UFSM

InterAção

ISSN 2357-7975
ACESSO ABERTO

IA., Santa Maria, v. 17, n. 3, e99392, p. 1-18, 2026 • https://dx.doi.org/10.5902/2357797599392
Submissão: 15/10/2026 • Aprovação: 16/11/2026 • Publicação: 23/11/2026

Artigos Dossiê

Inteligência artificial nas Forças Armadas: uma análise multidimensional da adoção de IA pelo Exército, Marinha e Força Aérea dos Estados Unidos

Artificial intelligence in the Armed Forces: a multidimensional analysis of AI adoption by the United States Army, Navy, and Air Force

Manoel Fernandes Amaral Filho[I]
Max Fortunato Cohen[II]

[I]Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil
[II]Empresa Arapaima, Manaus, AM, Brasil

Resumo

A inteligência artificial (IA) passou a integrar a infraestrutura operacional das forças armadas dos Estados Unidos. Este artigo examina, de forma comparativa, como o Exército, a Marinha e a Força Aérea adotam capacidades de IA, organizando a análise em seis dimensões: fusão de sensores e reconhecimento automatizado; autonomia e equipes homem-máquina; compressão do ciclo de decisão e da cadeia de fogo; arquitetura de dados, computação na borda e cibersegurança; base industrial e contratação; e governança, ética e controle humano. Com base em fontes documentais públicas sobre o Projeto Maven, a demonstração F-35/MQ-20 Avenger, a Task Force 59 e a parceria Booz Allen–Anduril, propõe-se um modelo genérico de adoção que articula essas dimensões. Conclui-se que os casos analisados indicam uma tendência de consolidação de plataformas comerciais de IA em fluxos de inteligência e targeting, acompanhada de debates contínuos sobre os limites éticos e sobre os "níveis apropriados de juízo humano" previstos na Diretiva 3000.09 do Departamento de Defesa.

Palavras-chave: Inteligência artificial militar; Projeto Maven; Targeting

Artigo publicado por InterAção sob uma licença CC BY-NC-SA 4.0.

Abstract

Artificial intelligence (AI) has become part of the operational infrastructure of the United States Armed Forces. This article comparatively examines how the Army, Navy, and Air Force adopt AI capabilities across six dimensions: sensor fusion and automated recognition; autonomy and human–machine teaming; compression of decision-making and targeting cycles; data architecture, edge computing, and cybersecurity; the industrial base and procurement; and governance, ethics, and human control. Drawing on publicly available documents concerning Project Maven, the F-35/MQ-20 Avenger demonstration, Task Force 59, and the Booz Allen–Anduril partnership, it proposes a generic model of adoption connecting these dimensions. The analysis suggests a trend toward consolidating commercial AI platforms within intelligence and targeting workflows, alongside continuing debates on ethical boundaries and the "appropriate levels of human judgment" required under Department of Defense Directive 3000.09.

Keywords: Military artificial intelligence; Project Maven; Targeting

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da última década, a inteligência artificial deixou de ser tratada como uma curiosidade tecnológica de laboratório e passou a ocupar posição central no planejamento de defesa dos Estados Unidos. A trajetória do Projeto Maven é emblemática dessa transição: iniciado em 2017 como esforço para auxiliar analistas a processar o volume crescente de imagens e vídeos de vigilância, o programa evoluiu para uma plataforma ampla de inteligência e targeting que funde dados de múltiplos sensores para identificar objetos, avaliar ameaças e apoiar decisões operacionais. O que começou como um esforço para reduzir a carga cognitiva de operadores humanos ampliou-se para usos em diferentes componentes do Departamento de Defesa (ESTADOS UNIDOS, 2017; DEFENSESCOOP, 2026).

Essa transformação não se restringe a um único programa ou ramo das forças armadas. O Exército, a Marinha e a Força Aérea desenvolvem, cada qual a partir de suas necessidades operacionais, iniciativas próprias de adoção de IA: do uso de plataformas de dados táticos no Exército, passando pela integração de embarcações de superfície não tripuladas pela Marinha, até as demonstrações de equipes tripuladas e não tripuladas conduzidas pela Força Aérea. Apesar das diferenças de domínio – terra, mar e ar –, observam-se padrões recorrentes que sugerem a existência de uma lógica comum de adoção.

Este artigo tem por objetivo analisar comparativamente a adoção de IA pelos três ramos, identificando essa lógica comum e suas tensões. Para tanto, organiza-se a investigação em seis dimensões analíticas e propõe-se um modelo genérico de adoção de IA militar que as articula. O argumento central é que, a despeito da diversidade de plataformas e missões, a adoção converge para um mesmo movimento estrutural: a consolidação de capacidades comerciais de IA em fluxos de trabalho de inteligência e de fogo, com compressão progressiva do tempo entre detecção e engajamento, e uma renegociação permanente das fronteiras éticas e regulatórias que delimitam o papel do julgamento humano.

