

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS

**João Paulo de Souza
Ique Lavatori B. Guimarães**

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM APOIO AOS MEIOS MILITARES AUTÔNOMOS:
POTENCIALIDADES E DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO NA CAPACIDADE
DE RECONHECIMENTO E VIGILÂNCIA NO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS.**

**Rio de Janeiro
2024**

**João Paulo de Souza
Ique Lavatori B. Guimarães**

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM APOIO AOS MEIOS MILITARES AUTÔNOMOS:
POTENCIALIDADES E DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO NA CAPACIDADE
DE RECONHECIMENTO E VIGILÂNCIA NO CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Fundação Getúlio
Vargas como requisito parcial para a
obtenção do grau especialização em
Inteligência Artificial para Aplicações
Militares.

**Orientador: Rafael de Pinho
André**

**Rio de Janeiro
2024**

RESUMO

Este trabalho explora o uso da Inteligência Artificial (IA) em meios militares autônomos, com foco nas capacidades de reconhecimento e vigilância do Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil. A pesquisa busca identificar as principais tecnologias de IA aplicáveis a veículos aéreos, terrestres e submarinos não tripulados, além de examinar o impacto de sua implementação nas operações militares. São analisados estudos de caso de forças armadas internacionais que já utilizam essas tecnologias, oferecendo *insights* sobre melhores práticas e os desafios enfrentados. Este estudo também levanta considerações éticas e aponta para a necessidade de um planejamento estratégico contínuo na adoção dessas tecnologias no contexto brasileiro.

Palavras chaves: Inteligência Artificial, Meios Autônomos, Reconhecimento e Vigilância, Corpo de Fuzileiros Navais.

ABSTRACT

This study explores the use of Artificial Intelligence (AI) in autonomous military systems, focusing on the reconnaissance and surveillance capabilities of the Brazilian Marine Corps. The research aims to identify the main AI technologies applicable to unmanned aerial, terrestrial, and underwater vehicles, as well as examine the impact of their implementation on military operations. Case studies of international armed forces that already utilize these technologies are analyzed, offering insights into best practices and the challenges faced. This study also raises ethical considerations and highlights the need for ongoing strategic planning in adopting these technologies in the Brazilian context.

Key words: Artificial Intelligence, Autonomous Systems, Reconnaissance and Surveillance, Marine Corps.

1. INTRODUÇÃO.....	08
1.1 Problema.....	10
1.1.1 Antecedentes do Problema.....	10
1.1.2 Formulação do Problema.....	11
1.2 Objetivos.....	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivos Específicos.....	12
1.3 Questões de Estudo.....	12
1.4 Justificativa.....	13
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 Inteligência Artificial (IA): Conceitos Fundamentais.....	15
2.1.1 Definição e Histórico de IA.....	15
2.1.2 Técnicas e Principais Abordagens.....	15
2.1.3 Aplicações de IA.....	16
2.1.4 Desafios e Considerações Éticas.....	16
2.2 Aplicações de Inteligência Artificial (IA) no contexto militar.....	17
2.3 Meios Autônomos: Conceitos e Tecnologias Envolvidas.....	18
2.4 Meios Autônomos que utilizam Inteligência Artificial no Mundo.....	20
2.5 Reconhecimento e Vigilância nas Operações Militares.....	22
2.6 Meios Militares Autônomos nos conflitos atuais e seus dilemas éticos	23
3. METODOLOGIA.....	27
3.1 Objeto Formal de Estudo.....	27
3.1.1 Descrição Detalhada do Objeto de Estudo.....	27
3.1.2 Delimitação do Estudo.....	27

3.2 Amostra.....	28
3.2.1 Composição da Amostra.....	28
3.2.2 Critérios de Seleção da Amostra.....	28
3.3 Delineamento da Pesquisa.....	29
3.3.1 Tipo de Pesquisa.....	29
3.3.2 Procedimentos Metodológicos.....	29
3.3.3 Técnicas de Análise de Dados.....	30
3.3.4 Ferramentas e Software.....	31
3.4 Procedimentos para Revisão da Literatura.....	31
3.4.1 Objetivos da Revisão da Literatura.....	31
3.4.2 Fontes de Dados.....	31
3.4.3 Procedimentos de Coleta e Seleção.....	32
3.4.4 Síntese e Organização.....	33
3.5 Instrumentos.....	33
3.5.1 Análise Documental.....	33
3.5.2 Ferramentas de Análise.....	34
3.6 Análise dos Dados.....	35
3.6.1 Preparação dos Dados.....	35
3.6.2 Análise Qualitativa.....	35
3.6.3 Validação dos Resultados.....	35
4. RESULTADOS.....	36
4.1 Sistemas Autônomos.....	36
4.1.1 Características dos Sistemas Autônomos.....	36
4.1.2 Desempenho dos Sistemas Autônomos nas Op de RecVig.....	37
4.1.3 Avanços Tecnológicos e Benefícios Operacionais.....	38

4.1.4 Limitações e Desafios dos Sistemas Autônomos.....	39
4.1.5 Conclusão.....	39
4.2 Inteligência Artificial no Contexto Militar.....	40
4.2.1 Aplicações de Inteligência Artificial no Setor Militar.....	40
4.2.2 Benefícios Operacionais da IA no Contexto Militar.....	41
4.2.3 Impactos da IA nas Decisões Estratégicas e Táticas.....	42
4.2.4 Desafios e Limitações da IA Militar.....	42
4.2.5 O Futuro da Inteligência Artificial no Contexto Militar.....	43
4.3 Meios Autônomos Utilizados em Reconhecimento e Vigilância.....	44
4.4 Perspectivas para o Futuro no contexto dos Conflitos.....	45
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	48
5.1 Análise das Potencialidades dos Sist. Autônomos no RecVig Militar...	48
5.2 Desafios e Considerações Éticas na Implementação de IA em Meios Militares Autônomos.....	50
6. CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) tem revolucionado diversos setores da sociedade moderna, e o campo militar não é exceção. Nos últimos anos, a aplicação de tecnologias de IA em meios militares autônomos tornou-se um foco crescente de inovação, transformando a maneira como operações militares são conduzidas. Esta interseção entre IA e autonomia tem o potencial de redefinir as estratégias de defesa e segurança global, oferecendo avanços significativos em termos de eficiência, precisão e capacidade operacional.

Um dos aspectos mais notáveis da IA em meios militares autônomos é o desenvolvimento de veículos aéreos não tripulados (VANTs), veículos terrestres autônomos (VTAs) e veículos submarinos não tripulados (VSNTs). Esses sistemas são projetados para executar uma ampla gama de missões, desde reconhecimento e vigilância até ataques de precisão. Equipados com algoritmos avançados de IA, esses veículos podem processar grandes quantidades de dados em tempo real, identificar alvos com alta precisão e tomar decisões autônomas em ambientes complexos e dinâmicos. Essa capacidade não apenas aumenta a eficácia das missões, mas também reduz os riscos para os soldados humanos.

Além de melhorar a eficiência operacional, a IA também desempenha um papel crucial na análise de inteligência e na guerra cibernética. Sistemas baseados em IA podem analisar dados de inteligência provenientes de diversas fontes, como satélites, comunicações interceptadas e sensores em campo, para identificar padrões e prever ameaças potenciais. Na esfera da guerra cibernética, a IA pode detectar e responder a ataques em tempo real, protegendo infraestruturas críticas contra ciberameaças que estão em constante evolução. A capacidade de antecipar e neutralizar ameaças cibernéticas antes que causem danos substanciais é uma vantagem estratégica significativa.

Outra área de aplicação promissora é o uso de robôs autônomos para logística e suporte em campo de batalha. Esses robôs podem realizar tarefas como transporte de suprimentos, evacuação de feridos e desminagem, funções que são vitais para a manutenção das operações e a segurança das tropas. A automação dessas tarefas não apenas aumenta a eficiência, mas também libera os soldados para se concentrarem em atividades de maior valor estratégico.

No entanto, talvez um dos usos mais transformadores da IA em sistemas autônomos seja no campo do reconhecimento. O reconhecimento é uma função crítica em qualquer operação militar, pois fornece informações essenciais para a tomada de decisões estratégicas. A integração de IA em sistemas de reconhecimento autônomos, como drones e robôs de patrulha, permite uma coleta e análise de dados sem precedentes.

Esses sistemas equipados com IA podem varrer grandes áreas geográficas, detectar movimentos inimigos, identificar padrões de comportamento e até prever possíveis ações adversárias com uma precisão muito superior à dos métodos tradicionais. Sensores avançados, câmeras de alta resolução e algoritmos de aprendizado profundo colaboram para analisar imagens e dados em tempo real, oferecendo aos comandantes militares uma visão detalhada e atualizada do campo de batalha.

Além disso, os sistemas de reconhecimento baseados em IA são capazes de operar em ambientes hostis e inacessíveis aos humanos, garantindo a coleta de informações vitais sem expor os soldados a riscos desnecessários. A capacidade de esses sistemas distinguirem entre civis e combatentes também reduz significativamente os danos colaterais e aumenta a precisão das operações militares.

Essa aplicação da IA em sistemas autônomos de reconhecimento não só aumenta a eficácia das operações de vigilância e inteligência, mas também acelera a resposta a ameaças emergentes. Com a habilidade de processar grandes volumes de dados rapidamente, a IA permite uma avaliação mais rápida e precisa das situações, resultando em uma tomada de decisão mais informada e oportuna.

Portanto, a inteligência artificial está impulsionando uma transformação significativa nos meios militares autônomos, particularmente no reconhecimento, ao fornecer capacidades avançadas que aumentam a segurança e a eficácia operacional. Esses avanços prometem redefinir o campo de batalha moderno, proporcionando uma vantagem estratégica incomparável.

1.1 PROBLEMA

1.1.1 Antecedentes do Problema

A evolução das tecnologias de inteligência artificial (IA) tem provocado uma revolução significativa nos setores de defesa e segurança, com impactos profundos nas operações militares em todo o mundo. Os avanços em IA e a sua aplicação em sistemas autônomos, como veículos aéreos não tripulados (VANTs), veículos terrestres autônomos (VTAs) e veículos submarinos não tripulados (VSNTs), têm demonstrado um potencial extraordinário para transformar a forma como as forças armadas conduzem suas missões.

No âmbito internacional, diversos países têm investido consideravelmente na integração de IA em suas forças militares, reconhecendo os benefícios estratégicos que essas tecnologias oferecem. As capacidades aprimoradas de reconhecimento, vigilância e análise de inteligência proporcionadas pela IA permitem uma coleta de dados mais precisa e eficiente, bem como a possibilidade de operar em ambientes hostis e inacessíveis aos humanos. Essas vantagens são cruciais para a manutenção da segurança nacional e a eficácia operacional.

O Corpo de Fuzileiros Navais brasileiro, responsável por operações anfíbias e outras missões críticas, enfrenta desafios complexos que requerem respostas rápidas e precisas. A integração de tecnologias de IA em sistemas autônomos pode oferecer soluções inovadoras para melhorar as capacidades de reconhecimento e vigilância, essenciais para a tomada de decisões informadas e estratégicas. No entanto, a adoção dessas tecnologias no contexto brasileiro ainda é incipiente, e há uma necessidade urgente de explorar seu potencial de aplicação para maximizar os benefícios operacionais.

Historicamente, as operações do Corpo de Fuzileiros Navais têm se baseado em métodos tradicionais de reconhecimento e vigilância, que embora eficazes, apresentam limitações significativas em termos de alcance, precisão e tempo de resposta. Com o avanço das ameaças globais e a crescente sofisticação das táticas adversárias, é imperativo que o Corpo de Fuzileiros Navais adote tecnologias modernas que possam proporcionar uma vantagem estratégica.

Estudos e experimentos realizados por forças armadas de outros países indicam que a IA em sistemas autônomos pode transformar profundamente a capacidade de reconhecimento militar. Exemplos incluem o uso de drones para monitoramento contínuo de zonas de conflito, robôs terrestres para patrulhas de fronteiras e veículos submarinos para a vigilância de águas territoriais. Esses sistemas não apenas aumentam a eficácia das operações, mas também reduzem os riscos para os soldados, permitindo uma atuação mais segura e eficiente.

