



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

EUGÊNIO TAVARES CÂMARA, Ten Cel Int

**A Aplicabilidade de Drones com Inteligência Artificial na FAB**

Rio de Janeiro  
2022

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA  
COORDENADORIA ACADÊMICA  
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

EUGÊNIO TAVARES CÂMARA, Ten Cel Int

**A Aplicabilidade de Drones com Inteligência Artificial na FAB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado,  
como requisito parcial para aprovação, no  
Curso Avançado de Comando e Estado-Maior.  
Linha de Pesquisa: Poder Militar  
Orientador: Evandro Carlos Baranzelli

Rio de Janeiro  
2022

## RESUMO

Este artigo teve por objetivo analisar o possível custo benefício da implantação de drones com inteligência artificial na FAB. Para, isso foi feita uma pesquisa predominantemente exploratória, quanto ao objetivo, e documental, quanto aos procedimentos. Iniciou-se com um breve histórico do quanto o uso de armas inovadoras teve um impacto decisivo nas guerras. Depois, como um referencial de uma das tecnologias de maior destaque atualmente, foi feita uma abordagem sucinta do que é a inteligência artificial e de como ela já está sendo empregada atualmente em diversas organizações, civis ou privadas. A partir desses exemplos de aplicações já em execução foi feita uma análise dos prováveis fatores positivos e negativos que essa tecnologia poderia trazer para os drones. Por fim foi feita uma projeção futura de cenários nos quais a FAB poderia se encaixar ao adotar essa nova tecnologia com foco principalmente no grau de dissuasão que as grandes nações projetam ao adotar tecnologias de vanguarda em seus meios militares.

**Palavras-chave:** Drone. Inteligência artificial. Tecnologia. Dissuasão

## **ABSTRACT**

*This paper aimed to analyze the possible cost-benefit of deploying artificial intelligence drones at FAB. For this, a predominantly exploratory research was carried out, regarding the objective, and documentary, regarding the procedures. It began with a brief history of how the use of innovative weapons had a decisive impact on wars. Then, as a reference of one of the most prominent technologies today, a succinct approach was made to what artificial intelligence is and how it is currently being used in various organizations, civil or private. From these examples of applications already running, an analysis was made of the likely positive and negative factors that this technology could bring to drones. Finally, a future projection of scenarios in which the FAB could fit in when adopting this new technology was made, focusing mainly on the degree of dissuasion that large nations project when adopting cutting-edge technologies in their military means.*

**Keywords:** *Drone. Artificial Inteligence. Technology. Dissuasion*

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Quadro 1 – Roteiro Abrangente para a Tecnologia Autônoma .....	14
Quadro 2 – Estimativa de gastos no orçamento militar de ciência e tecnologia do EUA .....	17
Quadro 3 – Dez maiores Grupos Aeroespaciais em 2006.....	17

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica
DICA	Direito Internacional dos Conflitos Armados
EUA	Estados Unidos da América
FAB	Força Aérea Brasileira
IA	Inteligência Artificial
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
RAM	Revolução em Assuntos Militares
UAV	Unmanned air vehicle
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
USAF	United States Air Force

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>02</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>03</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>04</b>
<b>4.1 O Impacto de Novas Tecnologias nos Conflitos Modernos .....</b>	<b>04</b>
<b>4.2 Novas Tecnologias e a Revolução em Assuntos Militares.....</b>	<b>06</b>
<b>4.3 O Emprego da inteligência artificial e de sistemas autônomos no meio privado.....</b>	<b>07</b>
<b>4.4 O emprego de inteligência artificial e sistemas autônomos em Armas.....</b>	<b>10</b>
<b>4.5 Aspectos positivos do uso da inteligência artificial e sistemas autônomos em armas....</b>	<b>11</b>
<b>4.6 Aspectos Negativos do Uso da Inteligência Artificial e de sistemas autônomos em Armas.....</b>	<b>12</b>
<b>4.7 Possíveis arranjos para a aplicação da inteligência artificial e sistemas autônomos em drones da FAB.....</b>	<b>15</b>
<b>4.8 A inteligência artificial e os sistemas autônomos sob a perspectiva estratégica.....</b>	<b>16</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O avião foi inventado no início do século 20, com fins civis, e rapidamente começou a ser usado para propósitos militares. Em 1911, por exemplo, a Itália já estava usando o avião para jogar bombas na guerra contra o Império Otomano. Posteriormente, no início da Primeira Guerra Mundial, ele também foi usado para missões de reconhecimento aéreo e bombardeio.

Por outro lado, diferentemente dos aviões, os drones surgiram primeiramente para aplicações bélicas, na forma de mísseis guiados remotamente e, somente anos depois, começaram a ser usados em aplicações civis.

No meio civil, a variedade das aplicações dos drones se expande de forma proporcional ao avanço tecnológico, de forma que eles são usados hoje em diversas áreas, como monitoramento do clima, entrega de mercadorias, busca e salvamento, e pulverização de defensivos agrícolas.

Da mesma forma, as aplicações militares estão se expandindo proporcionalmente ao avanço tecnológico, e a incorporação da inteligência artificial a esse meio aéreo permitirá ampliar ainda mais essas capacidades.

Trata-se de um incremento novo, que forças aéreas de poucos países, como a China, os EUA e a Rússia estão experimentando, mas na FAB, até o momento, ainda não há planos para a sua aplicação, apesar de já existir um grande incentivo nessa área no Governo Federal. Em 06 de abril de 2021, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) publicou a Portaria nº 4.617, instituindo a Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial.

Por meio dessa norma, foram traçados objetivos ambiciosos, como contribuir para a elaboração de princípios éticos para o desenvolvimento e uso de IA responsáveis, promover investimentos sustentados em pesquisa e desenvolvimento em IA, remover barreiras à inovação em IA, capacitar e formar profissionais para o ecossistema da IA, estimular a inovação e o desenvolvimento da IA brasileira em ambiente internacional, e promover um ambiente de cooperação entre os entes públicos e privados, a indústria e os centros de pesquisas para o desenvolvimento da Inteligência Artificial.

Diante desse incentivo do governo, fica difícil que a FAB também não priorize o assunto. Além disso, o próprio Livro Branco de Defesa, do Ministério da Defesa, prevê que é também missão das Forças Armadas o fomento ao desenvolvimento tecnológico, e a DCA 11-45, da FAB, prevê que deve ser buscada sempre uma melhoria contínua da Força Aérea.

Na DCA 11-45, também é previsto que um dos elementos basilares para o êxito da dissuasão de uma força aérea é o fator técnico, que varia com o avanço tecnológico dos

armamentos. E assim, para a adequada estruturação do Poder Aeroespacial, é fundamental que ocorra um investimento constante em pesquisa e desenvolvimento, e o estudo de uma tecnologia de ponta, como a inteligência artificial, torna-se primordial para a FAB.

Dessa forma, fica evidente a necessidade de investigar em que medida o emprego de drones com inteligência artificial pode apresentar um bom custo benefício para a FAB.

Para atender essa necessidade foram definidos os seguintes objetivos específicos:

a) identificar como a adoção de tecnologias inovadoras teve impacto decisivo na história das guerras ou no planejamento estratégico dos combates;

b) analisar quais são os fatores positivos e negativos na operação de drones com inteligência artificial;

c) e analisar em que medida essa nova tecnologia estaria adequada à concepção estratégica da FAB.

## **2 METODOLOGIA**

Quanto ao objetivo, segundo a classificação de Gil (1999, pg. 43), a pesquisa foi predominantemente do tipo exploratória, analisando um tema bastante novo no Brasil e no mundo, e que promete mudar bastante a dinâmica dos conflitos armados.