2 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de natureza qualitativa e descritiva, baseado em revisão de fontes documentais públicas, como comunicados oficiais de agências de defesa, notas de imprensa de fabricantes, reportagens especializadas e documentos normativos. A análise foi estruturada de forma comparativa entre os três principais ramos das forças armadas dos Estados Unidos (Exército, Marinha e Força Aérea), tomando como casos ilustrativos os programas e demonstrações representativos do estágio atual de adoção de IA.

A seleção das fontes obedeceu a três critérios. O primeiro foi o recorte temporal, com prioridade a materiais publicados entre 2021 e 2026, de modo a refletir o estágio atual de adoção. O segundo foi a hierarquia de credibilidade, privilegiando documentos normativos e comunicados oficiais de agências de defesa (Departamento de Defesa, NGA e forças singulares) e tratando notas de fabricantes e reportagem especializada como fontes secundárias, submetidas a triangulação sempre que possível. O terceiro foi a pertinência temática, restringindo o corpus a iniciativas dos três ramos das forças armadas dos Estados Unidos que ilustrassem, de forma representativa, o emprego operacional de IA. Materiais de fabricantes e de demonstrações foram admitidos por seu valor informativo, mas seus dados de desempenho foram sinalizados como indicativos, e não como métricas auditadas de forma independente, conforme discutido na Seção V.

A partir da leitura das fontes, foram indutivamente identificadas seis dimensões recorrentes na adoção de IA militar, que servem como categorias analíticas: (1) fusão de sensores e reconhecimento automatizado; (2) autonomia e equipes homem-máquina; (3) compressão do ciclo de decisão e da cadeia de fogo; (4) arquitetura de dados, computação na borda e cibersegurança; (5) base industrial e modelos de contratação; e (6) governança, ética e controle humano. Essas dimensões não são mutuamente exclusivas; ao contrário, interconectam-se e, por isso, são posteriormente integradas em um modelo genérico de adoção, apresentado na seção a seguir.

A organização das seis dimensões baseou-se em leituras sucessivas das fontes documentais, nas quais os aspectos recorrentes da adoção de IA foram agrupados por afinidade conceitual, resultando em seis categorias exploratórias. Cada dimensão é definida operacionalmente e empregada como lente analítica: (1) fusão de sensores e reconhecimento automatizado designa a integração de dados de múltiplos sensores e a identificação automática de objetos, e serve para avaliar a maturidade da camada de percepção; (2) autonomia e equipes homem-máquina refere-se ao grau de autonomia das plataformas e ao modo de cooperação com operadores humanos, e serve para comparar como cada ramo distribui tarefas entre humano e máquina; (3) compressão do ciclo de decisão e da cadeia de fogo designa a redução do tempo entre detecção e engajamento, e serve para medir a aceleração do processo de targeting; (4) arquitetura de dados, computação na borda e cibersegurança abrange a camada técnica que sustenta o fluxo, e serve para avaliar resiliência e segurança em ambientes contestados; (5) base industrial e modelos de contratação diz respeito à origem e à sustentação das capacidades, e serve para identificar padrões de fornecimento e riscos de concentração; e (6) governança, ética e controle humano abrange os limites normativos do uso da força, e serve para examinar a tensão entre automação e juízo humano. Essas definições orientam a análise por ramo desenvolvida na Seção IV.

3 UM MODELO GENÉRICO DE ADOÇÃO DE IA MILITAR

Antes de examinar cada ramo, é útil propor um modelo conceitual que articule as seis dimensões em uma sequência lógica. O modelo parte da premissa de que a adoção de IA militar não é um evento isolado de aquisição de tecnologia, mas um processo encadeado que transforma dados brutos em efeitos operacionais. A Figura 1 sintetiza esse encadeamento.

Cabe registrar que esse modelo constitui uma contribuição de natureza exploratória e analítica, concebida como instrumento heurístico para organizar as evidências e permitir a comparação entre ramos, e não como um modelo validado empiricamente; sua função é descritiva e comparativa, não preditiva.