Assim, a pesquisa proposta visa investigar como as tecnologias de IA podem ser adaptadas e implementadas para melhorar as capacidades de reconhecimento e vigilância do Corpo de Fuzileiros Navais brasileiro. Ao analisar as melhores práticas internacionais e avaliar as necessidades específicas do contexto brasileiro, esta pesquisa pretende fornecer insights valiosos e recomendações para a adoção eficaz de sistemas autônomos baseados em IA, contribuindo para a modernização e a eficácia operacional das forças militares do Brasil.

1.1.2 Formulação do Problema

Diante dessa conjuntura, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: **Como a aplicação de tecnologias de inteligência artificial (IA) em Sistemas Autônomos pode aprimorar as capacidades de reconhecimento e vigilância do Corpo de Fuzileiros Navais brasileiro, contribuindo para a eficiência operacional e a segurança das missões?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar como a integração de tecnologias de inteligência artificial em sistemas autônomos pode aprimorar as capacidades de reconhecimento e vigilância do Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil, contribuindo para a eficiência operacional,

a tomada de decisões estratégicas em tempo real e a segurança das tropas em campo.

1.2.2 Objetivos Específicos

Com a finalidade de delimitar e alcançar o desfecho esperado para o objetivo geral, foram levantados objetivos específicos que conduziram à consecução do objetivo deste estudo, os quais são transcritos abaixo:

- a) Identificar as principais tecnologias de IA empregadas em veículos aéreos, terrestres e submarinos não tripulados;
- b) Examinar estudos de caso e exemplos de aplicação de IA em forças armadas de outros países;
- c) Identificar os desafios atuais enfrentados na coleta e análise de dados de inteligência;
- d) Mapear as áreas e situações onde o reconhecimento e a vigilância são críticos para as operações do Corpo de Fuzileiros Navais;
- e) Identificar as tecnologias de IA desenvolvidas no Brasil e no exterior; e
- f) Identificar a compatibilidade dessas tecnologias com as necessidades operacionais do Corpo de Fuzileiros Navais.

1.3 Questões de Estudo

- a) Quais são as principais tecnologias de inteligência artificial atualmente empregadas em veículos aéreos, terrestres e submarinos não tripulados?
- b) Como as forças armadas de outros países estão utilizando a inteligência artificial em sistemas autônomos e quais são os exemplos de sucesso?
- c) Quais são os principais desafios enfrentados pelo Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil na coleta e análise de dados de inteligência?
- d) Em quais áreas e situações específicas o reconhecimento e a vigilância são mais críticos para as operações do Corpo de Fuzileiros Navais?
- e) Quais tecnologias de inteligência artificial têm sido desenvolvidas no Brasil para uso em sistemas autônomos?

- f) Quais tecnologias de inteligência artificial desenvolvidas no exterior podem ser adaptadas para as necessidades do Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil?
- g) Como as tecnologias de IA atualmente disponíveis se alinham com as necessidades operacionais do Corpo de Fuzileiros Navais em termos de reconhecimento e vigilância?
- h) Quais adaptações ou melhorias são necessárias nas tecnologias de IA para atender plenamente às exigências operacionais do Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil?

1.4 JUSTIFICATIVA

A crescente complexidade dos conflitos modernos e a necessidade de respostas rápidas e precisas em operações militares destacam a importância de sistemas avançados de reconhecimento e vigilância. No contexto do Corpo de Fuzileiros Navais brasileiro, a utilização de tecnologias de inteligência artificial (IA) em meios militares autônomos apresenta um potencial significativo para aumentar a eficácia das operações. Este estudo busca investigar como essas tecnologias podem ser integradas e aplicadas de forma eficaz, visando otimizar a coleta de informações, a análise de dados em tempo real e a tomada de decisões estratégicas, minimizando riscos e melhorando a segurança das tropas em campo.

De acordo com a Política Nacional de Defesa, “a defesa do País é indissociável de seu desenvolvimento, na medida em que depende das capacidades instaladas, ao mesmo tempo em que contribui para o aproveitamento e a manutenção das potencialidades nacionais e para o aprimoramento de todos os recursos de que dispõe o Estado brasileiro” (Brasil, 2020). Nesse contexto, a integração de sistemas de IA em operações militares autônomas não apenas moderniza a capacidade de defesa, mas também alavanca o desenvolvimento tecnológico e industrial do país.

A Estratégia Nacional de Defesa também reforça a importância de uma abordagem integrada, afirmando que “o desenvolvimento do País, condição essencial para a geração do Poder Nacional em toda a sua plenitude, constitui peça fundamental para a efetiva dissuasão contra eventuais ameaças à Defesa e à Segurança Nacionais” (Brasil, 2020). Dessa forma, ao investir em IA para reconhecimento e

vigilância, o Brasil não apenas fortalece suas capacidades defensivas, mas também contribui para a sua soberania e segurança nacional, garantindo uma resposta adequada às ameaças modernas.

Portanto, a presente pesquisa se justifica pela necessidade de aprimorar as capacidades de reconhecimento do Corpo de Fuzileiros Navais brasileiro, utilizando tecnologias de IA em meios militares autônomos, alinhando-se aos objetivos estratégicos estabelecidos pela Política Nacional de Defesa e pela Estratégia Nacional de Defesa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Inteligência Artificial (IA): conceitos fundamentais

A Inteligência Artificial (IA) tem se tornado uma área de estudo fundamental e com ampla aplicação em diversos setores, incluindo o militar. Neste tópico o objetivo é delinear os conceitos fundamentais de IA, suas definições, técnicas e principais abordagens, com base em fontes acadêmicas e artigos científicos.

2.1.1 Definição e Histórico de IA

A Inteligência Artificial pode ser definida como a capacidade de uma máquina de imitar comportamentos inteligentes humanos. Segundo Russell e Norvig (2016), IA envolve a criação de agentes que percebem seu ambiente e tomam ações que maximizam suas chances de sucesso (Artificial Intelligence: A Technological Prototype in Recruitment).

Os primeiros desenvolvimentos em IA datam da década de 1950, com Alan Turing propondo o famoso Teste de Turing como uma medida de inteligência de uma máquina. Em seu trabalho seminal "Computing Machinery and Intelligence" (1950), Turing pergunta: "As máquinas podem pensar?" e propõe um método para responder a essa questão (Turing, 1950).

2.1.2 Técnicas e Principais Abordagens

A inteligência artificial utiliza uma variedade de técnicas e abordagens para alcançar comportamentos inteligentes. Entre as técnicas mais fundamentais estão o aprendizado de máquina, aprendizado profundo e algoritmos evolutivos.

O aprendizado de máquina (Machine Learning) é uma técnica que permite que os sistemas aprendam a partir de dados, identificando padrões e fazendo previsões ou decisões sem serem explicitamente programados para realizar essas tarefas. O aprendizado de máquina pode ser subdividido em três categorias principais: aprendizado supervisionado, aprendizado não supervisionado e aprendizado por reforço (Russell e Norvig, 2016).

Já o aprendizado profundo (Deep Learning) é uma subcategoria do aprendizado de máquina. Este utiliza redes neurais artificiais com múltiplas camadas (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). Essas redes são capazes de modelar e interpretar dados

complexos, como imagens, texto e áudio, tornando-se extremamente eficazes em tarefas como reconhecimento de fala, visão computacional e processamento de linguagem natural.

Por fim, os algoritmos evolutivos (inspirados pela teoria da evolução de Darwin), utilizam processos como seleção, mutação e cruzamento para gerar soluções progressivamente melhores para problemas complexos. Eles são frequentemente utilizados em otimização e problemas de busca (Russell e Norvig, 2016).

2.1.3 Aplicações de IA

As aplicações de IA são vastas e diversificadas, abrangendo desde sistemas de recomendação em plataformas de *streaming* até diagnósticos médicos automatizados.

Os sistemas de recomendação, utilizados por empresas como Netflix e Amazon, analisam o comportamento do usuário e fazem recomendações personalizadas, aumentando o engajamento e a satisfação do cliente (Russell e Norvig, 2016). No que se refere aos diagnósticos médicos, a IA está revolucionando o campo da medicina, com algoritmos capazes de analisar exames médicos, identificar padrões em imagens de raio-X e até prever surtos de doenças, desde que bem abastecidos de dados e informações.

Outras utilizações que podem ser mencionadas são os veículos autônomos, com carros e drones autônomos que utilizam uma combinação de aprendizado de máquina, visão computacional e algoritmos de controle para navegar e operar de maneira segura e eficiente (Thrun et al., 2006) e o Processamento de Linguagem Natural (NLP), ou assistentes virtuais como Siri (Apple) e Alexa (Amazon), que utilizam técnicas de NLP para compreender e responder a comandos de voz, facilitando a interação homem-máquina (Russell e Norvig, 2016).

2.1.4 Desafios e Considerações Éticas

Embora a IA ofereça inúmeras vantagens, sua implementação traz consigo diversos desafios e questões éticas. A segurança dos sistemas de IA é uma preocupação constante, especialmente em aplicações críticas como os mencionados veículos autônomos e sistemas de saúde. A confiabilidade e a robustez dos algoritmos devem ser garantidas para evitar falhas que podem ter consequências graves (Calo, 2017).

Além disso, a IA levanta importantes questões éticas. A transparência dos algoritmos é fundamental para garantir que as decisões tomadas pelas máquinas sejam compreensíveis e justificáveis. A privacidade dos dados também é uma questão crítica, uma vez que muitos sistemas de IA dependem de grandes volumes de dados pessoais para funcionar corretamente.

A IA também pode impactar o mercado de trabalho, com a automação potencialmente substituindo empregos humanos. Isso exige uma reflexão cuidadosa sobre políticas de apoio e requalificação dos trabalhadores afetados (Calo, 2017).

Em resumo, a inteligência artificial é uma área de estudo complexa e em rápida evolução, com potencial para transformar numerosos setores da sociedade. No entanto, a sua implementação bem-sucedida depende de avanços técnicos, regulamentação adequada e uma abordagem ética robusta (Russell e Norvig, 2016).

2.2 Aplicações de Inteligência Artificial (IA) no contexto militar

A inteligência artificial (IA) tem se destacado como uma tecnologia transformadora em diversos setores, incluindo o militar. Sua aplicação no campo de batalha promete redefinir as estratégias e capacidades das forças armadas. De acordo com o documento *"AI Considerations for the Marine Corps"*, a IA "tem o potencial de aumentar a letalidade das forças, proteger melhor tropas e civis, e economizar recursos" (CNA, 2021, tradução nossa).

Uma das áreas mais promissoras para a IA no contexto militar é o uso de veículos autônomos. Estes incluem tanto veículos aéreos quanto terrestres, que podem ser utilizados para "providenciar inteligência, vigilância e reconhecimento em ambientes urbanos" (CNA, 2021, tradução nossa). A autonomia desses veículos permite que eles operem em áreas perigosas sem expor os soldados ao risco, aumentando a eficiência e a segurança das operações.

Além disso, a IA pode ser fundamental na síntese e análise de dados de inteligência. Sistemas baseados em IA têm a capacidade de "sintetizar e analisar múltiplas fontes de inteligência para identificar anomalias e prever atividades adversárias" (CNA, 2021, tradução nossa). Essa capacidade de processamento de grandes volumes de dados em alta velocidade é crucial para a tomada de decisões rápidas e informadas no campo de batalha.

Outro aspecto significativo é a melhoria na identificação e neutralização de ameaças. A IA pode ser utilizada para "melhorar a identificação e o ataque a veículos aéreos não tripulados adversários" (CNA, 2021, tradução nossa). Isso é particularmente relevante em cenários onde drones inimigos representam uma ameaça crescente.

Contudo, o uso de IA no contexto militar não está isento de desafios. A tecnologia ainda enfrenta limitações, como a necessidade de grandes quantidades de dados de alta qualidade e a dificuldade de explicar as decisões tomadas pelos sistemas de IA (CNA, 2021). Além disso, há riscos associados, como a vulnerabilidade a manipulações adversárias e a possibilidade de falhas em condições imprevistas (CNA, 2021).

