



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO DE POLÍTICA E ESTRATÉGIA AEROESPACIAIS

LEONARDO BRANDO LEHMANN, Cel Int

**A importância da inteligência artificial na ampliação das capacidades da Defesa
Nacional em um cenário de guerra algorítmica**

Rio de Janeiro

2025

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO DE POLÍTICA E ESTRATÉGIA AEROESPACIAIS

LEONARDO BRANDO **LEHMANN**, Cel Int

A importância da inteligência artificial na ampliação das capacidades da Defesa Nacional em um cenário de guerra algorítmica

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Política e Estratégia Aeroespaciais.

Orientador: Cel Av R1 Davi **Affonso** da Silva

Rio de Janeiro

2025

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) ascendeu a uma posição de crescente relevância global, manifestando-se como uma tecnologia transformadora com implicações profundas em diversos setores, notavelmente na segurança e defesa. A natureza de duplo uso da IA confere-lhe o potencial de revolucionar as capacidades militares, oferecendo novas abordagens para desafios complexos e inaugurando uma nova era de poderio bélico. O Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) (Brasil, 2025) descreve a IA como um conjunto de modelos, algoritmos e técnicas implementados em sistemas computacionais, que realizam previsões, recomendações ou decisões capazes de influenciar ambientes reais ou virtuais, sempre alinhados a objetivos definidos por humanos.

Paralelamente, o conceito de Guerra Algorítmica emerge como uma mudança paradigmática nos conflitos modernos. A Guerra Algorítmica, de acordo com o Crosby (2021), refere-se ao uso de IA em sistemas para conduzir operações militares, capazes de controlar plataformas de armas, sistemas, operações e até mesmo táticas em um campo de batalha centrado em rede.

Crosby (2021) comenta ainda que esses sistemas são capazes de coletar e utilizar informações de maneira que os humanos não conseguem, operando com autonomia e aprendizado contínuo, especialmente em ambientes complexos e dinâmicos. A velocidade e a escala em que a Guerra Algorítmica pode se desenrolar apresentam oportunidades singulares para as estratégias de Defesa Nacional.

Neste contexto dinâmico, a adaptação às tendências tecnológicas emergentes torna-se imperativa para nações como o Brasil, visando salvaguardar sua soberania e interesses nacionais. A Política Nacional de Defesa (PND) (Brasil, 2020), reconhece a ciência e tecnologia como uma das cinco expressões do Poder Nacional (ao lado da política, econômica, psicossocial e militar), sendo essencial para a consolidação da soberania e do desenvolvimento nacional. A PND considera ainda a assimetria tecnológica como ameaça à soberania, ou seja, o aumento das desigualdades tecnológicas entre os países representa um risco estratégico direto para o Brasil. À medida que as tecnologias disruptivas transformam o campo da defesa, cresce a possibilidade de desequilíbrios de poder em níveis regional e global, como evidenciado pela crescente corrida tecnológica entre potências mundiais como China e Estados Unidos, segundo análise de Bueno (2024).

Conforme o prognóstico da Síntese dos Cenários de Defesa 2020-2039 (Brasil, 2021), é previsto em âmbito mundial um aumento significativo no uso de IA nas atividades militares e, em âmbito nacional, a expansão das tecnologias de informação e comunicação possibilitará uma adoção cada vez maior de sistemas automatizados e de soluções baseadas nessa tecnologia. De acordo com a análise de Simpson *et al.* (2025), os investimentos globais com IA aplicada à defesa devem aumentar em 1.000x até o ano de 2028, com valores estimados em US\$ 38,8 bilhões. O orçamento do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) para o ano fiscal de 2026 será de US\$ 179 bilhões apenas para pesquisa e desenvolvimento de sistemas hipersônicos, IA e enxames de drones, conforme Gunn (2025).

Considerando os novos domínios dos combates automatizados, este ensaio defende a importância da IA como multiplicador das capacidades da Defesa Nacional, frente às ameaças da Guerra Algorítmica.

Visando fundamentar a tese, serão abordados dois argumentos. O primeiro, considera que nos novos domínios de combate automatizado, a IA contribui como força transformadora com o potencial de expandir significativamente as capacidades militares em um cenário de Guerra Algorítmica. O segundo argumento aponta a IA como catalisador de dissuasão, permitindo que as Forças Armadas adquiram a capacidade de ajustar estratégias defensivas em resposta a mudanças dinâmicas no ambiente operacional.