Figura 1 – Modelo genérico de adoção de IA militar



Fonte: Autores (2026)

No modelo, as dimensões (1) a (3) descrevem o fluxo principal, dos sensores ao efeito operacional, ao passo que a dimensão (4) constitui a camada de sustentação técnica que permite que esse fluxo ocorra de modo seguro e distribuído. As dimensões

(5) e (6) são transversais: a base industrial e os modelos de contratação determinam quem fornece e sustenta as capacidades, enquanto a governança e a ética delimitam o que é permitido em cada etapa, em especial no ponto crítico do engajamento de alvos. As seções seguintes examinam como cada ramo das forças armadas instancia esse modelo.

4 ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL POR RAMO

4.1 Fusão de Sensores e Reconhecimento Automatizado

A primeira dimensão, e historicamente a porta de entrada da IA nas forças armadas norte-americanas, é a fusão de dados de sensores e o reconhecimento automatizado de objetos. O Projeto Maven, historicamente vinculado à Agência Nacional de Inteligência Geoespacial (NGA), teve a transferência de supervisão para o escritório de inteligência artificial do Departamento de Defesa determinada em 2026 (DEFENSESCOOP, 2026).

O sistema integra dados de drones, satélites e outros sensores para sinalizar potenciais alvos, apresentar achados a analistas humanos e encaminhar suas decisões a sistemas operacionais. Suas capacidades de visão computacional foram integradas a fluxos analíticos militares para detectar, identificar, caracterizar, extrair e atribuir objetos em imagens e vídeos, em alguns casos, com desempenho relatado como comparável ao humano em determinadas tarefas.

Iterações sucessivas do sistema acrescentaram a fusão multissensor, de modo que dados eletro-ópticos, infravermelhos, de radar de abertura sintética, de inteligência de sinais e de identificação automática de tráfego marítimo passaram a ser sobrepostos em um mapa comum. Segundo a NGA, o Maven funciona como um "fio" em uma tapeçaria de sensores conectados de todos os ramos das forças armadas, em uma rede unificada de IA, ou seja, embora administrado por uma agência de inteligência, seus produtos alimentam Exército, Marinha e Força Aérea. Esse caráter conjunto é o que torna a dimensão de fusão a base comum sobre a qual os demais usos se apoiam (NGA, s.d.).

4.2 Autonomia e Equipes Homem-Máquina

A segunda dimensão refere-se ao emprego de plataformas não tripuladas dotadas de autonomia, operando em conjunto com operadores humanos, o chamado teaming tripulado-não tripulado (Manned-Unmanned Teaming, MUM-T). É nesta dimensão que as diferenças de domínio entre os ramos se tornam mais visíveis.

Na Força Aérea, o conceito materializa-se no programa Collaborative Combat Aircraft (CCA), que prevê drones semiautônomos pareados a caças tripulados. Em demonstração anunciada em maio de 2026, a General Atomics e parceiros da Força Aérea utilizaram um F-35 Lightning II em solo e um MQ-20 Avenger em voo, empregado como substituto de CCA, para mostrar que o piloto do F-35 podia enviar comandos de autonomia tática a partir de um tablet na cabine, dirigindo o MQ-20 a executar manobras, ajustar pontos de rota e repassar dados de rastreamento. A comunicação ocorreu além da linha de visada, por meio de um enlace de dados em órbita terrestre baixa, com o software de autonomia TacACE embarcado no drone. A doutrina subjacente é a de parear aeronaves tripuladas a grandes quantidades de "extensões de asa" (wingmen) altamente autônomas, usando um "pacote de autonomia" de IA para aumentar a sobrevivência mantendo custos baixos (GA-ASI, 2026).

Na Marinha, a autonomia assume a forma de embarcações de superfície não tripuladas (USVs). A Task Force 59, estabelecida em setembro de 2021 no âmbito do Comando Central Naval e da 5ª Frota, foi a primeira unidade da Marinha dedicada a integrar sistemas não tripulados e IA às operações de frota. A força-tarefa combinou sistemas não tripulados persistentes para vigilância, sistemas de alta velocidade para resposta e ferramentas de IA e aprendizado de máquina para dar sentido ao grande volume de dados gerado por dezenas de plataformas, constituindo uma "rede em malha" (mesh network) capaz de ampliar a consciência do domínio marítimo. O objetivo declarado é uma frota híbrida tripulada-não tripulada, em que um único marinheiro possa, idealmente, supervisionar dezenas de plataformas. O modelo mostrou-se replicável: seu sucesso na 5ª Frota levou à extensão para a 4ª Frota, na América Central e do Sul (DEFENSESCOOP, 2023; ATLANTIC COUNCIL, 2023).