Portanto, embora a IA ofereça vantagens significativas, é essencial que as forças armadas abordem essas tecnologias com uma estratégia cuidadosa. Investir em infraestrutura de dados robusta, desenvolver políticas de ética e segurança, e garantir processos rigorosos de teste e avaliação são passos cruciais para aproveitar ao máximo as capacidades da IA enquanto se mitigam seus riscos (CNA, 2021).

2.3 Meios Autônomos: conceitos e tecnologias envolvidas

A evolução tecnológica dos últimos anos tem proporcionado avanços significativos em diversas áreas, entre elas a automação e a autonomia de sistemas. Meios autônomos, que operam de forma independente da intervenção humana contínua, estão transformando setores como transporte, manufatura, saúde e segurança.

Meios autônomos referem-se a sistemas ou dispositivos que podem operar de forma independente, sem a necessidade de intervenção humana contínua. Estes meios utilizam uma combinação de tecnologias avançadas, como inteligência artificial, aprendizado de máquina, sensores e redes neurais, para realizar tarefas específicas de maneira autônoma. Nesse tópico serão apresentados os conceitos fundamentais e as principais tecnologias envolvidas nos meios autônomos.

Os meios autônomos dependem de uma série de tecnologias avançadas para funcionar de forma eficaz e segura. A inteligência artificial (IA) é um dos pilares principais, com o aprendizado de máquina permitindo que os sistemas melhorem continuamente com base na experiência acumulada (Russell e Norvig, 2021). As redes neurais artificiais, inspiradas no funcionamento do cérebro humano, são

particularmente eficazes no reconhecimento de padrões e no processamento de grandes volumes de dados, tornando-as essenciais para a autonomia (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). Sensores diversos também desempenham um papel crítico. Sensores LIDAR (Light Detection and Ranging), por exemplo, são amplamente utilizados em veículos autônomos para mapear o ambiente em três dimensões, enquanto câmeras e tecnologias de visão computacional permitem que os sistemas interpretem e respondam a imagens e vídeos. Sensores de proximidade e ultrassônicos são comumente usados para detectar obstáculos e medir distâncias em diferentes contextos (Thrun et al., 2006).

O processamento de dados é outra componente vital. A capacidade de analisar grandes volumes de dados em tempo real é crucial para a operação de meios autônomos, e tecnologias de Big Data, juntamente com a computação em nuvem, desempenham um papel essencial nesse processo (Russell e Norvig, 2021). Sistemas de navegação e posicionamento, como o GPS (Global Positioning System), são fundamentais para a navegação e localização de veículos autônomos, complementados por sistemas inerciais que fornecem informações adicionais sobre velocidade e direção (Khatib, 2008). A comunicação e as redes também são indispensáveis, com a conectividade rápida proporcionada pelo 5G e a Internet das Coisas (IoT) facilitando a coordenação entre dispositivos autônomos, especialmente em ambientes urbanos (Russell e Norvig, 2021).

Os meios autônomos estão revolucionando várias áreas, cada uma com suas aplicações específicas. No setor de transporte, veículos autônomos, como carros e caminhões, estão sendo desenvolvidos e testados para o transporte de passageiros e cargas. Esses veículos combinam IA, sensores e sistemas de navegação para operar de maneira segura e eficiente, prometendo transformar a mobilidade urbana e reduzir acidentes causados por erros humanos (Thrun et al., 2006). Na indústria, robôs autônomos são empregados em tarefas como montagem, inspeção e logística, aumentando a eficiência e reduzindo custos operacionais (Khatib, 2008). Em ambientes domésticos, robôs de limpeza e assistência estão se tornando cada vez mais comuns, proporcionando conveniência e melhorando a qualidade de vida.

Drones são outro exemplo notável de meios autônomos, utilizados para uma variedade de tarefas, desde entregas e monitoramento ambiental até agricultura de precisão e operações de resgate. A autonomia permite que esses dispositivos operem em áreas inacessíveis ou perigosas para os humanos, ampliando suas aplicações

(Russell e Norvig, 2021). No setor de saúde, dispositivos médicos autônomos, como robôs cirúrgicos e sistemas de diagnóstico automatizados, estão melhorando a precisão e a eficiência dos cuidados de saúde, proporcionando tratamentos mais rápidos e precisos (Borenstein e Pearson, 2015).

Apesar dos avanços significativos, a implementação de meios autônomos enfrenta desafios substanciais. A segurança e a confiabilidade desses sistemas são preocupações primordiais. Garantir que os meios autônomos operem de maneira segura e confiável em todas as condições é um desafio técnico significativo, que inclui lidar com possíveis falhas de sistema e ameaças de cibersegurança (Calo, 2017). A regulamentação e as políticas públicas também são áreas críticas, uma vez que o uso de meios autônomos requer marcos regulatórios que assegurem a segurança, privacidade e responsabilidade. Governos e órgãos reguladores estão trabalhando para acompanhar o ritmo dos avanços tecnológicos, desenvolvendo normas e diretrizes que equilibram inovação e proteção (Calo, 2017).

As implicações éticas são outro aspecto vital a ser considerado. Decisões autônomas, especialmente em veículos e cuidados de saúde, levantam questões sobre responsabilidade e transparência. Por exemplo, em caso de acidentes envolvendo veículos autônomos, determinar a responsabilidade pode ser complexo. Além disso, a implementação de meios autônomos pode ter impactos sociais significativos, incluindo a potencial substituição de empregos humanos por máquinas, o que exige uma reflexão cuidadosa sobre as políticas de apoio aos trabalhadores afetados. A aceitação pública dos meios autônomos também depende de um diálogo aberto e transparente sobre esses desafios, bem como de uma confiança contínua nas tecnologias envolvidas (Calo, 2017).

Os meios autônomos representam uma fronteira promissora da tecnologia, com o potencial de transformar diversas indústrias e melhorar a eficiência, segurança e qualidade de vida. No entanto, a realização desse potencial depende de avanços contínuos em inteligência artificial, sensoriamento, processamento de dados e comunicação, além de um foco constante em segurança, regulamentação e ética. O desenvolvimento e a implementação bem-sucedidos desses sistemas exigem uma abordagem interdisciplinar, integrando engenharia, ciência da computação, ética e políticas públicas.

2.4 Meios Autônomos que utilizam Inteligência Artificial no Mundo

Os meios autônomos com inteligência artificial (IA) representam uma das frentes mais promissoras da tecnologia moderna, trazendo avanços significativos em diversas áreas, desde a mobilidade urbana até a exploração espacial. Esses sistemas são capazes de operar sem intervenção humana direta, utilizando algoritmos avançados de IA para tomar decisões em tempo real com base em dados coletados por sensores.

Um exemplo notável é a aplicação de enxames de micro robôs aéreos, conforme descrito no artigo "Swarm of micro flying robots in the wild" por Zhou et al. Os autores discutem a complexidade da navegação autônoma em ambientes altamente congestionados, como florestas densas. Eles afirmam que "para possibilitar a navegação de enxames na natureza, desenvolvemos drones miniaturizados, mas totalmente autônomos, com um planejador de trajetória que pode funcionar de maneira rápida e precisa com base em informações limitadas dos sensores a bordo" (ZHOU et al., 2022, tradução nossa).

Esses drones são equipados com sensores avançados que lhes permitem perceber o ambiente ao redor e ajustar suas trajetórias em tempo real para evitar obstáculos e coordenar movimentos com outros drones do enxame. A tecnologia por trás desses robôs envolve a utilização de algoritmos de planejamento de trajetória e otimização espacial-temporal, permitindo que eles naveguem de forma eficiente e segura mesmo em cenários altamente restritivos. Conforme destacado no artigo, "o planejador de trajetória proposto deforma as trajetórias e ajusta a alocação de tempo simultaneamente com base na otimização espacial-temporal conjunta" (ZHOU et al., 2022, tradução nossa).

A aplicação de tais sistemas autônomos vai além da robótica aérea. Em veículos autônomos terrestres, por exemplo, a IA permite a detecção e resposta a condições de tráfego dinâmicas, identificação de pedestres e outros veículos, e planejamento de rotas otimizadas. Na agricultura, drones autônomos são utilizados para monitorar a saúde das plantações, aplicar fertilizantes de maneira precisa e coletar dados sobre o solo e a colheita.

Além disso, a exploração espacial tem se beneficiado enormemente dos avanços em autonomia e IA. Robôs exploradores em Marte, como o Perseverance, utilizam IA para navegar no terreno, coletar amostras e enviar dados de volta à Terra, muitas vezes tomando decisões independentes sobre quais amostras são mais valiosas ou quais caminhos seguir para evitar obstáculos.

Os meios autônomos com IA estão revolucionando a maneira como interagimos com o mundo ao nosso redor. Eles não só aumentam a eficiência e precisão das tarefas que realizam, mas também abrem novas possibilidades para operações em ambientes perigosos ou inacessíveis aos seres humanos. A combinação de autonomia e inteligência artificial continua a evoluir, prometendo ainda mais avanços tecnológicos e aplicações inovadoras no futuro próximo.

2.5 Reconhecimento e Vigilância nas Operações Militares

O CGCFN – 20, Manual de Inteligência de Fuzileiros Navais define Reconhecimento e Vigilância (RecVig) como:

O Reconhecimento e a Vigilância (ou Acompanhamento) são ações enquadradas como Operações de Esclarecimento, de acordo com a publicação EMA-305 - Doutrina Militar Naval. O Reconhecimento tem como propósito obter informações referentes às atividades e aos meios do inimigo, ou ainda coletar dados meteorológicos, hidroceanográficos, geográficos, eletromagnéticos entre outros, atinentes à AOp. A Vigilância tem como propósito obter informações continuadas sobre os movimentos e a composição de alvos ou forças, após sua detecção e localização.

Ainda dentro das Operações de Esclarecimento, o EMA-305 - Doutrina Militar Naval destaca a importância dos meios não tripulados, afirmando: "Os sistemas de sensoriamento remoto, com o emprego de satélites ou Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), são indicados para o esclarecimento de grandes extensões marítimas e áreas terrestres de interesse, sob o controle do inimigo". Isso demonstra a estreita ligação dessas tecnologias com esse tipo de operação.

Já o Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), em seu manual que decerta sobre os Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav) e que fundamenta e norteia o preparo e emprego dos Fuzileiros Navais, o CGCFN-0-1 - Manual Básico dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais trata do Reconhecimento e Vigilância como:

As atividades de Rec Vig são realizadas por todos os escalões de tropa. Os elementos de operações especiais, normalmente, operam em proveito do GptOpFuzNav como um todo. As atividades de Rec Vig compreendem ações realizadas por militares com ou sem auxílio de equipamentos, como, por exemplo, radares e sensores, satélites e aeronaves tripuladas ou não.

Dentro do escopo das aeronaves não tripuladas, podemos que o CFN está preocupado com este meio, que já é amplamente utilizado no mundo, como podemos

ver no artigo "PROADSUMUS 2021-2040: Perspectivas para o Poder de Combate do CFN: que diz:

Em 2020, os ensinamentos advindos do conflito entre a Armênia e o Azerbaijão, na região de Nagorno-Karabakh, ressaltaram a atual importância do emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), tanto para missões de reconhecimento como para ataque. À luz de exemplos como a evolução doutrinária no USMC, que levou ao emprego de ARP em apoio aos diversos níveis de comando, de Grupos de Combate às Forças de Desembarque, esse assunto gerará seguramente estudos quanto ao possível planejamento no âmbito do PROADSUMUS. Tais estudos deverão ser integrados com a nova capacidade que a MB adquiriu em 2020, com a aquisição do SARP. ScanEagle (categoria 2 – esclarecimento), que, podendo operar a partir de bordo ou terra, comporá novo Esquadrão da Força Aeronaval, cujas tarefas incluirão o apoio aos GptOpFuzNav, de maneira similar aos Esquadrões de Helicópteros de Emprego Geral. No âmbito da defesa antiaérea contra ARP, deverão ainda ser aprofundados os estudos quanto ao emprego da guerra eletrônica nessa atividade. (SILVA JÚNIOR; LOURENÇO JUNIOR; LEITE JÚNIOR, 2021).