2 DESENVOLVIMENTO

A evolução da IA está profundamente conectada às sucessivas revoluções industriais e tecnológicas que moldaram a sociedade moderna. Desde a mecanização da produção na primeira Revolução Industrial até a digitalização da informação com a Indústria 4.0, cada etapa representou mudanças estruturais na forma de operar e interagir socialmente. No século XXI, essa transformação alcança um novo patamar com a quarta Revolução Industrial, marcada pelo uso intensivo de tecnologias emergentes, entre elas a IA e o aprendizado de máquina, que possibilitam às máquinas aprender, raciocinar e agir de forma autônoma, sendo a IA um dos principais motores desse processo.

Historicamente, a IA começou a ganhar destaque na década de 1950, com o desenvolvimento de algoritmos básicos de aprendizado de máquina. No entanto, foi apenas

nas últimas décadas que a IA alcançou um nível de maturidade suficiente para ser aplicada em uma ampla gama de setores, desde a medicina até a indústria financeira.

A capacidade da IA de processar grandes volumes de dados e realizar tarefas complexas com precisão e velocidade tem revolucionado a forma como as empresas operam e como os governos tomam decisões. No contexto militar, embora não exista uma doutrina consolidada a respeito de Guerra Algorítmica, a IA está transformando a natureza do campo de batalha, permitindo que as forças armadas processem informações em tempo real, identifiquem padrões e antecipem movimentos adversários, melhorando significativamente a capacidade de resposta rápida e precisa (Nordic Defense Review, 2024).

2.1 ALGORITMOS DE GUERRA: O FUTURO DOS CONFLITOS ARMADOS

A Guerra Algorítmica pode ser definida como operações dominadas pelo emprego de sistemas de inteligência artificial, conforme aponta Crosby (2021). É caracterizada por sua adaptabilidade, autonomia e dependência de técnicas avançadas de IA para processar informações complexas e tomar decisões em ambientes de batalha dinâmicos, proporcionando a redução do risco para os combatentes e o aumento da velocidade de decisão em operações. Ela se baseia no aprendizado de máquina, na capacidade de se adaptar a cenários desconhecidos, na priorização do conhecimento sobre a informação e na redução da sobrecarga cognitiva e do erro humano.

Exemplos concretos demonstram a crescente integração da IA nas operações militares, alinhando-se com os princípios da Guerra Algorítmica. Aplicações como visão computacional para análise de inteligência, conexão de soldados com veículos não tripulados, robôs autônomos, planejamento logístico, segurança cibernética e análise de inteligência geoespacial são cada vez mais comuns.

Nos Estados Unidos (EUA), a Guerra Algorítmica é parte de uma estratégia mais ampla de modernização militar, que inclui o uso de IA para aprimorar a eficiência operacional e a tomada de decisões. O Departamento de Defesa dos EUA tem investido em programas como o projeto Maven, que utiliza IA para analisar imagens de drones e identificar alvos militares.

O projeto Maven, de acordo com Manson (2024), aperfeiçoa as capacidades de combate ao integrar a IA para identificar, analisar e priorizar alvos no campo de batalha com

muito mais rapidez e precisão do que os métodos tradicionais. Ele utiliza algoritmos avançados de *machine learning* para processar grandes volumes de dados e permite que as forças militares aprovem até 80 alvos em uma hora, comparado a 30 sem o uso da IA, acelerando significativamente o ciclo de decisão e ação.

Durante a guerra entre Rússia e Ucrânia, o Maven desempenhou um papel fundamental no processamento de imagens de satélite e na transmissão de informações às forças ucranianas. Apesar da automação, o processo mantém a supervisão humana em todas as etapas, garantindo que operadores verifiquem as recomendações da IA antes de autorizar ataques, o que mantém o controle e reduz riscos de erros.

Outro exemplo de aplicação da IA é o sistema Lavender utilizado pelas Forças de Defesa de Israel (IDF). Este sistema aprimora as capacidades de defesa das IDF ao automatizar a identificação e seleção de alvos para bombardeios, processando rapidamente uma enorme quantidade de dados para gerar listas de suspeitos ligados ao Hamas e à Jihad Islâmica Palestina (Carta Capital, 2024). Cerca de 37 mil pessoas foram marcadas nas primeiras semanas da guerra em Gaza com uma velocidade e escala que superam a capacidade humana tradicional.