No Exército, embora a autonomia de plataformas seja menos exposta publicamente do que nos outros ramos, o foco recai sobre a orquestração de sistemas autônomos multidomínio e sobre a integração de capacidades de IA em nós de dados táticos, conforme se detalha nas dimensões seguintes. Ainda assim, iniciativas específicas ilustram a trajetória do Exército. O Project Convergence, série de experimentos conjuntos iniciada em 2020 no Exército dos Estados Unidos, integra inteligência artificial, robótica e veículos autônomos para conectar sensores a atiradores e encurtar a linha sensor-atirador, com ferramentas de IA voltadas à integração de dados de sensores e à redução dos prazos do ciclo sensor-atirador. Em iterações recentes, o programa passou a incorporar uma camada de dados integrada, com correlação e normalização automatizadas, e a articular-se ao esforço de comando e controle de todos os domínios (CJADC2) do Departamento de Defesa, inclusive por meio da integração com o Global Information Dominance Experiment (GIDE). Esses exemplos situam o Exército no mesmo movimento observado nos demais ramos, com ênfase na orquestração de dados táticos e na aceleração do ciclo decisório (RICO JUNIOR, 2025).

4.3 Compressão do Ciclo de Decisão e da Cadeia de Fogo

A terceira dimensão é, talvez, a de maior consequência operacional e ética: o encurtamento do tempo entre a detecção de um alvo e o seu engajamento. O Maven Smart System (MSS) evoluiu de um sistema que apenas identificava objetos de interesse para um que também integra dados do mundo real, visualiza-os em mapas compartilhados, rastreia alvos, recomenda armas disponíveis e reduz os prazos de "sensor para atirador" de horas para minutos, ou menos. O sistema incorpora um módulo descrito como "AI Asset Tasking Recommender", capaz de propor quais bombardeiros e munições devem ser atribuídos a quais alvos, e dispõe de conexões de enlace de dados táticos por meio das quais a decisão de um comandante de engajar pode ser transmitida máquina a máquina à plataforma de disparo.

Os ganhos de velocidade relatados são expressivos. Fontes públicas relatam ganhos de velocidade em fluxos de inteligência e targeting, incluindo a redução, em exercícios, de etapas que antes demandavam horas para intervalos da ordem de minutos. Esses relatos devem ser lidos com cautela, pois provêm, em boa parte, de demonstrações e declarações oficiais; ainda assim, indicam a direção do esforço: transformar um processo de targeting historicamente linear e sequencial em um processo paralelo e em rede. É também nesta dimensão que se concentra a maior parte das preocupações sobre transparência e segurança, sobretudo quando a aceleração do ciclo aproxima o sistema da cadeia de fogo (FORECAST INTERNATIONAL, 2026).

4.4 Arquitetura de Dados, Computação na Borda e Cibersegurança

Para que a fusão, a autonomia e a compressão do ciclo de decisão funcionem em ambientes contestados, é necessária uma camada de sustentação técnica: arquitetura de dados, computação na borda (edge computing) e cibersegurança. No caso do Maven, a Palantir fornece a arquitetura de dados subjacente que conecta os sistemas, permitindo que diferentes unidades militares compartilhem e analisem informações através das redes. Relata-se que o MSS chega a ingerir dados de mais de cento e cinquenta fontes, consolidando em uma única interface fluxos de trabalho de targeting que antes estavam dispersos em oito ou nove sistemas distintos.

A dimensão de borda e segurança aparece de forma nítida em parcerias industriais recentes. Em maio de 2026, a Booz Allen Hamilton e a Anduril anunciaram que softwares de missão e capacidades cibernéticas da primeira passaram a rodar nos sistemas de computação e comunicação Menace da segunda, integrados ao software Lattice. A justificativa é operacional: operadores na borda tática necessitam de consciência situacional, acesso cibernético de espectro completo e uma postura de segurança credenciada em um mesmo equipamento de computação que possam levar a áreas avançadas, capacidades que, historicamente, viviam em pilhas separadas, com caminhos de credenciamento distintos. Entre as capacidades integradas estão

soluções de zero-trust (confiança zero) que fornecem registro de eventos, aplicação de políticas e controles de segurança a todas as aplicações do sistema. O modelo zero-trust parte do princípio de que ninguém, dentro ou fora da organização, deve ser automaticamente confiável: cada requisição de acesso é verificada antes de ser concedida (BOOZ ALLEN HAMILTON; ANDURIL, 2026).