Tais aspectos evidenciam que os veículos não tripulados, como as ARP, são componentes essenciais para o fortalecimento das capacidades operacionais do CFN. Eles proporcionam uma vantagem significativa em termos de reconhecimento e vigilância, permitindo operações mais seguras e eficazes. Além disso, a integração dessas tecnologias com outras formas de sensoriamento remoto e guerra eletrônica amplia a versatilidade e a resiliência das forças armadas brasileiras, garantindo uma resposta rápida e adaptável às ameaças contemporâneas. A constante evolução tecnológica e doutrinária, conforme evidenciada pelos estudos do PROADSUMUS, assegura que o CFN continuará a melhorar suas capacidades, mantendo-se à frente em um cenário de segurança global cada vez mais complexo.

2.6 Meios Militares Autônomos nos conflitos atuais e seus dilemas éticos

A evolução tecnológica tem transformado o campo de batalha contemporâneo, introduzindo sistemas de armas autônomos que operam com inteligência artificial (IA) e outras tecnologias avançadas. Esses meios militares autônomos estão, cada vez mais, substituindo soldados em tarefas perigosas e realizando operações com maior precisão e eficiência. Esses sistemas de armas autônomos e robôs militares, que

anteriormente pertenciam ao domínio da ficção científica, agora estão presentes nas pranchetas de projetistas, nos laboratórios de engenharia e nos campos de batalha. Este avanço tem provocado debates intensos entre planejadores militares, especialistas em robótica e analistas de ética sobre o desenvolvimento e o emprego de armas que podem executar funções complexas, incluindo a escolha de alvos e a aplicação de força, com pouca ou nenhuma supervisão humana (ETZIONI; ETZIONI, 2017).

Os sistemas de armas autônomos oferecem diversas vantagens estratégicas e táticas no campo de batalha. Eles funcionam como multiplicadores de força, permitindo que menos militares sejam necessários para uma missão, aumentando a eficácia de cada combatente. Além disso, esses sistemas expandem o campo de batalha, possibilitando combates em áreas anteriormente inacessíveis, e reduzem as baixas ao remover combatentes humanos de missões perigosas. O relatório "Unmanned Systems Roadmap: 2007-2032" do Departamento de Defesa dos EUA, por exemplo, destaca que robôs são mais adequados que humanos para missões tediosas, contaminadas e perigosas. A economia de custos é outro fator importante, com exemplos como o robô TALON, que custa significativamente menos que a manutenção de um soldado no campo (ETZIONI; ETZIONI, 2017).

No entanto, o uso de armas autônomas levanta sérias preocupações éticas e legais. Críticos argumentam que delegar decisões de vida ou morte a máquinas infringe princípios fundamentais do direito humanitário internacional, como o Princípio de Distinção, que exige a diferenciação entre combatentes e civis. Além disso, há um problema significativo de responsabilidade: se uma máquina autônoma cometer um erro, é difícil determinar quem deve ser responsabilizado — os programadores, os operadores ou os próprios sistemas. A natureza desse problema foi destacada quando um carro sem motorista violou os limites de velocidade, deixando incerto quem deveria receber a multa (ETZIONI; ETZIONI, 2017).

Já no Brasil, no contexto do Exército Brasileiro, a identificação das tecnologias críticas é essencial para garantir a efetividade militar. Os sistemas mecatrônicos militares autônomos (SMMA) integram engenharia mecânica, eletrônica, sistemas de controle e computação, estando no cerne da revolução tecnológica militar em curso. Os cenários prospectivos para as guerras do futuro descrevem um ambiente volátil, incerto, complexo e ambíguo, intensamente influenciado pela ciência, tecnologia e inovação, com destaque para os sistemas mecatrônicos autônomos. Considerando a

revolução tecnológica militar em curso, o processo de transformação do Exército Brasileiro e a necessidade de racionalização de recursos, a abordagem proposta visa identificar as tecnologias críticas necessárias (CALDEIRA, 2018).

A terceira revolução tecnológica militar, marcada pelo uso de armas autônomas, deverá se intensificar nos próximos anos, modificando significativamente os conflitos armados. A atual revolução tecnológica militar foi precedida pela primeira, baseada no domínio da pólvora, e pela segunda, alcançada com o advento das armas nucleares. É interessante ressaltar que questionamentos sobre o uso desses sistemas de armas têm sido realizados por personalidades internacionais, como o cientista Stephen Hawking e o empresário Elon Musk, que alertam para a "terceira revolução bélica" com a iminente chegada de robôs e equipes não tripuladas que poderiam elevar as guerras a confrontos com consequências imprevisíveis. Assim, muitos SMMA dentre os quais os mísseis e as munições inteligentes, com sistemas de guiamento fire and forget, não estão no escopo dessas indagações, embora possam perseguir e engajar alvos de forma autônoma (CALDEIRA, 2018).

Os sistemas autônomos já são uma realidade no campo de batalha atual. Essa afirmação pode ser comprovada ao se constatar o uso de veículos, equipamentos e armas, nos combates contemporâneos, que não somente operam de forma remota, mas com algum nível de autonomia no seu processo decisório. O corrente conflito russo-ucraniano (fevereiro 2022 – atual), tem trazido exemplos de uso de Unmanned Aerial Systems (UAS) e Unmanned Ground Systems (UGS), que podem possuir autonomia em diversas de suas funções, como os drones russos KUB e Lancet empregados em território ucraniano. Mesmo no contexto das potências ocidentais, diversas Forças Armadas defendem o desenvolvimento e o usufruto de sistemas autônomos para incrementar suas capacidades. Conforme o Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), diversos países têm desenvolvido sistemas de armas com níveis diversos de autonomia (SILVA, 2023).

A inteligência artificial tem potencial para alterar significativamente a dissuasão estratégica e a estabilidade internacional. Aplicações de IA no nível estratégico de guerra podem influenciar decisões políticas sobre a escala e o escopo de um conflito, escalada e desescalada, e, por extensão, a estabilidade estratégica e a dissuasão (DAVIS, 2019, tradução nossa). A IA é central para a "terceira estratégia de offset" do Departamento de Defesa dos EUA, que visa manter a superioridade tecnológica militar. Isso inclui a criação do Centro Conjunto de Inteligência Artificial (Joint Artificial

Intelligence Center - JAIC) e diversas iniciativas governamentais para acelerar o desenvolvimento de tecnologias avançadas. A aplicação de IA em veículos autônomos, por exemplo, permite a navegação em terrenos hostis e a operação de formações complexas de drones em múltiplos domínios (DAVIS, 2019, tradução nossa).

A coleta e análise de inteligência focada utilizando redes neurais para sondar conjuntos de dados multimodais podem revelar indicadores chave de atividade de proliferação. O aprendizado de máquina também permite combinar dados abertos de comércio e financeiros com várias formas de inteligência para obter insights sobre transferências ilícitas de tecnologia, redes de proliferação e os esforços dos proliferadores para evitar a detecção (DAVIS, 2019, tradução nossa). Além disso, a IA está sendo utilizada para enriquecer simulações de campo de batalha e jogos de guerra, permitindo aos planejadores militares explorar variáveis dinâmicas e analisar resultados potenciais (DAVIS, 2019, tradução nossa).

A introdução de sistemas de armas autônomos nos conflitos atuais representa um avanço significativo na capacidade militar, mas também traz desafios éticos e legais substanciais. A comunidade internacional debate intensamente sobre a moralidade e a legalidade do uso dessas armas, com alguns defendendo sua proibição completa. Por outro lado, há um reconhecimento crescente de que esses sistemas podem, sob certas condições, oferecer vantagens estratégicas importantes e reduzir o risco para soldados humanos.

O futuro dos conflitos armados será, inevitavelmente, moldado pelo desenvolvimento e pela implementação de tecnologias autônomas. É crucial que as forças armadas e a comunidade internacional continuem a discutir e a estabelecer normas e regulamentos claros para garantir que esses sistemas sejam utilizados de maneira ética e eficaz, protegendo tanto os combatentes quanto os civis.

3. METODOLOGIA

3.1 OBJETO FORMAL DE ESTUDO

3.1.1 Descrição Detalhada do Objeto de Estudo

O objeto de estudo deste Trabalho de Conclusão de Curso é a aplicação de tecnologias de inteligência artificial (IA) em meios militares autônomos, focando especificamente nas capacidades de reconhecimento e vigilância do Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil. A investigação visa explorar como a integração de IA em veículos aéreos não tripulados (VANTs), veículos terrestres autônomos (VTAs) e veículos submarinos não tripulados (VSNTs) pode melhorar a eficiência operacional, a precisão na tomada de decisões e a segurança das tropas em operações de campo.

Este estudo busca identificar as tecnologias de IA mais avançadas e aplicáveis ao contexto militar, analisando suas capacidades de processamento de dados em tempo real, identificação de alvos, e execução de missões de reconhecimento e vigilância de maneira autônoma. A pesquisa também pretende mapear os desafios enfrentados atualmente pelo Corpo de Fuzileiros Navais na implementação dessas tecnologias e propor soluções viáveis e adaptadas às necessidades específicas da Marinha do Brasil.

Além disso, o estudo incluirá uma análise comparativa com as práticas de outras forças armadas internacionais que já utilizam tecnologias de IA em meios autônomos, destacando os benefícios obtidos e as lições aprendidas. Essa comparação permitirá uma compreensão aprofundada das melhores práticas e da adaptabilidade dessas tecnologias ao contexto brasileiro, visando proporcionar uma vantagem estratégica e operacional significativa para o Corpo de Fuzileiros Navais.

3.1.2 Delimitação do Estudo

O estudo será delimitado pelas seguintes perspectivas:

- **Tecnologias de IA em Veículos Autônomos:**

Serão analisadas as principais tecnologias de IA empregadas em VANTs, VTAs e VSNTs, incluindo algoritmos de aprendizado de máquina, visão computacional, navegação autônoma e sensores avançados.

- **Estudos de Caso Internacionais:**

Serão examinados estudos de caso de forças armadas de outros países que implementaram tecnologias de IA em meios autônomos, identificando as melhores práticas e os resultados obtidos.

- **Necessidades e Desafios do Corpo de Fuzileiros Navais:**

Serão identificados os desafios atuais enfrentados pelo Corpo de Fuzileiros Navais na coleta e análise de dados de inteligência e como a IA pode ser uma solução viável para superar essas dificuldades.

- **Compatibilidade e Adaptação de Tecnologias:**

Será avaliada a compatibilidade das tecnologias de IA desenvolvidas no Brasil e no exterior com as necessidades operacionais do Corpo de Fuzileiros Navais, propondo possíveis adaptações e melhorias.

3.2 Amostra

3.2.1 Composição da Amostra

A amostra desta pesquisa será composta por documentos e estudos de caso selecionados de diversas fontes relevantes para o tema de aplicação de inteligência artificial (IA) em meios militares autônomos. A amostra incluirá:

- Documentos Oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil:
 - Manuais operativos.
 - Diretrizes estratégicas.
 - Documentos de políticas de defesa e estratégias de modernização militar.
- Estudos de Caso de Forças Armadas Internacionais:
 - Relatórios de implementação de tecnologias de IA em meios autônomos.
 - Publicações acadêmicas e artigos técnicos.
 - Documentos oficiais e relatos de práticas bem-sucedidas.

3.2.2 Critérios de Seleção da Amostra

Os critérios de seleção da amostra foram estabelecidos para garantir a relevância e a qualidade dos dados coletados, assegurando que a pesquisa aborde

os aspectos mais pertinentes e atuais do uso de IA em meios militares autônomos. Os critérios são os seguintes:

3.2.2.1 Documentos Oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais:

- Atualidade: Serão selecionados documentos publicados nos últimos 4 anos para garantir a atualidade das informações.
- Relevância: Serão incluídos documentos que contenham informações detalhadas sobre o uso de tecnologias de IA e sistemas autônomos ou sobre reconhecimento e vigilância no contexto operativo dos Fuzileiros Navais.
- Disponibilidade: Serão considerados documentos disponíveis publicamente ou que possam Grau de Sigilo Ostensivo.