Seu emprego consiste no cruzamento de informações de múltiplas fontes, como imagens, sinais eletrônicos e dados de inteligência, para identificar indivíduos suspeitos de atividades militares. O sistema influencia diretamente as decisões de ataque, sendo que os militares frequentemente tratam as recomendações da IA como se fossem decisões humanas, aprovando bombardeios com supervisão mínima.

De acordo com Payne (2021), a velocidade será um fator determinante, e a capacidade de organizar o caos informacional mais rápido que o adversário conferirá uma vantagem decisiva. Em uma visão prospectiva no contexto do Brasil, considerando sua vasta extensão territorial e fronteiras complexas, a IA oferece a capacidade de monitorar, analisar e compreender ameaças potenciais com uma agilidade e profundidade sem precedentes. Por exemplo, algoritmos de IA podem identificar padrões anômalos no tráfego aéreo, detectar assinaturas de atividades ilícitas em regiões remotas ou prever movimentações hostis com base em análises preditivas, permitindo uma alocação mais eficaz de recursos e respostas mais rápidas e informadas por parte do Comando e Controle (C2). A implementação de plataformas de Comando, Controle, Comunicações, Computação, Inteligência, Vigilância, Aquisição de Alvos e Reconhecimento (C4ISTAR) potencializadas por IA é, portanto, essencial para que a

Defesa Nacional não seja apenas reativa, mas se antecipe às ameaças no complexo teatro de operações moderno.

Diante dos desafios impostos pela Guerra Algorítmica, marcada pela velocidade, complexidade informacional e imprevisibilidade dos teatros operacionais modernos, a IA se revela como um multiplicador decisivo das capacidades da Defesa Nacional, transformando-se em um ativo estratégico essencial para assegurar superioridade decisória e operacional frente à dinâmica acelerada dos conflitos contemporâneos.

2.2 IA E A POTENCIALIZAÇÃO DA DISSUAÇÃO NA GUERRA ALGORÍTMICA

A integração da IA na Defesa Nacional surge como um elemento estratégico para o Brasil, capaz de potencializar sua capacidade dissuasória mediante a modernização de sistemas e a antecipação de ameaças. Apesar dos desafios, o desenvolvimento orientado de tecnologias de IA pode posicionar o Brasil no cenário geopolítico, equilibrando soberania tecnológica e segurança (Brasil, 2025). A IA oferece ferramentas aprimorando sistemas defensivos como radares inteligentes, cibersegurança automatizada e análise preditiva de ameaças. Algoritmos de *machine learning* podem processar dados de sensores em tempo real, identificando padrões de intrusão em fronteiras ou espaços cibernéticos com precisão superior à humana. Essa capacidade reduz a margem de sucesso de ações hostis, comunicando ao adversário a inutilidade de um ataque, sendo este o princípio central da dissuasão.

A PND (Brasil, 2020) destaca a relevância da dissuasão tanto no contexto internacional quanto como fundamento essencial da Defesa Nacional, cuja garantia é assegurada pelas Forças Armadas por meio de sua capacidade dissuasória. Em consonância com a PND, a Estratégia Nacional de Defesa (END) (Brasil, 2020) apresenta a dissuasão como a principal postura estratégica do país, integrando o conjunto das 09 (nove) Capacidades Nacionais de Defesa (CND).

A capacidade de dissuasão, por sua vez, representa um elemento fundamental para a Segurança Nacional, pois tem como objetivo desencorajar potenciais agressões. Essa capacidade apoia-se na aptidão do País para reunir e empregar seus meios de defesa e de pronta-resposta (Brasil, 2020).

No setor militar, sistemas inteligentes já são usados em logística e manutenção de frotas, permitindo antecipar falhas e evitar indisponibilidade operacional. Isso se traduz em

menor tempo de inatividade, maximizando a capacidade de pronta-resposta. A Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) emprega o sistema ODIN (*Operational Data Integrated Network*) como espinha dorsal digital de manutenção da frota de caças F-35. Keller (2022) comenta que este sistema utiliza a IA e *big data* para monitorar em tempo real o estado de saúde de cada componente da aeronave, viabilizando uma abordagem de manutenção preditiva, ou seja, antecipando falhas antes que elas ocorram e evitando danos críticos em cenários operacionais prolongados.