Quanto aos procedimentos, ainda segundo a classificação de Gil (1999, pg.66), foi feito o uso da pesquisa documental, investigando como o uso de armas inovadoras teve um impacto decisivo nas guerras ou no planejamento estratégico dos combates, tanto sob a ótica da história, quanto na perspectiva da Revolução em Assuntos Militares. Depois, foi feita uma abordagem sucinta do que é a inteligência artificial e de como ela já está sendo empregada atualmente em diversas organizações, civis ou militares.

A partir desses exemplos de aplicações já em execução, foi feita uma análise dos prováveis fatores positivos e negativos que essa tecnologia poderia trazer para aeronaves não tripuladas, baseado em artigos publicados em revistas acadêmicas.

Por fim, foi feito um exame da Inteligência Artificial sob uma perspectiva estratégica e projeção futura de cenários nos quais a FAB poderia se encaixar ao adotar essa nova tecnologia, com foco principalmente no grau de dissuasão que as grandes nações projetam ao adotar tecnologias de vanguarda em seus meios militares, no nível de investimento que outros países estão fazendo em inteligência artificial e nas normas que possam limitar o uso dessa tecnologia.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao abordar tecnologias novas, fica evidente a necessidade de identificar autores que tratam da Revolução em Assuntos Militares. No livro “*The Dynamics of Military Revolution 1300-2050*”, é abordado o impacto de novas tecnologias nos conflitos ao longo da história, e a necessidade de desenvolvimento de novas doutrinas que potencializem o seu uso. Esse livro foi escrito por Macgregor Knox (professor da *International History at the London School of Economics and Political Science*) e por Williamson Murray (Membro Senior do *Institute for Defense Analysis* em Washington D.C.).

Sobre esse mesmo tema, o Tenente Coronel Scott Stephenson (do Exército dos EUA) publicou um artigo em 2010, na Revista *Military Review*, no qual elegera doze pontos importantes a serem observados em relação a como as forças armadas podem se preparar para mudanças drásticas na maneira como os combates poderão ser conduzidos.

Após esse ponto, pôde-se abordar assuntos mais específicos da Revolução em Assuntos Militares, como a inteligência artificial e suas implicações. Conforme o exposto numa monografia de Brock II (2017), da Escola de Estudos Avançados do Exército Americano, o uso da inteligência artificial para produzir sistemas de armas letais autônomos tornar-se-á a terceira revolução de tecnologia bélica, após a invenção da pólvora e das armas nucleares, o que poderá mudar radicalmente a natureza dos futuros conflitos, devido à capacidade desses sistemas de encontrar, rastrear e destruir alvos mais rapidamente do que os humanos.

Também pôde-se abordar o impacto da inteligência artificial em várias esferas da sociedade, além da sua aplicação em armas. No livro *Homo Deus - Uma Breve História do Amanhã*, Yuval Noah Harari fez um histórico da evolução da sociedade e tentou projetar qual seria o futuro da humanidade, a partir das novas tecnologias que surgiram nos últimos anos, e dentre essas tecnologias, destacou a inteligência artificial e o seu impacto na medicina, na bolsa de valores, em empresas de varejo e até nas futuras relações sociais, dentre outras áreas. Todavia por ser um tema bastante novo e em constante evolução, as matérias mais atualizadas só foram encontradas em artigos acadêmicos (da Força Aérea Americana e do Exército Americano, por exemplo).

## 4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 O Impacto de Novas Tecnologias nos Conflitos Modernos

Na Primeira Guerra Mundial (de 1914 a 1918), o uso de lança chamas permitiu forçar o inimigo a sair de suas trincheiras, enquanto que a artilharia também começou a ser usada, permitindo atingir o inimigo a grandes distâncias e até derrubar aviões. Segundo Knox e Murray (2001), no nível tecnológico, a artilharia passou a dominar a guerra, e o fogo indireto (projétil lançado em trajetória parabólica em vez de uma linha reta) passou a dominar a artilharia, exigindo uma imensa demanda por inteligência e sistemas de comando, controle e comunicações, para melhorar a precisão e o alcance dos ataques.

Nesse mesmo conflito, as aeronaves começaram a ser usadas, trazendo também novas perspectivas e novas estratégias de combate. Para Biddle (2019), no início dessa guerra, tornou-se óbvio que os aviões eram instrumentos militares poderosos, oferecendo vantagens importantes para aqueles que os empregavam bem, e desvantagens agudas, para aqueles que não conseguiam fazê-lo. Antes desse conflito, os militares tinham uma visão conservadora sobre o avião, planejando que a única contribuição dessa tecnologia seria em missões de reconhecimento, e realmente foi constatado a forma revolucionária como as informações de inteligência passaram a ser coletadas, e como o espaço de batalha poderia ser monitorado e utilizado. Mas, ao longo do conflito, foi comprovado o seu valor em uma variedade de missões, mesmo que ainda em caráter experimental, como o bombardeio e o apoio aéreo aproximado.

Já na Segunda Guerra Mundial (de 1939 a 1945), a metralhadora tornou-se fundamental, pois passou-se a usar munição de pistola, muito mais barata do que a de rifle (usado em modelos anteriores), além da maior mobilidade. Nesse mesmo conflito, a Alemanha Nazista utilizou um novo método de guerra ofensiva (chamado de *Blitzkrieg*), combinando carros de combate, infantaria motorizada, artilharia e apoio de fogo aéreo, permitindo a rápida concentração de forças, manobra e ataques surpresa aos inimigos, tudo coordenado por meio de comunicações de rádio.

Knox e Murray (2001) relatam que a *Blitzkrieg* surgiu após um extenso trabalho realizado pelo General alemão Hans Von Seecket, que, logo após o término da Primeira Guerra Mundial, organizou cinquenta e sete comitês para estudar o conflito anterior, dentro do contexto das novas tecnologias da época. Após esse estudo, os alemães perceberam que os blindados e a motorização, exigiam uma liderança descentralizada em combate, para permitir militares com mais autoconfiança e iniciativa, a fim de explorar ao máximo situações repentinamente

favoráveis durante o conflito. Além disso, percebeu-se que a inovação militar não era uma série de passos que levavam a um resultado estático, mas um processo contínuo de mudança e adaptação, impelido não apenas pela tecnologia, mas pela natureza do campo de batalha e do inimigo.

Na batalha da Inglaterra, em 1940 (durante a Segunda Guerra Mundial), os ingleses usaram radares pela primeira vez em combate, permitindo que eles identificassem previamente o avanço de aviões alemães sobre o seu território e mantivessem a superioridade aérea, mesmo com um número mais reduzido de aeronaves em relação aos alemães. O sistema de radares ingleses havia sido construído apenas alguns anos antes, nas costas leste e sul da Grã-Bretanha, e era mais conhecido como *Chain Home*. Um fato curioso é que o radar havia sido desenvolvido pelo escocês Robson Watson-Watt, inicialmente com fins meteorológicos, para detectar previamente “trovoadas”.

Já em 1957, a URSS lançou o primeiro satélite, o *Sputnik*, o que despertou a preocupação sobre os possíveis problemas que o uso militar do espaço poderia trazer. Todavia, segundo Biddle (2019), os sistemas bélicos das atuais potências militares dependem de sistemas espaciais, principalmente para a previsão do tempo e para geolocalização, e, assim, os sistemas espaciais agem atualmente como um multiplicador de força para os sistemas terrestres.

Nas décadas mais atuais, outra tecnologia, a furtividade, passou a ter grande impacto nas nos vetores aéreos. Aeronaves, como o F-117 e o F-22 (aviões com detecção ao radar extremamente reduzidas), revolucionaram as táticas de combate, ao tornar obsoletos todos os antigos meios de defesa aérea (dependentes de radares), conforme artigo publicado por Nennedy (1993). Essa tecnologia tornou os sistemas de radar ineficazes, reduzindo significativamente seus alcances de detecção, o que comprometeu diretamente os sistemas de defesa aérea, que dependem dos radares para detectar aeronaves inimigas, rastreá-las e direcionar os meios para a neutralização dessa ameaça. Um exemplo disso foi a operação Tempestade no Deserto, em 1991, na qual o F117 atingiu pontos vitais do Iraque antes mesmo da destruição dos sistemas de defesa iraquianos.