3.2.2.2 Estudos de Caso de Forças Armadas Internacionais:

- Implementação de IA: Serão selecionados estudos de caso que descrevam claramente a implementação de tecnologias de IA em meios militares autônomos.
- Resultados Documentados: Serão priorizados estudos que apresentem resultados documentados, incluindo desafios enfrentados, estratégias de implementação e benefícios alcançados.
- Contexto Comparável: Serão escolhidos estudos de caso de forças armadas cujas condições operativas e desafios sejam comparáveis aos do Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil, permitindo uma análise mais relevante e aplicável.

3.3 DELINIAMENTO DA PESQUISA

3.3.1 Tipo de Pesquisa

Esta pesquisa é de natureza qualitativa, permitindo uma análise aprofundada e contextualizada dos fenômenos estudados. O foco está em explorar as nuances e complexidades associadas ao uso de inteligência artificial (IA) em meios militares autônomos, no contexto do Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil. A abordagem qualitativa é adequada para este estudo, pois possibilita uma compreensão detalhada das práticas, tecnologias e desafios envolvidos.

3.3.2 Procedimentos Metodológicos

3.3.2.1 Revisão da Literatura:

Uma revisão extensiva da literatura existente será realizada para identificar as principais tecnologias de IA aplicáveis a meios militares autônomos, bem como para compreender as melhores práticas internacionais e os desafios enfrentados.

As fontes incluirão artigos acadêmicos, livros, documentos técnicos, relatórios militares e estudos de caso de outras forças armadas que utilizam IA em seus sistemas autônomos.

3.3.2.2 Análise Documental:

Serão analisados documentos oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais que possuam o Grau de Sigilo Ostensivo, incluindo manuais operacionais, relatórios de missão e documentos operacionais e estratégicos que delineiam as necessidades e os desafios operacionais.

Documentos de políticas nacionais de defesa e estratégias de modernização militar também serão revisados para contextualizar a importância da integração de IA.

3.3.2.3 Estudos de Caso:

Serão selecionados e analisados estudos de caso de forças armadas internacionais que implementaram tecnologias de IA em meios autônomos, com o objetivo de identificar práticas bem-sucedidas e os resultados obtidos.

Cada estudo de caso será descrito detalhadamente, destacando as tecnologias utilizadas, os processos de implementação, os desafios enfrentados e os benefícios alcançados.

3.3.2.4 Análise Comparativa:

Os dados obtidos através da revisão da literatura e dos estudos de caso serão comparados para identificar padrões, diferenças e similaridades. Esta análise permitirá uma avaliação crítica das tecnologias e práticas que podem ser adaptadas ao contexto do Corpo de Fuzileiros Navais.

3.3.3 Técnicas de Análise de Dados

Os dados qualitativos coletados serão analisados utilizando técnicas de análise de conteúdo e análise temática, permitindo a identificação de temas recorrentes, padrões e insights significativos. A análise será conduzida de forma sistemática, com

categorização e codificação dos dados para facilitar a interpretação e a construção de uma compreensão teórica robusta sobre o uso de IA em meios militares autônomos.

3.3.4 Ferramentas e Software

Para a gestão e análise dos dados qualitativos, serão utilizadas ferramentas de software como o Taguette ou similares, que auxiliam na organização, categorização e análise dos dados textuais. Essas ferramentas permitirão uma análise mais eficiente e estruturada dos grandes volumes de dados coletados.

Este delineamento metodológico assegura uma abordagem rigorosa e abrangente para explorar o potencial da inteligência artificial em meios militares autônomos, contribuindo para a literatura científica e oferecendo uma base sólida para futuras pesquisas e implementações práticas.

3.4 PROCEDIMENTOS PARA REVISÃO DA LITERATURA

Os procedimentos adotados para a revisão da literatura serão descritos a seguir:

3.4.1 Objetivos da Revisão da Literatura

- Identificar e sintetizar as principais tecnologias de IA aplicáveis a meios militares autônomos.
- Compreender as melhores práticas internacionais na aplicação de IA em contextos militares.
- Destacar os desafios enfrentados e as soluções adotadas por diferentes forças armadas na implementação de IA em sistemas autônomos.
- Avaliar a relevância e aplicabilidade dessas tecnologias no contexto do Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil.

3.4.2 Fontes de Dados

A revisão da literatura será conduzida utilizando diversas fontes de dados para garantir uma visão abrangente e detalhada do tema:

3.4.2.1 Artigos Acadêmicos:

- Publicações em periódicos científicos revisados por pares nas áreas de inteligência artificial, robótica, defesa e segurança.
- Conferências e workshops especializados em IA e tecnologias militares.

3.4.2.2 Livros e Capítulos de Livros:

- Obras de referência sobre inteligência artificial, robótica militar, e sistemas autônomos.
- Capítulos relevantes que abordem estudos de caso e aplicações práticas de IA em contextos militares.

3.4.2.3 Documentos Técnicos e Relatórios:

- Relatórios de pesquisa e desenvolvimento de instituições militares e de defesa que possuam Grau de Sigilo Ostensivo.
- Documentos técnicos de organizações internacionais que explorem o uso de IA em operações militares.

3.4.2.4 Estudos de Caso:

- Análise detalhada de casos de implementação de IA em forças armadas de outros países.
- Relatos e descrições de projetos bem-sucedidos e das lições aprendidas.

3.4.2.5 Documentos Oficiais:

- Manuais, relatórios de missão e documentos operacionais e estratégicos do Corpo de Fuzileiros Navais, se limitando a documentos possuam Grau de Sigilo Ostensivo.
- Políticas nacionais de defesa e estratégias de modernização militar.

3.4.3 Procedimentos de Coleta e Seleção

3.4.3.1 Busca Bibliográfica:

- Utilização de bases de dados acadêmicas como Google Scholar, IEEE Xplore, Scopus, Web of Science e JSTOR para localizar artigos relevantes.
- Palavras-chave utilizadas nas buscas incluirão termos como "inteligência artificial", "meios militares autônomos", "veículos aéreos não tripulados", "veículos terrestres autônomos", "veículos submarinos não tripulados", "reconhecimento e vigilância", entre outros.

3.4.3.2 Critérios de Inclusão e Exclusão:

- Inclusão de estudos e documentos publicados nos últimos 4 anos para garantir a atualidade das informações.

- Exclusão de trabalhos que não sejam diretamente relacionados ao tema ou que não apresentem dados empíricos ou análises teóricas relevantes.

3.4.3.3 Leitura e Análise:

- Leitura crítica dos títulos e resumos para uma triagem inicial dos materiais coletados.

- Seleção dos textos mais relevantes para uma leitura completa e detalhada.

- Anotação e categorização das informações-chave de cada fonte, destacando os principais achados, metodologias e conclusões.

3.4.4 Síntese e Organização

3.4.4.1 Agrupamento Temático:

Organização dos dados coletados em temas principais, como tecnologias de IA, práticas internacionais, desafios e soluções, e relevância para o Corpo de Fuzileiros Navais.

3.4.4.2 Análise Crítica:

- Comparação e contraste das diferentes abordagens e resultados apresentados na literatura.

- Identificação de lacunas no conhecimento e áreas que necessitam de mais investigação.

3.4.4.3 Redação da Revisão:

- Elaboração do texto da revisão da literatura, integrando as informações de maneira coesa e estruturada.

- Apresentação dos temas de forma lógica, com introdução, desenvolvimento e conclusão clara de cada tópico abordado.

3.5 INSTRUMENTOS

3.5.1 Análise Documental

A análise documental é um método fundamental para este estudo, permitindo a coleta e interpretação de informações relevantes através da revisão de documentos oficiais e acadêmicos e seguirá os seguintes procedimentos de coleta:

3.5.1.1 Fontes de Dados:

A coleta de dados será realizada a partir das seguintes fontes:

- Bibliotecas: Consultas em bibliotecas universitárias e militares para acesso a manuais, relatórios e publicações.
- Arquivos: Pesquisa em arquivos militares e institucionais que possuam documentos históricos e operacionais relevantes.
- Bases de Dados: Utilização de bases de dados acadêmicas como Google Scholar, IEEE Xplore, Scopus, Web of Science e JSTOR para localizar artigos e relatórios técnicos.

3.5.1.2 Métodos de Coleta:

Os métodos de coleta incluirão:

- Digitalização: Digitalização de documentos físicos para facilitar a análise e armazenamento.
- Cópia: Realização de cópias físicas e digitais dos documentos selecionados.
- Download: Baixa de artigos e relatórios de bases de dados acadêmicas.

3.5.2 Ferramentas de Análise

3.5.2.1 Ferramentas de Análise Qualitativa:

Para a análise qualitativa dos documentos, será utilizado o seguinte software Taguette que é uma ferramenta de código aberto para análise qualitativa de dados textuais. Ela permite a codificação de trechos de texto, facilitando a identificação de padrões temáticos e a organização dos dados em categorias. Será utilizado para Codificação de Dados, permitindo destacar e categorizar trechos relevantes dos documentos analisados.

3.5.2.2 Bases de Dados:

Como base de dados serão utilizados o Scopus e o Web of Science, sendo que o Scopus é uma das maiores bases de dados de resumos e citações de literatura científica revisada por pares. Assim permitindo que ocorra um acesso a Artigos de Alta Qualidade para a obtenção de artigos científicos de alto impacto, revisados por

pares, essenciais para fundamentar teoricamente a pesquisa. Além da Análise de Citações, identificando trabalhos influentes na área de estudo, permitindo um mapeamento das principais contribuições e tendências de pesquisa.

Já o Web of Science é uma plataforma de pesquisa que oferece acesso a múltiplas bases de dados de referência, abrangendo milhares de periódicos científicos, podendo prover uma Cobertura Multidisciplinar, além de analisar a influência e a interconectividade dos trabalhos acadêmicos através de índices de citações.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

3.6.1 Preparação dos Dados

A preparação dos dados envolve a organização e a codificação dos documentos selecionados. Isso inclui:

- Organização de Documentos: Classificação e armazenamento sistemático dos documentos coletados.
- Codificação Inicial: Identificação e marcação de trechos relevantes nos documentos para posterior análise.

3.6.2 Análise Qualitativa

A análise qualitativa será conduzida para interpretar e entender os dados textuais. Isso inclui:

- Análise de Conteúdo: Identificação de temas e padrões recorrentes nos documentos revisados.
- Análise Temática: Agrupamento dos dados em categorias temáticas para facilitar a interpretação e a comparação entre diferentes fontes.

3.6.3 Validação dos Resultados

A validade e a confiabilidade dos resultados serão verificadas através de procedimentos rigorosos, incluindo:

- Verificação de Consistência: Reexame dos dados e dos procedimentos de análise para garantir a precisão e a coerência dos resultados.
- Identificação de Limitações: Discussão das possíveis limitações da análise e das implicações para a generalização dos resultados.

4. RESULTADOS

Os resultados da pesquisa conduzida a partir da análise qualitativa de documentos, incluindo artigos acadêmicos, notícias e documentos oficiais, sobre os temas de Inteligência Artificial (IA), Sistemas Autônomos e Reconhecimento e Vigilância. O objetivo principal desta análise foi entender como essas tecnologias podem ser aplicadas para aprimorar as capacidades operativas do Corpo de Fuzileiros Navais.

4.1 SISTEMAS AUTÔNOMOS

Os sistemas autônomos estão transformando significativamente as operações militares modernas, oferecendo novas capacidades de execução de missões complexas sem a necessidade de intervenção humana contínua (Russell e Norvig, 2016). Esses sistemas são definidos por sua capacidade de tomar decisões de forma independente, utilizando uma combinação de sensores, inteligência artificial (IA) e algoritmos de aprendizado de máquina para interpretar o ambiente e agir conforme necessário (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). No campo militar, os sistemas autônomos estão revolucionando as áreas de reconhecimento, vigilância, logística e combate (Thrun et al., 2006).

No contexto deste trabalho, foi realizada uma análise detalhada das aplicações de sistemas autônomos no âmbito militar, com foco em sua utilização no Corpo de Fuzileiros Navais. A análise dos dados coletados demonstra que a adoção desses sistemas traz inúmeras vantagens operacionais, particularmente no que se refere ao reconhecimento e à vigilância em terrenos hostis e de difícil acesso (Russell e Norvig, 2016).