Convém observar, contudo, que a camada de sustentação técnica não se esgota na proteção do perímetro: os próprios modelos de IA constituem uma superfície de ataque. A literatura de segurança em aprendizado de máquina, sistematizada pela taxonomia do NIST, descreve ataques adversariais, como exemplos adversariais (evasion) que induzem classificações erradas por meio de perturbações imperceptíveis, e o envenenamento de dados (poisoning), que compromete o modelo na fase de treinamento (VASSILEV et al., 2024). A esses riscos somam-se o desvio de distribuição (distribution drift), em que a degradação silenciosa do desempenho decorre da divergência entre os dados de treinamento e as condições reais de emprego, e a limitada explicabilidade (XAI) de modelos complexos, que dificulta a auditoria das recomendações. Em contextos de targeting, essas vulnerabilidades deslocam a chamada caixa-preta algorítmica da esfera da governança para a do risco técnico crítico: um alvo assinalado por um modelo opaco, sob ataque ou em drift, pode chegar ao operador sem que este disponha de meios para avaliar a confiabilidade da recomendação, o que corrói, na prática, a validade do juízo humano apropriado.

4.5 Base Industrial e Modelos de Contratação

A quinta dimensão diz respeito a quem fornece e sustenta as capacidades de IA, e como o faz. A trajetória do Maven é também a história de como uma iniciativa exploratória, montada fora da base tradicional de contratação de defesa, acabou consolidada sob fornecedores comerciais. O teto contratual do Maven Smart System foi elevado para US$ 1,3 bilhão até 2029, ante os US$ 480 milhões anteriores, e o Pentágono sinalizou a intenção de transformar o sistema em um "programa de registro" (program of record) formal, o que traria fluxos de financiamento mais estáveis e ampliaria sua adoção em todo o departamento. O Exército, em particular, posicionou-

se para conduzir ações futuras de contratação ligadas à plataforma (DEFENSESCOOP, 2026; MILITARY.COM, 2026).

Essa consolidação levanta a questão do risco de concentração de fornecedores: à medida que a padronização de plataformas concentra os fluxos de trabalho de missão em um conjunto menor de softwares e serviços de nuvem aprovados, cresce a dependência de poucos provedores. Ao mesmo tempo, observa-se um ecossistema dinâmico de parcerias e integrações, entre empresas de software, fabricantes de hardware de borda e provedores de modelos de IA, com investimentos voltados à orquestração de sistemas autônomos multidomínio e à comunicação tática resiliente. O resultado é uma base industrial em que velocidade de implantação é explicitamente priorizada.

4.6 Governança, Ética e Controle Humano

A sexta dimensão é transversal e delimita o que é permitido em cada etapa do modelo: a governança e a ética do uso da força. O instrumento central da política norte-americana é a Diretiva 3000.09 do Departamento de Defesa, sobre autonomia em sistemas de armas, emitida em novembro de 2012 e atualizada mais recentemente em janeiro de 2023. A diretiva define sistemas de armas autônomos como aqueles que, uma vez ativados, podem selecionar e engajar alvos sem intervenção adicional de um operador. Sistemas de apoio à decisão, por si só, não se enquadram necessariamente nessa definição (SAYLER, 2026; ESTADOS UNIDOS, 2023).

Um ponto frequentemente mal compreendido, inclusive por líderes militares, é que a diretiva não proíbe armas autônomas nem estabelece uma exigência de que as armas dos EUA tenham um “humano no laço” (human in the loop); essa expressão, de fato, não aparece na política. Para os sistemas de armas abrangidos pela política, a diretiva estabelece a necessidade de permitir que comandantes e operadores exerçam “níveis apropriados de juízo humano sobre o uso da força”. Essa formulação deliberadamente flexível tem sido objeto de crítica: organizações de direito internacional humanitário e alguns Estados defendem um “controle humano significativo” mais estrito, e observadores discutem as implicações da substituição,

na definição revista, da expressão “operador humano” por “operador” (ALLEN, 2022; BARBOSA, 2023).

No caso concreto do Maven, mantém-se a moldura de “humano no laço” como apoio à decisão: o sistema apresenta achados e recomendações, mas a decisão de engajar caberia ao operador. Analistas observam, contudo, que modelos de linguagem de grande porte integrados ao sistema não fornecem necessariamente recomendações diretas de alvo; suas funções podem subsidiar a identificação de opções no sistema mais amplo, e que o princípio organizador do Maven não é uma aposta nas capacidades de um modelo específico, mas a compressão dramática das etapas entre as opções de alvo e os disparos por meio de tecnologias intermediárias interligadas, das quais a IA é apenas um componente. É justamente essa compressão que tensiona, na prática, a exigência de juízo humano apropriado.