Mais recentemente, na Guerra da Síria (que se iniciou em 2011 e perdura até os dias atuais), a Turquia usou sistemas de guerra eletrônica e drones táticos *Bayraktar TB2* e drones multiuso TAI *Anka*, de média altitude e de longo alcance, que permitiram que as forças turcas realizassem todas as tarefas necessárias durante o conflito com o Exército Sírio, apesar do fechamento do espaço aéreo sobre *Idlib*, cidade situada no noroeste da Síria, pelas forças do governo russo e sírio. Em apenas uma noite, o exército turco destruiu mais de 200 alvos, cinco helicópteros, 23 carros de combate, 23 peças de artilharia e sistemas de mísseis antiaéreos Buk

e Pantsir de fabricação russa, e matou 309 soldados sírios. Tratou-se de uma situação inédita e transformadora, o uso desses drones no confronto direto entre Estados, e integrado à estratégia operacional da Rússia, Turquia e Síria. Esse fato foi destacado por um artigo de Urcosta (2020), na *Air University*, dos EUA.

Nesse mesmo conflito, também ficou evidente que os UAVs são o instrumento mais eficaz no cumprimento de objetivos militares e políticos. Os UAVs turcos foram capazes de atingir alvos que os F-16 não conseguiram, obtendo os mesmos efeitos que os aviões de guerra sem incorrer nas mesmas consequências militares ou políticas que a penetração mais tradicional em áreas hostis poderia acumular.

#### **4.2 Novas Tecnologias e a Revolução em Assuntos Militares**

O peso da aplicação de novas tecnologias nos conflitos e na dissuasão sempre foi uma constante ao longo da história. Porém as novas tecnologias adquiriram uma importância ainda maior na Guerra Fria. Na Europa pós Segunda Guerra Mundial, os EUA perceberam que não poderiam garantir a superioridade militar naquela região de forma quantitativa (devido à imensa superioridade numérica das forças da aliança militar entre a URSS e as repúblicas socialistas da Europa Central e Oriental - Pacto de Varsóvia). Por isso, o governo americano passou a incentivar intensamente a pesquisa científica aplicada à novas armas, de modo que os armamentos mais modernos pudessem compensar a defasagem numérica e preservar o poder de dissuasão (CHAPMAN, 2003).

Por meio de vultosos investimentos em pesquisa e investimentos, as forças armadas americanas puderam construir um poder de dissuasão muito acima de todos os demais países, e esse processo de transformação passou a ser chamado de Revolução em Assuntos Militares (RAM).

Sobre as RAM's, foram elaborados diversos artigos, como o de Stephenson (2010). Esse autor, citando Murray e Knox, definiu que RAM é um fenômeno que prevê o impacto que a soma de inovações táticas, organizacionais, doutrinárias teria na implantação de uma nova abordagem conceitual em relação à guerra ou a um sub-ramo especializado dela.

Nesse mesmo artigo, podem ser destacadas as seguintes ideias: as revoluções não esperam por ninguém (e aqueles que demoram a adaptar-se são propensos a sofrer resultados dolorosos), as forças militares que se antecipam e se adaptam têm chances de ganhar uma enorme vantagem em relação a potenciais inimigos menos ágeis, a vantagem em um aspecto do

combate irá inspirar outros a lançarem suas próprias RAM's (a inferioridade estratégica pode inspirar um país a inovar).

Sobre esse mesmo assunto, Saint-Pierre e Gonçalves (2018) publicaram um artigo na Revista Brasileira de Estudos de Defesa. Nessa matéria, também são destacados outros ensinamentos: as RAM's não foram condicionadas somente a partir de novas armas e tecnologias (como nos exemplos do emprego do telégrafo e da ferrovia nas guerras de meados do século XIX), mas também pela doutrina, organização e técnicas desenvolvidas a partir desses instrumentos; as RAM demandam muito tempo para render frutos concretos e sua utilidade militar é frequentemente controversa e duvidosa, até o momento em que seja provada em combate.

#### **4.3 O Emprego da inteligência artificial e de sistemas autônomos no meio privado**

Conforme visto no tópico anterior, tecnologias do meio civil, como o avião e o radar puderam trazer grandes vantagens táticas, principalmente quando empregados de forma pioneira por uma força armada. Por isso é importante observar as possíveis aplicações militares de tecnologias novas.

No contexto atual, está ocorrendo um aumento gradativo nos custos da mão de obra, especialmente em funções muito especializadas, como a de piloto de avião, que requer um treinamento demorado, de alto custo e risco. Assim, devido a esse aumento de custos, tem se observado o crescente emprego da inteligência artificial. Mas antes de abordar esse assunto, é importante distinguir os termos robôs, automação, autônomo e inteligência artificial, pois existem muitas diferenças.

Segundo a monografia de Brock II (2017), automação é o processo de substituir humanos por sistemas robóticos capazes de fazer as mesmas funções do ser humano. Já um robô é a reunião de diferentes tecnologias, sensores, softwares, ferramentas de comunicação, motores e fontes de energia, capazes de interagir com o ambiente. Mas muitos robôs podem adquirir autonomia total, sem necessidade de comandos humanos. Esses tipos de robôs usam programação por inteligência artificial para capacitá-los para o aprendizado contínuo e para a adaptação com o ambiente que o cerca.

Por outro lado, segundo Horowitz (2018), a IA pode ser pensada como a habilidade de um agente artificial para atingir objetivos em uma “ampla gama de ambientes”. Já os sistemas automatizados, por outro lado, operam com base em várias etapas lógicas pré-programadas dentro de restrições, para atingir metas.

Feitas essas distinções, é importante destacar que, em muitos artigos e textos jornalísticos, são feitas referências a drones, carros e navios com inteligência artificial, quando, na verdade, esses equipamentos não possuem autonomia plena, mas realizam algumas atividades isoladas (como navegação e reconhecimento de imagens) de forma autônoma. Destaca-se também que o que torna difícil a compreensão do termo "autonomia" é a falta de distinção entre três diferentes tarefas possíveis de serem automatizadas: a decisão humana nas atividades de comando e controle, a operação da máquina e o tipo de decisão a ser automatizada. Todavia, apesar da confusão entre esses conceitos, é uma tecnologia que irá proporcionar a quarta revolução industrial.

Atualmente os computadores são melhores que os humanos em armazenar informações, resolver problemas complexos e tomar decisões rápidas. No entanto, pelo menos por enquanto, os humanos ainda são inegavelmente melhores em reconhecer padrões complexos e conduzir pensamentos abstratos.

Mas é incrível a velocidade da evolução da inteligência artificial, que não se restringe mais à trabalhos mecânicos. Grandes veículos de imprensa já usam a inteligência artificial para elaboração de relatórios corporativos e resultados esportivos, a partir de um banco de dados. Na Coreia do Sul, os engenheiros já estão desenvolvendo robôs que podem substituir professores do ensino fundamental (BROCK II, 2017).

Todavia também existe um ponto de vista financeiro. Em muitas áreas do mercado, o uso da inteligência artificial parece inevitável já que, para se manter competitiva, e com custos operacionais baixos, muitas empresas irão adotar o uso de inteligência artificial. Além do fator do custo da mão de obra, outros fatores estão contribuindo para a adoção da inteligência artificial: uma queda acentuada no custo de processamento e de memória; e o surgimento de novas tecnologias como as redes neurais profundas (CHO, 2021).

Em São José dos Campos, a empresa Autaza, já vem empregando com sucesso a inteligência artificial para detecção de defeitos em pinturas de carros e aeronaves, por meio da projeção de um conjunto de luzes. Esse sistema permite a identificação de mais de 30 tipos diferentes de defeitos de aparência, em plástico, metal e em materiais compostos, substituindo uma atividade que era completamente feita por funcionários nas indústrias, de forma manual.