4.1.1 Características dos Sistemas Autônomos

Os sistemas autônomos podem ser categorizados com base no tipo de operação que realizam: sistemas aéreos, terrestres, marítimos e submarinos (Thrun et al., 2006). Esses sistemas são equipados com sensores avançados, como câmeras de alta resolução, sensores infravermelhos e LIDAR, que lhes permitem operar com precisão em ambientes complexos e perigosos (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). Além disso, a integração de IA nesses sistemas permite a análise de grandes

volumes de dados em tempo real, o que os torna particularmente eficazes para tarefas de reconhecimento e vigilância (Russell e Norvig, 2016).

Por exemplo, os veículos aéreos não tripulados (VANTs), como drones, são amplamente utilizados para operações de monitoramento e reconhecimento em áreas de conflito (Thrun et al., 2006). Equipados com câmeras de alta resolução e sensores térmicos, esses drones podem identificar movimentos de tropas inimigas, localizar alvos de interesse e transmitir imagens em tempo real para as equipes de comando (Khatib, 2008). A capacidade desses sistemas de operar em condições adversas e com mínima supervisão humana representa uma vantagem estratégica significativa (Russell e Norvig, 2016).

Os sistemas terrestres autônomos (VTAs) têm uma aplicabilidade diversa, incluindo o transporte de suprimentos, desminagem e até mesmo o apoio direto em combate (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). Esses veículos são programados para seguir rotas predefinidas, desviar de obstáculos e identificar potenciais ameaças no terreno. Veículos como o Robô TALON e o MAARS (Modular Advanced Armed Robotic System) são exemplos de tecnologias já em uso, capazes de executar missões em terrenos perigosos, reduzindo o risco de baixas humanas. O TALON, por exemplo, é usado para desarmar bombas e patrulhar áreas perigosas, mostrando como os sistemas terrestres autônomos aumentam a segurança e eficiência operacional das forças armadas (Thrun et al., 2006).

4.1.2 Desempenho dos Sistemas Autônomos nas Operações de Reconhecimento e Vigilância

A análise das informações levantadas indica que os sistemas autônomos desempenham papel crucial nas operações de reconhecimento e vigilância, áreas tradicionalmente críticas para o sucesso de qualquer operação militar (Russell e Norvig, 2016). Esses sistemas têm a capacidade de operar por longos períodos sem interrupção, monitorando vastas áreas de interesse (Thrun et al., 2006), o que é particularmente importante em missões de vigilância contínua, onde a coleta de dados em tempo real é essencial para fornecer uma imagem precisa e atualizada da situação tática (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016).

No Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil, os sistemas autônomos têm o potencial de melhorar substancialmente as capacidades de vigilância nas operações costeiras e em ambientes urbanos (Khatib, 2008). O uso de drones e veículos submarinos não

tripulados (VSNTs) permite monitorar atividades adversárias em tempo real, seja em áreas costeiras ou em profundidades submarinas, sem colocar em risco a vida de soldados (Russell e Norvig, 2016). Essas plataformas são ideais para identificar ameaças, rastrear embarcações hostis e realizar missões de inteligência em áreas de difícil acesso ou hostis.

Além disso, os sistemas autônomos permitem a integração de diferentes camadas de sensoriamento, combinando dados de várias fontes, como sensores ópticos e infravermelhos, para fornecer uma visão mais completa do ambiente operacional (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016), o que possibilita uma resposta mais rápida e eficiente a ameaças potenciais, como incursões inimigas ou tentativas de sabotagem (Thrun et al., 2006).

4.1.3 Avanços Tecnológicos e Benefícios Operacionais

O resultado do levantamento realizado indica que o rápido avanço das tecnologias de IA e de aprendizado de máquina tem sido um dos principais fatores que impulsionam o desenvolvimento de sistemas autônomos cada vez mais sofisticados (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). O uso de algoritmos de aprendizado profundo permite que esses sistemas melhorem continuamente seu desempenho com base nas missões anteriores, aprendendo com os dados coletados e ajustando suas ações para maximizar a eficácia (Russell e Norvig, 2016).

A autonomia desses sistemas reduz significativamente a carga sobre os operadores humanos, liberando-os para se concentrar em tarefas estratégicas mais complexas (Khatib, 2008). Por exemplo, em missões de reconhecimento, drones autônomos podem ser programados para identificar automaticamente padrões de comportamento adversário, como movimentação de tropas ou a presença de armamentos ocultos, sem a necessidade de um operador monitorar constantemente as imagens (Thrun et al., 2006).

Além da eficiência operacional, os sistemas autônomos oferecem uma clara vantagem em termos de redução de riscos para as tropas (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). Ao utilizar veículos aéreos, terrestres e submarinos não tripulados para realizar missões de reconhecimento em áreas perigosas, é possível minimizar a exposição dos soldados ao combate direto, evitando baixas e preservando a integridade da equipe (Khatib, 2008). Em operações militares contemporâneas, onde a velocidade e precisão das informações são cruciais, os sistemas autônomos

oferecem uma vantagem significativa em relação aos métodos tradicionais de reconhecimento e vigilância.

4.1.4 Limitações e Desafios dos Sistemas Autônomos

Embora os benefícios sejam claros, os dados também revelam limitações e desafios relacionados ao uso de sistemas autônomos (Russell e Norvig, 2016). Um dos principais desafios identificados é a confiabilidade desses sistemas em ambientes complexos e imprevisíveis (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). Em áreas urbanas, por exemplo, os drones podem enfrentar dificuldades para navegar em meio a edifícios e outros obstáculos (Thrun et al., 2006). Além disso, a dependência de redes de comunicação estáveis para o controle remoto e a transferência de dados é uma vulnerabilidade significativa, especialmente em operações militares em áreas remotas ou sob interferência inimiga.

Outro desafio crítico é a questão da segurança cibernética. Os sistemas autônomos são suscetíveis a ataques cibernéticos, onde um adversário pode tentar invadir ou desabilitar a funcionalidade do sistema, comprometendo a missão. A implementação de medidas robustas de proteção cibernética e de criptografia é essencial para garantir que esses sistemas possam operar de maneira segura e sem interrupções (Calo, 2017).

Por fim, há considerações éticas e legais relacionadas ao uso de sistemas autônomos em cenários de combate, particularmente no que diz respeito à tomada de decisões letais sem supervisão humana. Embora as tecnologias de IA continuem a evoluir, a responsabilidade e a transparência das ações tomadas por sistemas autônomos permanecem áreas de preocupação para as forças militares e para a comunidade internacional (Etzioni; Etzioni, 2017).

4.1.5 Conclusão

As informações analisadas deixam claro que os sistemas autônomos representam uma inovação fundamental para o avanço contínuo de melhoria das operações de reconhecimento e vigilância do Corpo de Fuzileiros Navais. Eles oferecem vantagens substanciais em termos de eficiência, precisão e segurança operacional, especialmente em missões que envolvem ambientes hostis ou de difícil acesso.

No entanto, para que esses sistemas sejam plenamente integrados às operações militares, será necessário enfrentar desafios técnicos, operacionais e éticos que envolvem sua implementação e utilização (Etzioni; Etzioni, 2017). Assim, a pesquisa sugere que o investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento, bem como o fortalecimento das capacidades cibernéticas, são essenciais para maximizar o potencial dos sistemas autônomos no contexto militar brasileiro.

4.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO MILITAR

A inteligência artificial (IA) tem revolucionado o campo militar, transformando radicalmente a forma como as operações de combate, vigilância, logística e tomada de decisão são realizadas (Russell e Norvig, 2016). Com base nos dados coletados, é evidente que a IA oferece uma capacidade sem precedentes para automatizar processos, melhorar a precisão das operações e reduzir o tempo de resposta em situações críticas (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). Neste capítulo, serão discutidas as principais aplicações, benefícios, desafios e impactos da IA no contexto militar, com especial foco nas operações do Corpo de Fuzileiros Navais.

4.2.1 Aplicações de Inteligência Artificial no Setor Militar

A IA está sendo amplamente utilizada para aprimorar várias áreas das operações militares pelo mundo como já mencionado, incluindo reconhecimento, vigilância, logística, planejamento estratégico e sistemas de defesa (Thrun et al., 2006).

As tecnologias de IA aplicadas ao reconhecimento e vigilância permitem que drones, satélites e outros veículos autônomos processem grandes volumes de dados em tempo real e detectem alvos com alta precisão (Russell e Norvig, 2016). O uso de algoritmos de visão computacional, combinados com sensores avançados, permite que esses sistemas identifiquem padrões de movimentação inimiga, rastreiem alvos de forma autônoma e realizem missões de inteligência com uma eficiência sem precedentes (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016).

Por exemplo, a análise de dados de imagens de satélite utilizando IA permite a detecção automática de mudanças no terreno, como a movimentação de veículos militares ou a construção de instalações adversárias. Esses sistemas conseguem processar volumes massivos de dados visuais em tempo real, reduzindo a carga sobre

os analistas humanos e permitindo que decisões críticas sejam tomadas com base em informações precisas e detalhadas. Essa aplicação é particularmente útil em áreas de conflito onde a precisão e a rapidez na identificação de alvos são cruciais para o sucesso das operações.

Além disso, a IA tem sido utilizada para melhorar as capacidades de defesa cibernética. Os algoritmos de aprendizado de máquina são capazes de identificar comportamentos anômalos em redes e sistemas de comunicação, detectando tentativas de invasão e mitigando ataques cibernéticos antes que comprometam infraestruturas críticas. No contexto militar, essa capacidade de prever e prevenir ameaças cibernéticas é vital para a proteção de sistemas de comando e controle, que são frequentemente alvos de adversários em tempos de conflito (Calo, 2017).

4.2.2 Benefícios Operacionais da IA no Contexto Militar

Os resultados mostram que a IA traz inúmeros benefícios operacionais para as forças armadas, destacando-se a automação, a redução do tempo de resposta e a melhoria na precisão de decisões táticas e estratégicas (Russell e Norvig, 2016). Um dos principais benefícios da IA é sua capacidade de realizar análises em tempo real e fornecer informações críticas para o comando militar de forma rápida e precisa (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). Isso é especialmente importante em operações de combate, onde as decisões, muitas vezes, precisam ser tomadas em segundos e a precisão das informações pode significar a diferença entre o sucesso e o fracasso da missão (Thrun et al., 2006).

Outro benefício significativo é o aumento da eficiência logística. A IA tem sido utilizada para otimizar rotas de suprimentos, prever necessidades de reabastecimento e gerenciar inventários em tempo real (Calo, 2017). Isso garante que as tropas recebam os recursos necessários no momento certo, evitando falhas logísticas que podem comprometer operações militares de grande escala. Além disso, a capacidade da IA de monitorar e gerenciar sistemas autônomos permite que veículos aéreos, terrestres e submarinos não tripulados operem de forma coordenada e eficiente, reduzindo a dependência de operadores humanos e aumentando a autonomia operacional.

No campo da segurança de fronteiras e da vigilância, a IA também pode desempenhar um papel essencial. Algoritmos de aprendizado de máquina podem ser utilizados para monitorar grandes extensões de fronteiras, detectando

automaticamente movimentações suspeitas e emitindo alertas para as forças de segurança. Essa automação permite que as operações de vigilância sejam realizadas 24 horas por dia, 7 dias por semana, com uma precisão superior à observação humana, o que reduz a necessidade de grandes contingentes de soldados em áreas vulneráveis (Russell e Norvig, 2016).

4.2.3 Impactos da IA nas Decisões Estratégicas e Táticas

A IA tem potencial para alterar significativamente a forma como as decisões estratégicas e táticas são tomadas no campo de batalha e operação normal das forças armadas (Russell e Norvig, 2016). A capacidade de processar e analisar grandes volumes de dados em tempo real permite que os comandantes militares tenham uma visão mais abrangente e detalhada da situação tática, o que facilita a tomada de decisões informadas e estratégicas (Thrun et al., 2006). A IA é capaz de integrar diferentes fontes de informação, como imagens de satélite, interceptações de comunicações, sensores no campo e relatórios de inteligência, e fornecer uma análise detalhada do cenário em tempo real (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016).