Além disso, a integração com *big data* permite o cruzamento de informações históricas de desempenho e manutenção com condições operacionais atuais. Isso resulta em uma compreensão muito mais precisa da "saúde preditiva" dos equipamentos, e aumenta a velocidade e precisão na tomada de decisões de manutenção, segundo Lee *et al.* (2017).

A manutenção preditiva é crucial para garantir que o F-35 esteja sempre pronto para combate, mesmo em operações prolongadas. A IA do ODIN reduz o tempo em solo para manutenção não planejada e evita falhas catastróficas durante missões críticas, elevando a taxa de disponibilidade da aeronave. Conforme corroborado por Wang *et al.* (2021), pois promove o fortalecimento da capacidade dissuasória das forças armadas, garantindo a prontidão contínua de ativos estratégicos sem comprometer a segurança ou aumentar custos com reparos emergenciais.

Nesse contexto, a adoção de tecnologias semelhantes ao ODIN, pelo COMAER, tem o potencial de transformar profundamente a logística e a manutenção dos caças Gripen, viabilizando operar com mais eficiência, redução de custos e proporcionando aumento da capacidade de pronta-resposta.

Dessa maneira, o emprego dessa tecnologia garante resiliência estratégica, garantindo a pronta-resposta desses meios, fortalecendo a capacidade dissuasória do Brasil em um contexto global complexo e extremamente volátil.

3 CONCLUSÃO

A ascensão da IA como elemento central na transformação dos paradigmas da guerra contemporânea evidencia seu papel estratégico como multiplicador das capacidades da Defesa Nacional, especialmente diante das ameaças da Guerra Algorítmica. A tese aqui defendida, sustentada por uma análise das dimensões operacionais e dissuasórias da IA, reafirma a sua

importância para assegurar a superioridade decisória, a prontidão operacional e a autonomia tecnológica do Brasil no cenário internacional.

Inicialmente, demonstrou-se como a IA redefine os domínios de combate automatizado ao ampliar drasticamente a capacidade de resposta, antecipação e precisão nas operações militares. Tecnologias inovadoras como o Maven e o Lavender ilustram o emprego da IA em conflitos reais, otimizando o ciclo de decisão e ampliando o controle sobre o campo de batalha por meio de algoritmos capazes de operar com velocidade e precisão inatingíveis por meios exclusivamente humanos. Para o Brasil, a adoção de sistemas C4ISTAR baseados em IA representa não apenas um ganho operacional, mas a possibilidade de antecipar ameaças e proteger um território de dimensões continentais com maior efetividade.

Em seguida, evidenciou-se o papel da IA como catalisador da dissuasão. Por meio de ferramentas como a manutenção preditiva já aplicada pela USAF com o sistema ODIN, a IA assegura a disponibilidade contínua de meios estratégicos, reduz custos operacionais e fortalece a capacidade de pronta-resposta. A transposição dessa lógica para o COMAER, especialmente no contexto dos caças Gripen, representa uma oportunidade concreta de elevar o poder dissuasório, conferindo maior autonomia e robustez logística às operações de defesa.

Diante desse cenário, o uso da IA no contexto da Defesa Nacional não pode ser tratada como uma opção, mas como uma condição estratégica de soberania. Sua implementação exige planejamento, investimento em pesquisa e desenvolvimento, além da formulação de doutrinas adaptadas aos novos tempos. A Guerra Algorítmica impõe uma nova corrida tecnológica, e países que desenvolverem a capacidade de integrar a IA em suas forças armadas terão melhores condições de preservar sua soberania e exercer influência geopolítica.

Assim, este ensaio convida à reflexão sobre o futuro da Defesa Nacional, que depende não apenas da aquisição de equipamentos modernos, mas da capacidade de operar, decidir e dissuadir com inteligência. Vislumbra-se oportunidades em estudos sobre o emprego da IA na Defesa Nacional, no desenvolvimento de doutrinas militares específicas para cenários de Guerra Algorítmica e na análise das questões éticas, jurídicas e cibernéticas decorrentes da autonomia das máquinas em decisões críticas.