Na Coreia do Sul, a *Hyundai Heavy Industries* desenvolveu um sistema de gerenciamento de navios, usando inteligência artificial, *bigdata* e internet das coisas. Esse sistema permite alertar marinheiros sobre colisões com navios próximos (por meio de câmeras cujas imagens são interpretadas por inteligência artificial), planejar rotas de navegação e definir a velocidade ideal, contabilizando ainda o clima e a altura das ondas. Esse sistema requer um

monitoramento humano, mas proporciona um certo grau de navegação sem intervenções humanas.

Na área automotiva, muitas funções autônomas já estão em pleno funcionamento. Um dos exemplos de maior destaque é da fabricante americana *Tesla Motors*. Em seu modelo mais caro, modelo “S”, foi implantado um sistema com oito câmeras com alcance de 250 metros, que proporcionam uma visão em 360 graus do veículo, sendo processado por um poderoso computador de bordo. Tal sistema, denominado de *Autopilot*, permite que o carro dirija, freie e acelere automaticamente. Esse sistema também permite o direcionamento automático para saídas de rodovia, e identifica placas de “pare” e semáforos.

Na área da medicina também já estão ocorrendo várias aplicações. Segundo Harari (2016), já foram usados algoritmos em caráter experimental para diagnosticar casos de câncer de pulmão (com 90% de acerto), índice superior ao obtido por humanos, que alcançaram a marca de 50%. Esse autor também relatou que exames atuais de tomografia computadorizada e mamografia já são verificados por algoritmos, disponibilizando aos profissionais da saúde uma segunda opinião.

Nessa mesma obra, Harari destacou a possibilidade de que a tecnologia artificial poderia oferecer serviços médicos 24 horas por dia, sete dias por semana. Além disso, seus bancos de dados poderiam ser alimentados por informações sobre todas as doenças conhecidas na história da medicina e, a partir daí, atualizado diariamente, não só com as descobertas de novas pesquisas, mas também com estatísticas médicas coletadas em todas as clínicas e todos os hospitais do mundo; além de poder ter acesso a um histórico médico mais completo do paciente e de poder analisar o histórico de doenças na família.

Na área farmacêutica, Harari trouxe outro exemplo. No ano de 2011, foi implantada dentro do Hospital Universitário de São Francisco, Califórnia, uma farmácia operada unicamente por robôs, que recebiam todas as receitas de pacientes e cruzavam com as informações sobre outros remédios que eles tomavam, e com possíveis alergias que aquele indivíduo poderia possuir, assegurando que os novos medicamentos não causariam nenhuma reação adversa. No primeiro ano de operação, foram fornecidos medicamentos para 2 milhões de receitas prescritas, sem qualquer erro, enquanto que a média de erros dos farmacêuticos humanos é de 1,7%.

#### 4.4 O emprego de inteligência artificial e sistemas autônomos em Armas

No meio bélico, o uso dessa tecnologia também já está ocorrendo. Em Israel, o sistema *Iron Dome* detecta foguetes entrantes, lançados a uma distância de 4 a 70 km, determina a sua trajetória e depois envia um míssil *Tamir* de interceptação, com radar ativo e uma ogiva de fragmentação.

Na Austrália, uma subsidiária da Boeing demonstrou um drone em fase final de desenvolvimento, o MQ-28, com capacidade de voar de forma autônoma, em cooperação com aviões tripulados, ampliando o poder de fogo do vetor tripulado, ao ampliar a carga útil da missão. Esse drone entrará em operação em 2026, terá 11,58 metros de comprimento e autonomia de 3.000 km.

Na FAB a inteligência artificial já está sendo usada, mesmo que de forma isolada. Em 2020, o Instituto de Estudos Avançados (IEAv), uma Organização Militar pertencente ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), apresentou o primeiro protótipo de um sistema computacional capaz de simular diversos cenários operacionais de interesse da Força Aérea. Trata-se do Ambiente de Simulação Aeroespacial (ASA), cujo projeto teve o intuito de desenvolver um ambiente capaz de simular os mais diversos cenários para as missões operacionais da FAB, prevendo adversidades e proporcionando informações suficientes que auxiliassem na tomada de decisão do alto comando da FAB.

Na guerra da Ucrânia (2022), a Rússia já fez o emprego de um drone com reconhecimento de imagem por inteligência artificial. Trata-se do *KYB-UAV* (ou *KUB -BLA*) da empresa *Zala Aero*, construído com base na experiência de combate russas na Síria entre 2015 e 2018. Esse drone pode transportar uma variedade de cargas úteis de armas com alta precisão durante operações militares, com base em coordenadas de alvo definidas manualmente, ou pode transportar uma carga útil com orientação de alvo baseada em imagem, com autonomia de 30 min e velocidade máxima de 130 km/h. Ele pode ser usado tanto para lançamento de artefatos, como pode lançar-se verticalmente contra um alvo, de forma suicida.

Todos esses exemplos materializam o pensamento de Biddle (2019), que argumenta que, nas próximas décadas, as plataformas aéreas provavelmente se tornarão menores e as aeronaves tripuladas provavelmente serão cada vez menos utilizadas.

Corroborando com o pensamento de Biddle, o *Summary of the 2018 Department of Defense Artificial Intelligence Strategy*, dos EUA, destacou que a inteligência artificial permite a expansão da consciência situacional (*situational awareness*) em campo de batalha, a

prevenção de falhas em equipamentos, a automatização de diagnósticos e o planejamento prévio e preciso da manutenção dos equipamentos baseado em dados sobre as suas condições de uso.

#### **4.5 Aspectos positivos do uso da inteligência artificial e sistemas autônomos em armas**

De um artigo publicado por Etzioni A, e Etzioni,O (2017) no site do *Army University Press*, podem ser destacados vários pontos favoráveis a essas tecnologias. Armas com inteligência artificial teriam o potencial único de operar em um ritmo mais rápido do que os seres humanos, também teriam possibilidade de operar e atacar letalmente, mesmo que as ligações de comunicações tivessem sido cortadas. Também pode ser destacado que a tensão física das manobras de alta Força G e a concentração mental intensa e a consciência situacional requeridos dos pilotos de caça humanos fazem com que eles sejam mais expostos à fadiga e à exaustão; enquanto que os pilotos robôs, por outro lado, não estariam sujeitos a essas limitações fisiológicas e mentais.

Segundo esse mesmo artigo, as máquinas transformam dados em conhecimento mais efetivamente que pessoas, o que seria bastante útil para a navegação autônoma em veículos e robôs terrestres. Além disso, as aeronaves completamente autônomas poderiam ser programadas para fazer ações realmente aleatórias e imprevisíveis que poderiam confundir um oponente. Por fim, é apontado que, conforme pesquisas neurocientíficas, os circuitos neurais responsáveis pelo autocontrole consciente de um ser humano podem se desligar quando sobrecarregados com estresse.

Segundo outro artigo, de Byrnes (2014), quando um piloto veterano é abatido, ele será substituído por um piloto novo, iniciando-se um novo ciclo de desenvolvimento. Enquanto que, os aviões com inteligência artificial poderão aprender mais a cada derrota e poderão transmitir seus aperfeiçoamentos a uma nova aeronave de forma contínua. Além disso, diferentemente dos humanos, cujas habilidades tendem a regredir se não houver um reforço, os drones com IA poderão trabalhar de forma sempre eficiente e de forma contínua.

Esse artigo também revela que poderão haver substanciais melhorias no Ciclo OODA de Boyd (observação, orientação, decisão e ação), que se constitui numa atividade de processamento cíclico, e é empregado por pilotos de combate. Os humanos levam em média 200-300 milissegundos para reagir a estímulos simples, mas as máquinas podem selecionar ou sintetizar e executar manobras, fazendo milhões de correções nesse mesmo quarto de segundo.