Tabela 1 – Síntese comparativa da adoção de IA por ramo ao longo das seis dimensões

Dimensão	Exército	Marinha	Força Aérea
(1) Fusão de sensores e reconhecimento	Maven em nós de dados táticos; correlação multissensor (Firestorm)	“Oceano digital” da TF 59; fusão de dados de USVs	Fusão para alimentar teaming e targeting em rede
(2) Autonomia e teaming homem-máquina	Orquestração multidomínio; plataformas robóticas em experimentação	Frota híbrida; USVs supervisionados (TF 59)	CCA; MQ-20 Avenger pareado ao F-35
(3) Compressão do ciclo de decisão	Redução do ciclo de targeting no Project Convergence	Consciência de domínio acelerada por IA/ML	Comando de autonomia tática por tablet (F-35 em solo; MQ-20 em voo)
(4) Dados, borda e cibersegurança	Camada de dados integrada; CJADC2/ GIDE	“Rede em malha” de ativos conectados	Enlace LEO; autonomia embarcada (TacACE)
(5) Base industrial e contratação	Responsabilidade por contratos futuros ligados ao Maven	Integração de USVs comerciais; parcerias	General Atomics; “pacote de autonomia” de baixo custo
(6) Governança, ética e controle humano	“Humano no laço” em targeting; disparo não autônomo	Supervisão humana de múltiplas plataformas	Juízo humano na cadeia de fogo; Diretiva 3000.09

Fonte: Autores (2026)

5 DISCUSSÃO

A leitura comparativa das seis dimensões revela um padrão de convergência. Embora Exército, Marinha e Força Aérea partam de domínios e plataformas distintos, nós de dados táticos, embarcações não tripuladas e caças pareados a drones, respectivamente, todos instanciam o mesmo encadeamento proposto na Figura 1: sensores alimentam uma camada de fusão e reconhecimento; uma infraestrutura de dados, borda e segurança sustenta o fluxo; plataformas autônomas ampliam o alcance dos operadores humanos; e o ciclo de decisão é progressivamente comprimido até o efeito operacional. Essa convergência é reforçada pelo caráter conjunto de programas como o Maven, cujos produtos atravessam os ramos.

Duas tensões estruturais emergem dessa análise. A primeira é a tensão entre velocidade e controle: os mesmos avanços que comprimem o ciclo sensor-para-atirador de horas para minutos reduzem o tempo disponível para o exercício do juízo humano, ainda que a moldura formal o preserve. A segunda é a tensão entre eficiência e dependência: a consolidação em plataformas comerciais padronizadas confere ganhos de interoperabilidade e velocidade de implantação, mas concentra capacidades críticas em poucos fornecedores e levanta questões de transparência, sobretudo quando agências e empresas se mostram reticentes em discutir a adoção dos sistemas.

A tensão entre velocidade e controle merece exame técnico mais detido. Quando o ciclo sensor-atirador opera em intervalos muito curtos, o juízo humano encontra um limite de natureza física e cognitiva: o tempo de reação humano, da ordem de centenas de milissegundos apenas para estímulos simples, é incompatível com a revisão deliberada de cada recomendação gerada em ritmo de máquina. Nesses regimes, o controle humano tende a migrar do laço de execução (human in the loop) para a supervisão do laço (human on the loop) e, sobretudo, para etapas anteriores, o desenho, o teste, a definição de regras de engajamento e a autorização de missão, em

que o juízo é exercido sobre o comportamento do sistema, e não sobre cada disparo. A restrição, portanto, não é meramente burocrática: é física quanto à intervenção em tempo real e procedimental quanto ao ponto em que o juízo pode ser efetivamente aplicado. Reconhecer essa distinção é essencial para que a exigência de juízo humano apropriado não se reduza a uma formalidade.

Cabe ainda situar esse esforço no plano da competição estratégica. A urgência na adoção de IA pelas forças armadas dos Estados Unidos responde, em boa medida, à percepção de que competidores como a China e a Rússia investem intensamente em autonomia e em sistemas de decisão assistidos por IA. O receio de perder a vantagem decisória é um dos motores explícitos da pressa observada nos programas analisados. Essa dinâmica de ação e reação ajuda a explicar por que a velocidade de implantação é priorizada mesmo diante de incertezas técnicas e éticas ainda não resolvidas.

Por fim, os achados ganham nitidez quando lidos sob uma perspectiva integradora de Defesa, e não apenas como a soma de três trajetórias singulares. O caráter conjunto de programas como o Maven, cujos produtos atravessam os ramos, e a convergência para arquiteturas de comando e controle de todos os domínios (CJADC2) indicam que o cerne da adoção não reside em cada força isoladamente, mas no nível estratégico e conjunto, em que dados, sensores e atiradores de domínios distintos são tratados como um sistema único. É desse nível que deve emergir a visão holística capaz de arbitrar as tensões entre velocidade e controle e entre eficiência e dependência, uma vez que decisões sobre padronização de plataformas, governança de dados e limites do uso da força transcendem a competência de qualquer ramo isolado.