Essa integração de dados também possibilita a previsão de movimentos inimigos e a antecipação de possíveis cenários de combate (Russell e Norvig, 2016). Por exemplo, a IA pode analisar padrões de movimentação de tropas adversárias e sugerir áreas de maior vulnerabilidade ou pontos onde é mais provável que um ataque seja realizado. Isso oferece uma vantagem tática significativa, pois permite que as forças militares estejam preparadas para responder rapidamente a ataques ou para lançar ofensivas em áreas estrategicamente importantes.

A utilização de IA em simulações de guerra e planejamento de operações também está em ascensão. Algoritmos de IA podem simular cenários de conflito complexos, testando diferentes estratégias e prevendo o desfecho de batalhas com base em dados históricos e comportamentais. Essas simulações permitem que os planejadores militares testem diferentes abordagens e escolham as táticas mais eficientes, minimizando os riscos e maximizando as chances de sucesso (Calo, 2017).

4.2.4 Desafios e Limitações da IA Militar

Embora a IA tenha transformado as operações militares, a análise dos dados também revela desafios significativos. Um dos principais desafios é a confiabilidade dos sistemas de IA em situações de combate, especialmente em cenários

imprevisíveis ou complexos (Russell e Norvig, 2016). Por mais avançados que sejam os algoritmos de IA, há uma limitação intrínseca na capacidade dessas máquinas de lidar com todas as nuances de uma situação de combate real, onde variáveis imprevisíveis, como condições climáticas adversas ou mudanças súbitas no comportamento do inimigo, podem comprometer a eficácia dos sistemas (Calo, 2017).

Outro desafio importante é a dependência de grandes volumes de dados para treinar os sistemas de IA. Para que um sistema de IA funcione de maneira eficaz, ele precisa ser alimentado com dados de alta qualidade e, muitas vezes, em grandes quantidades. Em cenários militares, essa coleta de dados pode ser difícil, especialmente em zonas de conflito onde o acesso a informações detalhadas é limitado. Além disso, existe o risco de que adversários possam manipular os dados ou interferir nos sistemas de IA, comprometendo sua eficácia e tomando controle de operações críticas.

Questões éticas também surgem no uso de IA em operações militares. Delegar decisões de vida ou morte a sistemas autônomos levanta preocupações sobre a responsabilidade e a transparência dessas operações. O uso de armas autônomas letais controladas por IA continua a ser um ponto de debate internacional, com críticos argumentando que a falta de supervisão humana pode resultar em decisões imprecisas ou antiéticas no campo de batalha. Para mitigar esses riscos, muitos países estão adotando políticas que exigem que a supervisão humana seja mantida em decisões críticas, especialmente aquelas relacionadas ao uso da força (Etzioni; Etzioni, 2017).

4.2.5 O Futuro da Inteligência Artificial no Contexto Militar

Os dados indicam que a IA continuará a desempenhar um papel central na evolução das operações militares (Calo, 2017). O desenvolvimento de sistemas de IA mais avançados, capazes de operar em ambientes cada vez mais complexos e imprevisíveis, será essencial para manter a superioridade tática e estratégica em conflitos futuros (Russell e Norvig, 2016). As áreas de pesquisa futura incluem a melhoria da IA para navegação autônoma em ambientes urbanos, o aumento da resiliência a ataques cibernéticos e a criação de sistemas de IA que possam colaborar de forma mais eficiente com operadores humanos em tempo real.

Além disso, a integração da IA com outras tecnologias emergentes, como a computação quântica e a Internet das Coisas (IoT), promete ampliar ainda mais as

capacidades militares (Goodfellow, Bengio e Courville, 2016). A computação quântica, por exemplo, pode permitir a análise de dados em uma escala muito maior do que é possível com a tecnologia atual, acelerando o processamento de informações críticas no campo de batalha. Da mesma forma, a IoT permitirá que diferentes sistemas de IA, como veículos autônomos, drones e sensores terrestres, se comuniquem e coordenem automaticamente suas ações, criando um ecossistema de combate totalmente interconectado e autossuficiente.

Em suma, a IA tem o potencial de transformar as forças armadas, oferecendo não apenas novas capacidades tecnológicas, mas também mudando fundamentalmente a forma como as operações militares são planejadas e executadas. Contudo, será necessário um esforço contínuo para superar os desafios e riscos associados ao uso dessas tecnologias em cenários de combate (Russell e Norvig, 2016).

4.3 MEIOS AUTÔNOMOS UTILIZADOS EM RECONHECIMENTO E VIGILÂNCIA

O uso de sistemas autônomos de reconhecimento e vigilância tem transformado significativamente as operações militares. O drone turco Bayraktar TB2, por exemplo, desempenha um papel crucial no conflito entre a Ucrânia e a Rússia. Conforme Centeno (2022), o Bayraktar TB2 tem sido essencial para as forças ucranianas, executando missões de vigilância e destruindo alvos importantes com alta precisão. Este drone é equipado com sensores avançados e câmeras de alta resolução, permitindo a coleta de dados em tempo real e a realização de ataques cirúrgicos.

Além dos drones, os sistemas autônomos abrangem veículos terrestres, marítimos e aéreos não tripulados. Werner (2023) destaca que esses sistemas representam a terceira revolução na guerra, após a pólvora e as armas nucleares. A capacidade desses sistemas de operar de forma autônoma ou semiautônoma aumenta a eficiência e a segurança das operações, permitindo que missões perigosas sejam realizadas sem arriscar vidas humanas.

A inteligência artificial (IA) é um componente central na eficácia desses sistemas. Davis (2019) observa que a IA tem o potencial de alterar significativamente a dissuasão estratégica e a estabilidade internacional. A aplicação de IA em veículos autônomos permite uma navegação precisa em terrenos hostis e a execução de operações complexas de forma independente. Isso inclui a capacidade de identificar,

rastrear e engajar alvos com uma precisão sem precedentes, proporcionando uma vantagem tática significativa.

A integração dessas tecnologias no reconhecimento e vigilância oferece vantagens estratégicas importantes. A coleta de informações em tempo real e a capacidade de resposta rápida são cruciais para a eficácia das operações militares modernas. Werner (2023) enfatiza que a automação também desempenha um papel crucial na guerra cibernética, com os sistemas autônomos sendo usados para ações de ataque e defesa.

Ainda no contexto militar, a IA tem sido usada para otimizar o desempenho dos combatentes, apoiar decisões e melhorar a defesa cibernética, entre outras aplicações. A aplicação da IA em veículos não tripulados, tanto aéreos como de superfície e submarinos, é particularmente notável. Esses veículos são utilizados para funções vitais, incluindo observação, operações de ataque, comando e controle, sensoriamento, reconhecimento e vigilância. Siciliano (2023) destaca que o uso de veículos não tripulados no campo de batalha inclui a observação de ambientes, operações de ataques, comando e controle, sensoriamento, reconhecimento e vigilância. Isso demonstra a importância da integração da IA para aumentar a eficácia e a segurança das operações militares.

Em comum todos os autores supracitados demonstram como os Sistemas Autônomos que utilizam IA podem ser empregados para melhorar a Capacidade de Reconhecimento e Vigilância das forças militares que tiverem capacidade de utilizar tais meios em um combate moderno.

4.4 PERSPECTIVAS PARA O FUTURO NO CONTEXTO DOS CONFLITOS

Os avanços em inteligência artificial (IA) e sistemas autônomos já demonstram impactos significativos na modernização militar, com destaque para as estratégias projetadas pelos Estados Unidos e Israel. Ambos os países lideram o desenvolvimento e a aplicação dessas tecnologias no contexto de defesa e segurança, moldando o futuro dos conflitos armados.

Nos Estados Unidos, a IA é considerada essencial para manter a superioridade militar e tecnológica em um cenário de crescente competitividade global. Projetos como o Advanced Battle Management System (ABMS) e o programa Replicator visam

integrar sistemas autônomos em larga escala, permitindo maior eficiência nas decisões estratégicas e reduzindo riscos humanos no campo de batalha. De acordo com Calhoun (2023), "o Replicator tem como objetivo implantar milhares de sistemas autônomos em diversos domínios operacionais até 2026, com foco em superar adversários como a China" (CALHOUN, 2023, tradução nossa). Além disso, os Estados Unidos estão explorando a aplicação de IA em veículos não tripulados, logística avançada e treinamento militar, utilizando simulações baseadas em aprendizado de máquina para aumentar a eficácia operacional e a adaptabilidade em situações de conflito. Segundo Siciliano (2023), "a IA poderia ser usada para fornecer adversários imprevisíveis e adaptáveis para o treinamento de pilotos de caça" (SICILIANO, 2023).

Israel, por sua vez, tem um enfoque estratégico no uso de inteligência artificial (IA) como um elemento central para garantir sua segurança nacional e posição global. Segundo Friedman (2022), "a IA é reconhecida em Israel como uma tecnologia estratégica 'uma infraestrutura de infraestruturas' com o potencial de remodelar os assuntos militares, a economia global e a distribuição de poder no sistema internacional" (FRIEDMAN, 2022, tradução nossa). Essa abordagem está alinhada ao "Plano Plurianual Momentum", que prioriza a aplicação de IA para desenvolver capacidades de superioridade digital e fusão de dados no campo de batalha. Conforme descrito, "Os avanços tecnológicos permitem que as forças de combate sejam equipadas com sensores avançados instalados em novas camadas de veículos aéreos não tripulados e plataformas, permitindo a integração de dados para geração rápida e precisa de inteligência e alvos, essencial para conectar todos no campo de batalha." (FRIEDMAN, 2022, tradução nossa). Essa estratégia "permitem a formação de forças-tarefa conjuntas, diversas e baseadas em dados, que serão muito mais letais e eficazes diante dos desafios impostos por um inimigo difícil de localizar" (FRIEDMAN, 2022, tradução nossa).

Para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil, a experiência acumulada por países como Estados Unidos e Israel representa uma oportunidade estratégica para orientar o desenvolvimento de tecnologias autônomas nacionais. Projetos como o HIDRA-C2FN, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), destacam-se nesse contexto. O sistema utiliza "rotinas de processamento de dados e informações" e emprega "técnicas de IA, como o treinamento de redes neurais para detectar disparos de armamento e a otimização de rotas terrestres, considerando o relevo"

(SICILIANO, 2023). Essas inovações são um exemplo de como o Brasil pode avançar na adaptação de tecnologias de IA para as necessidades específicas do seu ambiente operacional.

Os desafios e aprendizados trazidos pelo desenvolvimento e uso da IA em nações de destaque no cenário militar internacional evidenciam a importância de o Brasil investir em tecnologia e inovação. A capacitação técnica e a colaboração internacional podem acelerar a implementação de sistemas autônomos avançados e adaptados às características do ambiente de operação do Corpo de Fuzileiros Navais. Assim, o fortalecimento da pesquisa nacional e da integração estratégica de IA permitirá que o Brasil amplie sua autonomia tecnológica e posicione suas forças armadas entre as mais preparadas para os desafios do século XXI.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Análise das Potencialidades dos Sistemas Autônomos no Reconhecimento e Vigilância Militar.

5.1.1 Vantagens Operacionais dos Veículos Autônomos nas Operações de Reconhecimento.

A crescente utilização de veículos autônomos nas operações de reconhecimento oferece vantagens operacionais significativas ao ambiente militar. Esses sistemas permitem a redução do número de tropas em áreas de risco e aumentam a eficiência nas missões de vigilância e coleta de dados. Um exemplo notável é o REX MK II, veículo terrestre não tripulado da Israel Aerospace Industries, que possui capacidade de manobra avançada e pode transportar até 1,3 tonelada de carga. Segundo a descrição técnica, o REX MK II "apoia as forças de combate na coleta de inteligência, fornecendo suporte logístico e apoio na execução de ataques remotos" (PORTAL DA BIDS, 2021). Essa funcionalidade ilustra como os sistemas autônomos podem expandir as capacidades de reconhecimento, reduzindo o risco para os combatentes humanos e permitindo que a inteligência seja coletada em áreas de difícil acesso.