Na questão da autonomia, o uso de inteligência artificial na navegação em missões de vigilância marítima pode estar trazendo a permanência no ar para padrões antes inimagináveis.

Esse fato foi constatado por Hambling (2018). Pequenos Drones estão sendo desenvolvidos para imitar o movimento de pássaros da espécie albatroz, de forma automatizada, podendo voar por dias ou até semanas, aproveitando correntes térmicas ascendentes e depois descendo a um ângulo de 45° para qualquer direção desejada.

Outro ponto de vista bastante interessante é em relação à necessidade de redução dos custos de mão de obra na operação de meios militares. Tal preocupação, por exemplo, também é relatada pelo Departamento de Defesa dos EUA através de um plano plurianual orçamentário a respeito da incorporação de sistemas não tripulados nas suas estruturas organizacionais. No plano de 2013 a 2038 (*ROADMAP FY 2013-2038*) foi destacado que a grande maioria dos sistemas não tripulados comuns requerem mão de obra humana para controle ativo de operações básicas do drone, comunicações, coleta e análise de dados; o que implica em significativos custos na sua operação. Dessa forma, o aumento da automação de sistemas, sensores e análises poderia representar uma grande economia de recursos nessa operação, além de oferecer informações já previamente analisadas, em vez de operações brutas.

Um outro artigo também confirma a necessidade de redução da mão de obra humana na operação de drones comuns, focando principalmente em drones de reconhecimento: *Towards Combining UAV and Sensor Operator Roles in UAV-Enabled Visual Search*. É um artigo de Cooper e Goodrich (2008), segundo o qual, normalmente, os drones de reconhecimento são operados por dois indivíduos, o piloto ou operador UAV (que é responsável pelo pouso/decolagem e navegação), e o operador do sensor (responsável por analisar as imagens). Mas, a automatização de algumas funções do voo (aliado a uma melhor disponibilização de informações ao operador, integrando informações de mapa e vídeo) poderia possibilitar que um único operador desempenhasse as duas funções, de operação dos comandos de voo da aeronave e de operação dos sensores.

#### **4.6 Aspectos Negativos do Uso da Inteligência Artificial e de sistemas autônomos em Armas**

Mas nem todas características da IA são positivas. Especialmente no mundo ocidental, onde há muitas preocupações sobre os empregos que serão tirados a partir dessa tecnologia, o que leva a um menor investimento na área.

Também existem muitas preocupações sobre qual seria a capacidade de julgamento de um drone com IA, já que ele não entende ainda conceitos como “moral”. Outro ponto seria como esse tipo de drone conseguiria minimizar os danos colaterais, tentando não colocar em

risco a vida de civis, próximos ao alvo, desnecessariamente. Em caso de um pouso de emergência ele tentaria pousar numa rua movimentada ou sobre um hospital?

Essa preocupação é tal que, em 2017, foi organizada pela ONU uma conferência para a discussão dos efeitos negativos das armas com IA, e sobre o seu possível banimento, com foco principalmente na morte de civis e nos crimes de guerra e na dificuldade de responsabilização dos prováveis culpados. Mas essa foi apenas uma das várias reuniões que foram realizadas e que continuarão ocorrendo.

No artigo publicado por Etzioni A, e Etzioni, O (2017) no site do *Army University Press*, é ressaltado que faltam evidências científicas de que robôs poderiam, no futuro, ter “a funcionalidade requerida para precisão na identificação de alvos, na consciência situacional ou em decisões relacionadas com o emprego proporcional da força. Outra grande preocupação seria o problema da responsabilidade quando sistemas de armas autônomos são empregados. Robert Sparrow, um especialista em ética, resalta esse problema, observando que a condição fundamental da lei humanitária internacional, *ou jus in bello*, exige que alguém precisa ser responsabilizado pela morte de civis.

Esse problema surge porque as máquinas equipadas com IA tomam decisões por conta própria, então ficaria difícil determinar se uma decisão errada é devido a defeitos no programa ou nas deliberações autônomas das máquinas. Nas situações em que um ser humano toma a decisão de empregar força contra um alvo, há uma cadeia de responsabilidade clara, estendendo-se de quem efetivamente “puxou o gatilho” até o comandante que deu a ordem. No caso de sistemas de armas autônomos, não existe tal clareza. É incerto quem, ou o que, deve ser culpado ou responsabilizado.

Nesse mesmo artigo do *Army University Press*, é destacada a proibição da “escolha autônoma e letal de alvos” devido à possível infração ao princípio da Distinção, do Direito Internacional dos Conflitos Armados (DICA), considerado uma das regras mais importantes do conflito armado. Os princípios estão previstos no item 2.5 do Manual de Emprego do Direito Internacional dos Conflitos Armados nas Forças Armadas (MD34-M-03) conforme abaixo:

#### 2.5 Princípios

2.5.1A finalidade do DICA consiste em limitar e aliviar, tanto quanto possível, as calamidades da guerra, mediante a conciliação das necessidades militares, impostas pela situação tática e o cumprimento da missão, com as exigências impostas por princípios de caráter humanitário.

2.5.2Para cumprir essa finalidade, será fundamental observar a filosofia dos princípios básicos, que norteiam a aplicação desse ramo do Direito. São princípios básicos do DICA: a) Distinção – distinguir os combatentes e não combatentes. Os não combatentes são protegidos contra os ataques. Também, distinguir bens de caráter civil e objetivos militares. Os bens de caráter civil não devem ser objetos de ataques ou represálias.

Trata-se de um tema bastante polêmico, já que mesmo combatentes humanos tem dificuldades de fazer a distinção entre um combatente e um não combatente (principalmente num contexto de guerras não regulares ou híbridas). E assim, permitir que a IA tome decisões sobre a escolha de alvos seria algo extremamente complexo e provavelmente poderia resultar em baixas civis e danos colaterais inaceitáveis.

Além disso, a jurisprudência da Corte Internacional de Justiça e da Comissão Interamericana de Direitos, forneceram evidências adicionais de que a obrigação de fazer a distinção entre civis e combatentes deve ser aplicada tanto em conflitos internacionais, como em conflitos não internacionais.

No que se refere à regulamentação da Inteligência Artificial, principalmente com foco na responsabilização por ações dessas máquinas, os desafios ainda são muitos. Em artigo publicado por Scherer (2016), no *Harvard Journal of Law & Technology*, várias preocupações foram expostas.

Dentre esses pontos elencados, destacam-se que alguns sistemas de IA são tão imprevisíveis que seria injusto considerar os seus projetistas como responsáveis por possíveis danos causados, além disso, há a probabilidade de perda de controle do equipamento devido a um arquivo corrompido ou devido a danos físicos.

Diante dessa situação fica evidente o quanto se pode estar distante da regulamentação do uso dessa tecnologia e de uma possível segurança jurídica para os seus operadores.

A precaução na adoção da inteligência artificial no Departamento de Defesa dos EUA, principalmente levando-se em consideração as limitações legais, políticas e éticas, levou-os a previsão de adoção de drones com autonomia plena apenas em 2042 (*Highly Autonomus*), conforme o quadro abaixo:

**Quadro1: Roteiro Abrangente para a Tecnologia Autônoma**

		-----2017-----	-----2029-----	-----2042-----
		NEAR-TERM	MID-TERM	FAR -TERM
AUTONOMY	Artificial Intelligence/Machine Learning	-Private Sector Collaboration -Cloud Technologies	-Augmented Reality -Virtual Reality	-Persistent Sensing -Highly Autonomous
	Increased Efficency and Effectivness	Increased Safety & Efficiency	-Unnamed Tasks, Ops -Leader- Follower	-Swarming
	Trust	-Tasking Guidance and Validation, Ethical Requirements for Human Decisions		
	Weaponization	- DOD Strategy Consensus - LAWS assessment	- Armed Wingman/Teammate (Human Decision to Engage)	

**Fonte:** Unmanned Systems Integrated Roadmap FY 2017-2042- Departamento de Defesa dos EUA

#### **4.7 Possíveis arranjos para a aplicação da inteligência artificial e sistemas autônomos em drones da FAB**

Mesmo havendo graves riscos na operação de drones com IA, várias medidas poderão ser adotadas para mitigá-los, caso essa aplicação ocorresse na FAB.