Vale notar uma limitação importante deste estudo: as fontes disponíveis são majoritariamente públicas e, com frequência, originam-se de comunicados oficiais ou de fabricantes, o que pode enviesar tanto os números de desempenho quanto a ênfase na manutenção do controle humano. As métricas citadas devem, portanto, ser tratadas como indicativas de tendência, e não como medidas auditadas de eficácia operacional.

Em particular, afirmações como a redução do ciclo “de horas para minutos”, o teto contratual de US$ 1,3 bilhão e os indicadores divulgados de desempenho em targeting derivam de fonte única, de fornecedores ou de demonstrações, e são aqui reportadas como indicativas de tendência, e não como desempenho verificado de forma independente.

6 CONCLUSÃO

Este artigo analisou, de forma comparativa e multidimensional, a adoção de inteligência artificial pelo Exército, pela Marinha e pela Força Aérea dos Estados Unidos, organizando a investigação em seis dimensões e propondo um modelo genérico que as articula. A principal contribuição é mostrar que, apesar da diversidade de domínios e plataformas, a adoção converge para um mesmo movimento estrutural: a consolidação de capacidades comerciais de IA em fluxos de trabalho de inteligência e de fogo, sustentada por arquiteturas de dados e cibersegurança de borda, e voltada à compressão do tempo entre detecção e engajamento.

Essa convergência traz consigo uma renegociação permanente do perímetro ético. A Diretiva 3000.09, ao exigir “níveis apropriados de juízo humano sobre o uso da força” sem impor uma fórmula rígida de controle, oferece flexibilidade regulatória, mas é precisamente essa flexibilidade que, diante da aceleração do ciclo de decisão, torna o controle humano significativo uma questão em aberto. Pesquisas futuras poderiam aprofundar a análise com fontes independentes de desempenho, examinar o papel de aliados e coalizões na difusão dessas capacidades e investigar, em maior detalhe, como o juízo humano é efetivamente exercido, e não apenas formalmente preservado, nos pontos críticos da cadeia de fogo.

Embora centrada nos Estados Unidos, a análise oferece implicações para as Forças Armadas brasileiras. A experiência norte-americana sugere que a incorporação de IA à Defesa nacional exige, desde já, atenção a três frentes: a governança do juízo humano apropriado, com regras claras de engajamento e pontos de revisão anteriores à

execução; a soberania de dados e a resiliência da camada de borda e de cibersegurança, condição para operar em ambientes contestados sem dependência crítica de poucos fornecedores; e o fortalecimento da base industrial de defesa nacional, de modo a equilibrar a velocidade de adoção com autonomia tecnológica. Essas frentes apontam caminhos para uma adaptação seletiva, e não meramente mimética, das tendências aqui identificadas ao contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Gregory C. **DOD Is Updating Its Decade-Old Autonomous Weapons Policy, but Confusion Remains Widespread.** Center for Strategic and International Studies (CSIS), 6 jun. 2022. Disponível em: https://www.csis.org/analysis/dod-updating-its-decade-old-autonomous-weapons-policy-confusion-remains-widespread. Acesso em: 15 jun. 2026.

ATLANTIC COUNCIL. **The US Navy will employ autonomous vessels in a new region – but integrating the tech won't be easy.** 26 set. 2023. Disponível em: https://www.atlanticcouncil.org/blogs/new-atlanticist/the-us-navy-will-employ-autonomous-vessels-in-a-new-region-but-integrating-the-tech-wont-be-easy/. Acesso em: 15 jun. 2026.

BARBOSA, Lutiana Valadares Fernandes. **Exploring the 2023 U.S. Directive on Autonomy in Weapon Systems: Key Advancements and Potential Implications for International Discussions.** CEBRI-Journal, ano 2, n. 7, p. 116-136, 2023. DOI: https://doi.org/10.54827/issn2764-7897.cebri2023.07.03.06.116-136.en. Disponível em: https://cebri.org/revista/en/artigo/114/exploring-the-2023-us-directive-on-autonomy-in-weapon-systems. Acesso em: 15 jun. 2026.

BOOZ ALLEN HAMILTON; ANDURIL. **Booz Allen and Anduril Partner to Deploy C2, Cyber, and Zero Trust Capabilities on Menace and Lattice.** Business Wire, 18 maio 2026. Disponível em: https://newsroom.boozallen.com/news-releases/news-release-details/booz-allen-and-anduril-partner-deploy-c2-cyber-and-zero-trust. Acesso em: 15 jun. 2026.

