apple Academic Press, 2023.

MILLER, Chris. *A Guerra dos Chips: a batalha pela tecnologia que move o mundo*. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2023.

SAINT-PIERRE, Héctor e GONÇALVES, Leandro. Nem Revolução (RM) em Assuntos Militares (RAM), apenas mudanças de longa duração condensadas na guerra pelo gênio militar. *Revista Brasileira de Estudos de Defesa*, São Paulo, vol. nº 5, nº 02, pp. 13-36, 2018.

TEIXEIRA JUNIOR, Augusto Wagner e GAMA NETO, Ricardo Borges. The Brazilian Army's Concept of Transformation: Technology and military change. *Revista Brasileira de Estudos de Defesa*. Brasilia, vol. nº 09, n.º 01, pp. 43 – 68, 2022

WITTES, Benjamim e BLUM, Gabriella. The Future of Violence: robot and germs, hackers and drones. New York: Basic Books. 2015.