Um dos problemas mais preocupantes seria a elevada possibilidade de ocorrência de danos colaterais. Mas segundo o artigo de Byrnes (2014), publicado na *Air Space Power Journal*, uma solução para a minimização dos danos seria dividir o engajamento do armamento ar-ar autônomo em cinco fases (busca, perseguição, fechamento, captura e disparo) e então atribuir níveis discretos de autonomia e interação com um operador humano em cada fase.

Essa abordagem permitiria ao drone maximizar seu tempo em condições autônomas e de baixa detectabilidade, e devolver novamente o controle ao seu operador humano em momentos-chave, onde as questões morais superam o risco tático. Outro método autorizaria o disparo livremente em sistemas não tripulados inimigos, mas exigindo o prévio consentimento do operador para tirar uma vida humana.

No artigo publicado por Etzioni, A e Etzioni, O (2017) no site do *Army University Press*, são cogitadas hipóteses mais factíveis para adoção de armas com inteligência artificial. Nesse artigo é destacado que há campos de batalha livres de civis, como na área subaquática e no espaço, onde as armas autônomas poderiam reduzir a taxa de atrito humano das forças atacantes, ao eliminar a necessidade de combatentes humanos.

No mesmo artigo, é feita a distinção entre as armas que são ilegais *per se*, e o emprego ilícito das armas que seriam legais em outros contextos. A título de exemplo, um fuzil não é proibido sob a lei internacional, mas usá-lo para disparar em civis se constituiria em um emprego ilícito; por outro lado, algumas armas (armas biológicas, por exemplo) são ilegais *per se*, mesmo quando usadas somente contra combatentes.

Como consequência desse posicionamento, por Etzioni,A e Etzioni,O (2017) concluíram que mesmo um sistema autônomo que fosse incapaz de distinguir entre civis e combatentes, não deveria ser intrinsecamente ilegal, considerando que sistemas de armas autônomos poderiam ser usados em situações onde nenhum civil está presente, como contra formações de carros de combate no deserto ou contra navios de guerra, que são justamente cenários bastante compatíveis com o território brasileiro.

O Brasil possui dimensões continentais e muitas áreas remotas, no mar ou em terra, que poderiam ser monitoradas por esse tipo de drone, sem colocar em risco a integridade de sua população desnecessariamente, e ainda voando a baixa altura, permitindo uma visualização do

terreno com mais detalhes, sem a interferência de nuvens e de outros obstáculos que interferem na visualização que já é feita a partir de satélites.

#### **4.8 A inteligência artificial e os sistemas autônomos sob a perspectiva estratégica**

As aeronaves começaram a ser empregadas com fins bélicos no final da primeira guerra mundial, em 1914, inicialmente apenas em missões de reconhecimento. Mas desde essa época, os tipos de emprego das aeronaves vêm se expandindo de acordo com a sua evolução tecnológica. Hoje, as aeronaves militares tripuladas são empregadas em missões de bombardeio, interceptação, transporte de tropas e equipamentos, resgate, reconhecimento e guerra eletrônica.

Mas essa evolução tecnológica é contínua e, hoje, as aeronaves militares nem precisam ser mais tripuladas, e estão sendo influenciadas por sistemas autônomos para o reconhecimento de imagens e navegação, da mesma forma que veículos terrestres e marítimos, embora ainda não tenha sido desenvolvida uma aeronave integralmente autônoma. Não se trata mais apenas de uma discussão filosófica, os países que ficarem de fora do uso bélico da inteligência artificial correm o sério risco de ficar em desvantagem estratégica perante os outros.

Segundo a monografia de Brock II (2017), a inteligência artificial está substituindo a mão de obra humana numa velocidade assustadora, e, num futuro próximo, as grandes organizações, inclusive militares, não vão avaliar apenas como as pessoas trabalham e interagem com as outras, mas também, como as elas interagem com as máquinas, demonstrando como o conhecimento deles pode melhorar a eficiência dos robôs e sistemas automatizados, em vez da tecnologia maximizar o desempenho dos militares ou dos trabalhadores civis. Nessa monografia, também é relatado que as vantagens proporcionadas pela inteligência artificial irão forçar os EUA e outras nações ocidentais a desenvolver armas letais autônomas, apesar das várias objeções morais ou éticas atualmente existentes.

Diante desse cenário muitos países estão investindo de forma substancial nessa tecnologia. Uma referência para esse tipo de investimento é o orçamento das Forças Armadas dos EUA, disponibilizado pelo *Center for Security and Emerging Technology*, conforme o quadro abaixo.

**Quadro 2:** Estimativa de gastos no orçamento militar de ciência e tecnologia do EUA, por arma (em milhões de dólares, Ano Fiscal de 2018 a 2020)

<b>AUTONOMY</b>			
	Component	PE	Maximum
ARMY	2,873	3,982	5,735
NAVY	4,866	1,885	5,345
AIR FORCE	2,861	1,026	3,918
DARPA	4,938	7,437	8,446
<b>AI</b>			
	Component	PE	Maximum
ARMY	1,194	896	2,227
NAVY	2,465	1,417	3,655
AIR FORCE	642	481	1,482
DARPA	1,586	3,110	4,200

**Fonte:** U.S. Military Investments in Autonomy and AI A Budgetary Assessment

A tabela acima demonstra elevados investimentos do Governo dos EUA nessa nova tecnologia, ressaltando a sua importância estratégica e o quanto poderá haver evoluções no grau de autonomia dos equipamentos bélicos, principalmente da USAF. Mas os EUA não é único país a fazer esse tipo de investimento, vários países já estão desenvolvendo pesquisas avançadas nessa área, o que poderá representar um sério fator de dissuasão frente a outros países. Assim foram traçados vários aspectos que favorecem o desempenho do Brasil a respeito desse assunto:

a) O Brasil possui uma das maiores indústrias aeronáuticas do mundo, e o estímulo a adoção de drones com níveis crescentes de automação ou IA poderia também incentivar a produção nacional e o incremento dessa indústria com tecnologias de ponta. O quadro abaixo demonstra os principais grupos aeroespaciais em 2006 no mundo (exceto russos e chineses por falta de informações contábeis, não obtidas pela fonte);

**Quadro 3:** Dez maiores Grupos Aeroespaciais em 2006.

<b>Empresas</b>	<b>Nacionalidade</b>	<b>US\$ bilhões</b>
Boeing	EUA	61,5
EADS	França/Alemanha/Espanha	52,0
Lockheed Martin	EUA	39,6
BAE Systems	Reino Unido	27,2
Finmeccanica	Itália	20,6
Bombardier	Canadá	8,1
Dassault	França	4,3
Gulfstream	EUA	4,3
Mitsubishi	Japão	4,1
<b>Embraer</b>	<b>Brasil</b>	<b>3,9</b>

**Fonte:** Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI e o Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas - Unicamp

b) A utilização de drones com níveis crescentes de automação ou IA poderia servir como um poderoso poder dissuasório em âmbito mundial;

c) O Brasil já possui sistemas próprios de IA, como o do Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeroáutica (DTCA) e da empresa Autaza, e a aquisição ou o desenvolvimento de drones com essa tecnologia poderia fortalecer o desenvolvimento nacional desse tipo de software, e até estimular a sua aplicação em outras áreas, como na indústria e na agricultura;