DEFENSESCOOP. **Navy's Task Force 59 reaches full operational capability as it works to build a "digital ocean" of connected assets.** 10 jan. 2023. Disponível em: https://defensescoop.com/2023/01/10/navys-task-force-59-reaches-full-operational-capability-as-it-works-to-build-a-digital-ocean-of-connected-assets/. Acesso em: 15 jun. 2026.

DEFENSESCOOP. **DOD components face "aggressive" timeline for Maven Smart System transition.** 15 abr. 2026. Disponível em: https://defensescoop.com/2026/04/15/palantir-maven-smart-system-pentagon-program-transition-feinberg/. Acesso em: 15 jun. 2026.

ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **Establishment of an Algorithmic Warfare Cross-Functional Team (Project Maven).** Memorando do Vice-Secretário R. O. Work, 26 abr. 2017. Documento indexado pelo Defense Technical Information Center (DTIC).

ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **Directive 3000.09: Autonomy in Weapon Systems.** Washington, DC, 25 jan. 2023. Versão original de nov. 2012. Disponível em: https://www.esd.whs.mil/portals/54/documents/dd/issuances/dodd/300009p.pdf. Acesso em: 15 jun. 2026.

FORECAST INTERNATIONAL. **AI in Iran: It's Not (Just) About Capabilities.** Defense Security Monitor, 27 mar. 2026. Disponível em: https://dsm.forecastinternational.com/2026/03/27/ai-in-iran-its-not-just-about-capabilities/. Acesso em: 15 jun. 2026.

GA-ASI (General Atomics Aeronautical Systems). **GA-ASI and U.S. Air Force Demonstrate Advanced Manned-Unmanned Teaming With MQ-20 Avenger and F-35 in Joint Autonomy Exercise.** San Diego, 27 maio 2026. Disponível em: https://www.ga-asi.com/ga-asi-and-us-air-force-demonstrate-advanced-manned-unmanned-teaming-with-mq-20-avenger-and-f-35-in-joint-autonomy-exercise. Acesso em: 15 jun. 2026.

MILITARY.COM. **Pentagon Expands Use of Palantir AI in New Defense Contract.** 22 mar. 2026. Disponível em: https://www.military.com/feature/2026/03/22/pentagon-expands-palantirs-role-ai-contract.html. Acesso em: 15 jun. 2026.

NGA (National Geospatial-Intelligence Agency). **GEOINT Artificial Intelligence.** [s. d.]. Disponível em: https://www.nga.mil/news/GEOINTArtificialIntelligence.html. Acesso em: 15 jun. 2026.

RICO JUNIOR, David E. **Project Convergence: Revolutionizing Targeting in Large-Scale Combat Operations.** Field Artillery, 15 abr. 2025. Disponível em: https://www.lineofdeparture.army.mil/Journals/Field-Artillery/Field-Artillery-Archive/Field-Artillery-2025-E-Edition/Project-Convergence/. Acesso em: 15 jun. 2026.

SAYLER, Kelley M. **Defense Primer: U.S. Policy on Lethal Autonomous Weapon Systems (IF11150).** Congressional Research Service, 26 mar. 2026. Disponível em: https://www.congress.gov/crs-product/IF11150. Acesso em: 15 jun. 2026.

VASSILEV, A.; OPREA, A.; FORDYCE, A.; ANDERSON, H. **Adversarial Machine Learning: A Taxonomy and Terminology of Attacks and Mitigations.** Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, jan. 2024. NIST AI 100-2e2023. DOI: https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-2e2023. Acesso em: 15 jun. 2026.

Autoria

1 Manoel Fernandes Amaral Filho

Graduado em Ciências Militares e Direito; Pesquisador; Coronel Veterano do Exército Brasileiro; Mestre em Operações Militares pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais; Doutorando em Engenharia Elétrica
https://orcid.org/0009-0006-6496-0539 • https://ror.org/02263ky35

2 Max Fortunato Cohen

Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Amazonas; Mestre em Administração pela Universidade Federal de Santa Catarina; Doutor em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas; Empreendedor; Cientista de Dados no Programa Arapaima
https://orcid.org/0009-0009-7440-4386 • maxfc@gvmail.br

Como citar este artigo

AMARAL FILHO, M. F.; COHEN, M. F. Inteligência artificial nas Forças Armadas: uma análise multidimensional da adoção de IA pelo Exército, Marinha e Força Aérea dos Estados Unidos. **InterAção**, Santa Maria, v. 17, n. 3, e99392, p. 1-18, 2026. DOI 10.5902/2357797599392. Disponível em: https://dx.doi.org/10.5902/2357797599392. Acesso em: dia mês abreviado. ano.