Por fim, investir em IA é, em última instância, garantir a ampliação da capacidade do Brasil de não apenas acompanhar, mas influenciar os rumos da transformação tecnológica no campo militar, assegurando protagonismo e resiliência estratégica, na nova era dos conflitos inteligentes inerentes aos desafios do século XXI.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 03 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Síntese dos Cenários de Defesa 2020–2039 - Atualizado. Sumário Executivo**. Brasília: Assessoria Especial de Planejamento, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/aceso-a-informacao/governanca/governanca-do-setor-de-defesa/cenarios-1>. Acesso em: 03 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIa)**. Brasília, DF. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/06/publicada-versao-final-do-plano-brasileiro-de-inteligencia-artificial-sob-coordenacao-do-mcti>. Acesso em: 10 julho 2025.

BUENO, G. **Inteligência Artificial no Campo de Batalha: A Disputa EUA-China e os Desafios Éticos**. Revista Relações Exteriores, 2024. Disponível em: <https://relacoesexteriores.com.br/inteligencia-artificial-no-campo-de-batalha-a-disputa-eua-china-e-os-desafios-eticos/#desafios-da-ia-no-campo-militar>. Acesso em: 08 maio 2025.

CARTA CAPITAL. **Lavender: a máquina de inteligência artificial que comanda bombardeios de Israel em Gaza**. São Paulo, 29 abr. 2024. Mundo. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/mundo/lavender-a-maquina-de-inteligencia-artificial-que-comanda-bombardeios-de-israel-em-gaza/>. Acesso em: 15 abr. 2025.

CROSBY, C. **Operacionalização da Inteligência Artificial para a Guerra Algorítmica**. United States: Army University Press. 2021. Disponível em: <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Edicao-Brasileira/Arquivos/Primeiro-Trimestre-2021/Operacionalizacao-da-Inteligencia-Artificial-para-a-Guerra-Algoritmica>. Acesso em: 07 abr. 2025.

GUNN, K. **Hypersonics, AI, drone swarms: Pentagon pours \$179 billion into R&D**. United States: Task & Purpose. 2025. Disponível em: <https://taskandpurpose.com/tech-tactics/pentagon-research-development-budget/>. Acesso em: 15 jul. 2025.

KELLER, J. **Air Force asks Lockheed Martin to provide logistics and mission planning computers for F-35 combat aircraft**. Military Aerospace Electronic, United States, 10 nov. 2022. Disponível em: <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14285500/logistics-mission-planning-computers>. Acesso em 17 abr. 2025.

LEE, C. K. M.; CAO, Y.; NG, K. H. **Big Data Analytics for Predictive Maintenance Strategies**. IGI Global Scientific Publishing. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0956-1.ch004>. Acesso em: 05 maio 2025.

MANSON, K. **AI Warfare Becomes Real for US Military With Project Maven.** Bloomberg, United States, 28 fev. 2024. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/features/2024-ai-warfare-project-maven/?embedded-checkout=true>. Acesso em 11 abr. 2025.

NORDIC DEFENSE REVIEW. **The AI Battlefield How Artificial Intelligence is Revolutionizing Modern Warfare.** Finland, 2024. Disponível em: <https://nordicdefencereview.com/the-ai-battlefield-how-artificial-intelligence-is-revolutionizing-modern-warfare/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

PAYNE, K. I. **Warbot: The Dawn of Artificially Intelligent Conflict,** Londres, C. Hurst & Co Publishers Ltd, 2021.

SIMPSON, K. H.; PAQUETTE, S.; RACICOT, R.; VILLANOVE, S. **Militarizing AI: How to Catch the Digital Dragon?** Centre for International Governance Innovation, Canada, 26 fev. 2025. Disponível em: <https://www.cigionline.org/articles/militarizing-ai-how-to-catch-the-digital-dragon/>. Acesso em: 7 maio 2025.

WANG, L.; YUAN, S.; LIU, Y.; SUN, L. **Rapid Response Maintenance Based on Intelligent Early Warning Technology.** Atlantis Press. Advances in Social Science, Education and Humanities Research. 2021. Disponível em: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/mmet-21/125961486>. Acesso em: 23 abr. 2025.