Por outro lado, ao implantar essa tecnologia em seus drones, a FAB poderia sofrer algumas sanções contrárias:

a) Após adquirido pelo Brasil, a utilização de drones com automação ou IA poderia ser alvo de protestos por parte de organismos internacionais, quando equipado com armas;

b) A legislação penal e civil brasileiras ainda não estão preparadas para a utilização desse equipamento, principalmente relativo à responsabilização por possíveis danos colaterais que possam ser causados pelo equipamento, em ocasião de queda do aparelho ou em caso de uso de armamento;

c) Por ser uma tecnologia de ponta, o drone com IA iria representar um custo alto para a FAB, competindo com outros projetos pela busca de uma parcela de um orçamento que já é muito pequeno, em relação aforça aérea de outros países;

Por fim, é importante alertar que a aplicação da inteligência artificial é um processo contínuo, sendo constantemente influenciado por tecnologias novas que estão surgindo a cada dia, o que pode limitar bastante a aplicabilidade dos artigos científicos já escritos sobre esse tema. Um exemplo dessas novas tecnologias é o desenvolvimento de chips de computador com base em uma arquitetura completamente nova, denominados de chips neuromórficos fotônicos, conforme uma pesquisa foi feita em 2021, com patrocínio do Ministério da Ciência e Tecnologia da Coreia do Sul (CHO, 2021). Esses chips possuem circuitos que imitam a arquitetura de um cérebro humano, e usam a luz para transmissão de dados em vez de pulsos elétricos, proporcionando alta densidade, maior velocidade de processamento e baixo consumo de energia, em relação aos chips comuns. Tais melhorias são fundamentais para os sistemas de inteligência artificial da próxima geração, e poderão adicionar novas capacidades a esses sistemas.

Pode-se destacar ainda que esse foco na evolução tecnológica se alinha ao ensinamento de Chapman (2003), em sua obra *“An Introduction to the Revolution in Military Affairs”*, que relata que os avanços na tecnologia expandem o campo de batalha, transformam a relação entre tempo e espaço e criam novas demandas de comando e controle. E assim, já que a regulamentação do uso de drones com IA poderá surgir a medida em que novas tecnologias e

funcionalidades forem sendo criadas, seria imprudente esperar a regulamentação plena para a sua posterior adoção, principalmente num cenário de constante inovação, que colocam as instituições militares em um desafio perpétuo de mudança.

Dado o exposto, ficou claro que há elementos doutrinários e fáticos que permitem que a inteligência artificial ou tecnologias autônomas possam ser aplicadas nos drones da FAB, tendo em vista que a existência de tecnologias desse tipo já desenvolvidas no país, a grande dimensão da indústria aeronáutica brasileira e a necessidade constante de adaptar novas tecnologias aos meios bélicos brasileiros.

Também ficou claro que, até o momento, a IA foi adotada na FAB de modo ainda muito limitado, não gerando um impacto significativo em inovações táticas e organizacionais. O que possibilita afirmar que a FAB ainda não está caminhando para uma Revolução em Assuntos Militares nessa área, conforme o ensinamento de Murray e Knox (2001), e que a FAB pode estar em séria desvantagem em relação aos países que estão mais ágeis na adaptação dessas novas tecnologias, de acordo com Stephenson (2010).

## **5 CONCLUSÃO**

O artigo foi iniciado a partir do questionamento de como o emprego de drones com inteligência artificial poderia apresentar um bom custo benefício para a FAB, tratando-se de um tema novo em diversas organizações do mundo, tanto civis como militares.

Para atender essa necessidade, foram definidos os seguintes objetivos específicos: identificar como a adoção de tecnologias inovadoras teve impacto decisivo na história das guerras ou no planejamento estratégico dos combates, analisar quais seriam os fatores positivos e negativos na operação de drones com inteligência artificial e analisar em que medida essa nova tecnologia estaria adequada à concepção estratégica da FAB.

Diante desses objetivos, estruturou-se o trabalho baseado numa extensa pesquisa bibliográfica em livros e artigos científicos a respeito do impacto da evolução tecnológica nos conflitos bélicos, e do emprego de inteligência artificial e de sistemas autônomos em aplicações civis e militares.

Já no início da pesquisa, exemplificou-se, em vários períodos da história, tecnologias que tiveram um impacto decisivo nas guerras. Mas além disso, demonstrou-se que não bastava ter a tecnologia, era necessário também empregá-la de forma a surpreender o inimigo. Demonstrou-se também que o investimento em tecnologias bélicas se acelerou na final da

guerra fria, principalmente com investimentos americanos, o que permitiu que alguns autores passassem a usar o termo Revolução em Assuntos Militares.

Baseado no peso que as tecnologias tiveram nas guerras do passado, buscou-se destacar tecnologias que provavelmente terão grande peso nas guerras do futuro. Tratou-se da inteligência artificial e dos sistemas autônomos. Mas, logo no início da pesquisa sobre esse tema, percebeu-se também uma ausência de distinção entre os termos robôs, automação, autônomo e inteligência artificial, pois existem muitos artigos e notícias, tratando esses termos como semelhantes.

Posteriormente, foram trazidos vários exemplos positivos de aplicação de inteligência artificial e sistemas autônomos na área civil, nas mais diversas esferas (aeronaves, automóveis, procedimentos médicos e navios, dentre outros).

Também foram trazidos vários exemplos de aplicações dessas tecnologias que já estão ocorrendo em equipamentos bélicos. Da mesma forma, foram levantadas análises de pontos positivos e negativos na aplicação dessas tecnologias nessa área. Todavia, quanto aos aspectos negativos, também foram apresentados atenuantes, como o acionamento de armas em fases cadenciadas (sob supervisão humana), e a operação de drones com inteligência artificial em áreas remotas, o que diminuiria o risco de danos colaterais em casos de mal funcionamento do aparelho.

Ao final, foi feita uma análise prospectiva, abordando os riscos de se ficar em defasagem tecnológica frente a outros países, e possíveis evoluções da inteligência artificial a partir de novas tecnologias de chips.

## REFERÊNCIAS

- AIMONE, James B. *Neural Algorithms and Computing Beyond Moore's Law*. 2019 Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3231589>. Acesso em 20 mai 2022.
- BARBIERI, Marcos; ARAÚJO, Rogério Dias de; MELLO, Carlos Henrique, MARQUES, Rosane. **Relatório de Acompanhamento Setorial Indústria Aeronáutica Volume I**. 2008. Disponível em: [https://www.eco.unicamp.br/neit/images/stories/arquivos/RelatorioABDI/aeronautica\\_vol-I\\_marco2008.pdf](https://www.eco.unicamp.br/neit/images/stories/arquivos/RelatorioABDI/aeronautica_vol-I_marco2008.pdf). Acesso em: 23 de junho de 2022.
- BIDDLE, Tami Davis. Strategic Studies Institute; U.S. Army War College Press. *Air Power and Warfare: a Century of Theory and History*. 2019. Disponível em: <https://press.armywarcollege.edu/monographs/378/>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- BRANDÃO, Hermerson. **Conheça o “Morcego Fantasma”. Novo Boeing MQ-28 que voa com IA**.2022. Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/conheca-o-morcego-fantasma-novo-boeing-mq-28-que-voa-com-ia/>. Acesso em: 11 jun. 2022
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. Aprova a reedição da DCA 11-45 Conceção Estratégica - Força Aérea 100. **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Rio de Janeiro, n. 180, f.11265, 15 out. 2018.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comando da Aeronáutica. Portaria nº 551/GC3, de 13 de maio de 2016. **Aprova a edição da Diretriz que dispõe sobre a Reestruturação da Força Aérea Brasileira (DCA11-53/2016)**. Disponível em: [http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/480031/RESPOSTA\\_PEDIDO\\_DCA.pdf](http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/480031/RESPOSTA_PEDIDO_DCA.pdf). Acesso em: 30 jan.2022.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações/Gabinete do Ministro. Portaria GM nº 4.617, de 06 de abril de 2021. **Institui a estratégia brasileira de inteligência artificial e seus eixos temáticos**. Disponível em: [https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm-n-4.617-de-6-de-abril-de-2021-\\*-313212172](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm-n-4.617-de-6-de-abril-de-2021-*-313212172). Acesso em: 07 fev. 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **MD34-M-03 - Manual de Emprego do Direito Internacional dos Conflitos Armados (DICA) nas Forças Armadas**. Brasília, 2011
- BRASIL. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Disponível em: [https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy\\_of\\_estado-e-defesa/livro\\_branco\\_congresso\\_nacional.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro_branco_congresso_nacional.pdf). Acesso em: 30 mar. 2022.
- BROCK II, Maj. John W.. *Why the United States Must Adopt Lethal Autonomous Weapon Systems*. Army Command, United States; School of Advanced Military Studies, United States Army. 2017.
- BYRNES, Michael W. *Nightfall: Machine autonomy in air-to-air combat*.2014. Disponível em: [https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ/journals/Volume-28\\_Issue-3/F-Byrnes.pdf](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ/journals/Volume-28_Issue-3/F-Byrnes.pdf). Acesso em: 20 mai. 2022.

CHAPMAN, Gary. *An Introduction to the Revolution in Military Affairs*. 2003. Disponível em:  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.557.4787&rep=rep1&type=pdf>.  
 Acesso em: 15 mai. 2022.

CHO, Sung Woon, KWON, Sung Min, KIM, Yong-Hoon; PARK, Sung Kyu. **Recent Progress in Transistor-Based Optoelectronic Synapses: From Neuromorphic Computing to Artificial Sensory System**. 2021. Disponível em:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/aisy.202000162>. Acesso em: 16 jun. 2022.

*CONVENTION on Certain Conventional Weapons – Group of Governmental Experts on Lethal Autonomous Weapons Systems. United Nations*. Nova York, 17 nov. 2017. Notícia Pública. Disponível em: <https://meetings.unoda.org/meeting/ccw-gge-2017/>. Acesso em 15 mai. 2022.

COOPER, Joseph; GOODWRICH, Michael A. *Towards Combining UAV and Sensor Operator Roles in UAV-Enabled Visual Search*. 2008. Disponível em:  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6249457>. Acesso em 08 jun. 2022.

COSTA, Luisa. **Robert Watson-Watt, o meteorologista considerado o “pai do radar”**. 2022. Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/robert-watson-watt-o-meteorologista-considerado-pai-do-radar/#:~:text=Em%201938%2C%20bem%20a%20tempo,at%C3%A9%20o%20fim%20da%20Guerra>. Acesso em: 22 jun. 2022.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. *Summary of the 2018 Department of Defense Artificial Intelligence Strategy*. 2018. Disponível em: <https://media.defense.gov/2019/Feb/12/2002088963/-1/-1/1/SUMMARY-OF-DOD-AI-STRATEGY.PDF>. Acesso em 24 mai 2022.

ETZIONI, Amitai; ETZIONI, Oren. **Os Prós e os Contras dos Sistemas de Armas Autônomos**. 2017. Disponível em: <https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/Portuguese/Online%20Exclusives/Etzioni-Sistemas-de-Armas-Aut%C3%B4nomos.pdf>. Acesso em: 12 mai 2022

FAHEY, Kevin M. A.; MULLER, Mary J.. *Unmanned systems integrated roadmap FY 2017-2042*. Office of Secretary of Defense. Washington, DC, 2018. Disponível em:  
[https://www.defensedaily.com/wp-content/uploads/post\\_attachment/206477.pdf](https://www.defensedaily.com/wp-content/uploads/post_attachment/206477.pdf). Acesso em: 16 mai. 2022.

GALANTE, Alexandre. **FAB desenvolve ambiente de simulação de cenários operacionais. 2020**. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2020/10/04/fab-desenvolve-ambiente-de-simulacao-de-cenarios-operacionais/>. Acesso em 15 mai. 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HARARI, Yuval Noahi. **Homo Deus - Uma Breve História do Amanhã**. Rio de Janeiro. Companhia das Letras. 2016

HOROWITZ, Michael C.. *Artificial Intelligence, International Competition, and the Balance of Power*. 2018. Disponível em: [https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/65638/TNSR-Vol-1-Iss-3\\_Horowitz.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/65638/TNSR-Vol-1-Iss-3_Horowitz.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Acesso em: 30 jan. 2022.

HAMBLING, David. *Swam Troopers. Como os Pequenos drones irão conquistar o mundo*. Rio de Janeiro. Biblioteca do Exército. 2018.

KONAEV, Margarita; CHAHAL, Husanjot; FEDASIUK, Ryan; HUANG, Tina; RAHKOVSKY, Ilya. *U.S. Military Investments in Autonomy and AI A Budgetary Assessment, 2018*. 2018. Disponível em: <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-U.S.-Military-Investments-in-Autonomy-and-AI-A-Budgetary-Assessment-1.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2022

KNOX, Macgregor; MURRAY, Williamson. *The Dynamics of military revolution 1300-2050*. 2001. Cambridge. Cambridge University Press. 2001

MARR, Bernard. *How Tesla is Using Artificial Intelligence to create The Autonomus Car of the Future*. 2021. Disponível em: <https://bernardmarr.com/how-tesla-is-using-artificial-intelligence-to-create-the-autonomous-cars-of-the-future/>. Acesso em: 16 mai. 2022.

NAVIO da Hyundai viaja milhares de quilômetros pelo Oceano Pacífico sem intervenção humana. **Olhar Digital**. São Paulo, 07 jun. 2022. Notícia Pública. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2022/06/07/carros-e-tecnologia/navio-da-hyundai-viaja-milhares-de-quilometros-pelo-oceano-pacifico-sem-intervencao-humana/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

NENNEDY, Kevin J. *Stealth: A Revolutionary Change in Air Warfare*. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/44642454.pdf>. Acesso em 20 jun.2022

SAINT-PIERRE, H.L; GONÇALVES, L. J. C. **Nem Revolução Militar (RM) nem Revolução em Assuntos Militares (RAM), apenas mudanças de longa duração condensadas na guerra pelo gênio militar**. Revista Brasileira de Estudos de Defesa v. 5, nº 2, 2018.

SCHERER, Matthew U. *Regulating Artificial Intelligence Systems: Risks, Challenges, Competencies, and Strategies*. 2016. Disponível em: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2609777](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2609777). Acesso em: 20 mai. 2022

SPENCE, Michael. *The loyal Wingman and the Evolution of the Astralian Approuch to Airpower*. 2021. Disponível em: <https://defense.info/williams-foundation/2021/12/the-loyal-wingman-and-the-evolution-of-the-australian-approach-to-airpower/>. Acesso em 12 jun 2022.

STEPHENSON, Scott. **A Revolução em Assuntos Militares: 12 Observações sobre uma Ideia Fora de Moda**. 2010. Disponível em: [https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/Portuguese/MilitaryReview\\_20100831\\_art012POR.pdf](https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/Portuguese/MilitaryReview_20100831_art012POR.pdf). Acesso em: 20 de junho de 2022.

URCOSTA, Ridvan Bari. *The Revolution in Drone Warfare: The Lessons from the Idlib De-Escalation Zone*. 2020. Disponível em: <https://www.airuniversity.af.edu/JEMEAA/Display/Article/2329510/the-revolution-in-drone-warfare-the-lessons-from-the-idlib-de-escalation-zone/>. Acesso em: 20 mar. 2022

WINNEFELD, James A.; KENDALL, Frank. *Unmanned systems integrated roadmap FY 2013-2038*. 2014. Disponível em: <https://www.hsdl.org/?abstract&did=747559>. Acesso em: 16 mai. 2022.

*ZALA Aero's KYB-UAV is a high-precision kamikaze drone operated by the Russian Army to strike remote ground and sea targets.* **Army Technology**. Londres, 25 mar. 2022. . Notícia Pública. Disponível em: <https://www.army-technology.com/projects/zala-kyb-strike-drone-russia/>. Acesso em 15 mai. 2022.