Ademais, a integração de sistemas autônomos aumenta a autonomia e a flexibilidade operacional das forças militares. Etzioni observa que “os sistemas de armas autônomos não só conferem significativas vantagens estratégicas e táticas no campo de batalha, mas, também, são preferíveis, por razões morais, ao emprego de combatentes humanos” (ETZIONI, 2017). A eliminação da necessidade de operadores humanos em áreas de alto risco permite uma expansão do alcance e das possibilidades operacionais, atendendo a missões extenuantes ou perigosas, como a retirada de explosivos, que seria menos eficiente e mais arriscada para humanos. Além disso, o uso desses sistemas reduz o custo logístico e humano das operações, uma vez que veículos não tripulados como o REX MK II são capazes de realizar missões logísticas sem intervenção humana direta, o que se traduz em economia de recursos e maior eficácia estratégica.

Assim, a implementação de veículos autônomos em reconhecimento não apenas aprimora a capacidade das forças militares de responder de maneira ágil e precisa, mas também promove uma abordagem mais segura e econômica na condução de operações em cenários hostis. Essas vantagens operacionais são

essenciais para manter a superioridade estratégica e responder com agilidade às demandas do campo de batalha moderno.

5.1.2 Integração de IA e Sensores Avançados para Aumentar a Eficiência e Precisão

A integração de inteligência artificial (IA) e sensores avançados nas forças armadas dos Estados Unidos e Israel tem mostrado um avanço significativo nas operações de reconhecimento e vigilância. Nos Estados Unidos, a Força Aérea está utilizando o sistema Advanced Battle Management System (ABMS) que “ajuda a facilitar os processos de tomada de decisão para operações de combate” (CALHOUN, 2023, tradução nossa). Esse sistema permite uma rápida avaliação de informações, contribuindo para a eficácia nas operações de inteligência e vigilância. Além disso, o programa “Replicator” busca implantar “milhares de sistemas autônomos em vários domínios dentro dos próximos dois anos”, visando alcançar superioridade e reduzir o número de pilotos expostos ao risco direto (CALHOUN, 2023, tradução nossa).

Em Israel, as Forças de Defesa de Israel (IDF) têm utilizado sistemas de IA avançados que integram sensores e dados para melhorar a precisão e rapidez nas operações de combate. Um exemplo significativo é o sistema “Alchemist”, descrito como uma ferramenta que “integra dados em uma plataforma unificada e possui a capacidade de identificar alvos e informar prontamente os combatentes sobre ameaças, como movimentos suspeitos” (MIMRAN; DAHAN, 2024, tradução nossa). Este sistema foi utilizado pela IDF em operações recentes, possibilitando uma análise em tempo real que aumenta a segurança e a eficácia das tropas no terreno.

Além disso, Israel desenvolveu o sistema “Fire Weaver”, que conecta “sensores de coleta de inteligência a armas implantadas em campo”, permitindo uma coordenação precisa e minimizando riscos de danos colaterais, ao mesmo tempo que facilita a rápida identificação e engajamento de alvos (MIMRAN; DAHAN, 2024, tradução nossa). Este tipo de sistema exemplifica como Israel tem avançado no uso de IA para operações de reconhecimento e vigilância, oferecendo às forças uma vantagem significativa em cenários de combate complexos e dinâmicos.

Essa tecnologia permite que as forças israelenses operem de forma mais autônoma e com maior precisão em áreas de conflito, alinhando-se ao objetivo do país de integrar inteligência artificial e tecnologias de ponta para reforçar suas capacidades militares.

A integração de IA e sensores avançados pelas forças armadas dos Estados Unidos e Israel representa uma transformação significativa no campo militar, ampliando a eficácia e segurança nas operações de reconhecimento e vigilância. Esses sistemas oferecem não apenas vantagens estratégicas em precisão e autonomia, mas também reduzem a exposição de tropas ao risco, redefinindo o papel da tecnologia em cenários de combate modernos.

5.2 Desafios e Considerações Éticas na Implementação de IA em Meios Militares Autônomos

A utilização de sistemas autônomos letais, conhecidos como LAWS (Lethal Autonomous Weapons Systems), impulsiona uma mudança significativa no papel da inteligência artificial em operações militares, permitindo que máquinas executem decisões em situações de combate. Segundo Davis (2019), a IA é vista como uma inovação de impacto estratégico, “uma tecnologia revolucionária, que poderia ser comparada à descoberta do fogo ou à invenção de armas nucleares” (DAVIS, 2019, tradução nossa). Contudo, a ausência de supervisão humana direta em operações letais levanta profundas questões sobre responsabilidade e ética no campo militar.

Israel tem sido um exemplo de avanço nessa área, especialmente no contexto da guerra Israel-Hamas de 2023-2024, onde “a IDF emprega aplicações de IA em previsão proativa, alerta de ameaças e sistemas defensivos, bem como em análise de inteligência e seleção de alvos” (MIMRAN; DAHAN, 2024, tradução nossa). Esse uso demonstra o valor estratégico da IA para a melhoria da precisão e da eficácia em combate. No entanto, a utilização de ferramentas não regulamentadas pelo Direito Internacional gera “questões legais e morais consideráveis e exacerba ainda mais as complexidades da guerra – ‘a província da incerteza’” (MIMRAN; DAHAN, 2024, tradução nossa).

Outra consideração essencial envolve a responsabilidade sobre as ações de sistemas autônomos. Como observam Baptista et al. (2022), “Deixar o poder de decisão a cargo de um sistema, principalmente em uma situação complexa como no caso de conflitos armados, é uma questão que requer um debate mais aprofundado” (BAPTISTA; OLIVEIRA; RODRIGUES, 2022). A possibilidade de falhas ou interpretações incorretas por parte desses sistemas pode resultar em danos severos, colocando em risco tanto combatentes quanto civis em zonas de conflito.

No contexto jurídico, o uso de IA em operações militares levanta implicações críticas para os direitos humanos e o Direito Internacional Humanitário (DIH). Garcia (2019) observa que o avanço dos “sistemas de armas autônomas letais, que no futuro poderiam [...] executar missões de modo autônomo, selecionar alvos e fazer uso da força sem intervenção humana”, desafia diretamente os princípios do DIH, cujo objetivo é proteger civis e mitigar danos em conflitos armados (GARCIA, 2019). Além das questões legais, a ética da guerra também é profundamente impactada pela utilização de robôs e sistemas de IA autônomos. Etzioni (2017) destaca que, enquanto os defensores dos sistemas autônomos argumentam que essas tecnologias “podem reduzir as baixas ao remover combatentes humanos de missões perigosas” (ETZIONI, 2017), críticos alertam para o risco de desumanização da guerra, com a remoção da tomada de decisões humanas em situações críticas.

A implementação de IA em sistemas militares autônomos é impulsionada pela competição global por supremacia tecnológica, especialmente entre grandes potências. Barreiros (2019) sugere que inovações disruptivas, como drones, swarming e inteligência artificial, comporão “o conjunto de transformações disruptivas incidentes sobre forças armadas estatais e não estatais do futuro” até 2050 (BARREIROS, 2019). Essa nova corrida tecnológica levanta preocupações sobre o aumento do risco de conflitos, já que as nações buscam vantagem estratégica e uma posição de destaque no cenário geopolítico global.

Em suma, a implementação de IA em sistemas autônomos militares, embora prometa avanços estratégicos, apresenta desafios éticos e legais substanciais. A possibilidade de que máquinas tomem decisões letais de forma independente desafia os princípios de responsabilidade e de proteção aos direitos humanos nos conflitos, demandando regulamentação cuidadosa e reflexões éticas aprofundadas.

6. CONCLUSÃO

Podemos observar que Estados Unidos e Israel têm se destacado no uso da inteligência artificial (IA) aplicada a operações de reconhecimento e segurança, demonstrando como essa tecnologia transforma a eficácia das missões e a segurança de suas tropas. Os Estados Unidos têm avançado em sistemas autônomos, como drones e veículos terrestres, que realizam vigilância e coleta de dados em tempo real, reduzindo a exposição de soldados a riscos diretos. Israel, por sua vez, é pioneiro no uso de IA em defesa antiterrorista e controle de fronteiras, utilizando algoritmos avançados para identificar ameaças potenciais antes que possam causar danos, fortalecendo suas respostas a ameaças emergentes. Ambos os países mostram que a IA é uma ferramenta estratégica que oferece uma vantagem significativa em cenários complexos de segurança.

No entanto, é imperativo abordar as questões éticas relacionadas ao uso de IA em operações militares. A autonomia desses sistemas traz desafios de controle e responsabilidade, especialmente em cenários onde decisões de vida ou morte são tomadas sem intervenção humana direta. A utilização de IA exige uma análise ética rigorosa, que considere a transparência, a responsabilidade e a proteção dos direitos humanos. É crucial que as forças armadas adotem políticas claras e normas regulatórias que garantam que o uso dessas tecnologias seja feito de maneira responsável e alinhada aos princípios do direito internacional humanitário.

Para o Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil, a adoção de tecnologias de IA representaria um avanço significativo em suas capacidades operacionais, particularmente em reconhecimento e vigilância. A introdução de sistemas autônomos equipados com IA, como drones e veículos não tripulados, permitiria a realização de missões em áreas de difícil acesso e reduziria a exposição de soldados a situações de risco. Contudo, além da aquisição desses sistemas, é essencial que o Brasil invista em pesquisa e desenvolvimento para adaptar essas tecnologias às especificidades de seu território e às necessidades de suas operações.

Em 2024, o Corpo de Fuzileiros Navais já iniciou esse caminho com a criação do curso de “Inteligência Artificial para Aplicações Militares” na Fundação Getúlio Vargas (FGV), formando uma geração de especialistas capazes de desenvolver e aplicar soluções de IA voltadas para a defesa nacional. Esse investimento não apenas fortalecerá o Corpo de Fuzileiros Navais, mas também contribuirá para a autonomia

tecnológica e a soberania nacional, posicionando o Brasil entre os países que inovam e integram IA em suas estratégias de defesa.

Além do campo militar, o desenvolvimento de IA e de sistemas autônomos voltados à defesa pode gerar tecnologias que beneficiam também o setor civil. Avanços em drones e veículos autônomos têm aplicações diretas em segurança pública, monitoramento ambiental e logística. Esses sistemas, quando adaptados para o uso civil, podem contribuir para a proteção de florestas, combate a incêndios, transporte autônomo e monitoramento de áreas remotas ou de difícil acesso. Assim, o investimento em IA para o setor militar tem o potencial de impulsionar inovações que melhoram a qualidade de vida e a segurança no âmbito civil, gerando benefícios amplos para a sociedade e promovendo o progresso tecnológico nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, Ana Fernanda Moreira; OLIVEIRA, Valdenize Pereira; RODRIGUES, Cláudio Marin. **LETHAL AUTONOMOUS WEAPONS SYSTEMS (LAWS): da ficção científica para a realidade humana**. Revista da Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, v. 28, n. 3, p. 566-590, set./dez. 2022

BARREIROS, Daniel. **Projeções sobre o Futuro da Guerra: Tecnologias disruptivas e mudanças paradigmáticas (2020 – 2060)**. Texto para Discussão IE-UFRJ, n. 025, 2019

BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. CGCFN-0-1. Manual Básico dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais. 2020.

_____. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. **EMA-305 – Doutrina Militar Naval**, Mod. 1, 2017.

_____. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília: [s.n.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congressonacional_22_07_2020.pdf/@@download/file>. Acesso em: 18 maio 2024.

_____. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa**. Brasília: [s.n.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congressonacional_22_07_2020.pdf/@@download/file>. Acesso em: 18 maio 2024.

CALDEIRA, Aldélio Bueno. **Sistemas mecatrônicos e a guerra do futuro**. Rio de Janeiro: Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2018.

CALHOUN, Matthew. Artificial Intelligence and the Future of the United States Air Force. 2023

CALO, Ryan. "Artificial Intelligence Policy: A Primer and Roadmap" Journal of Law and Innovation 6.1 (2017): 34-46.

CENTENO, Gabriel, **Bayraktar TB2: o drone turco que está destruindo o exército russo na Ucrânia**. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/bayraktar-tb2-o-drone-turco-que-esta-destruindo-o-exercito-russo-na-ucrania/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

DAVIS, Zachary S. ***Artificial Intelligence on the Battlefield: An Initial Survey of Potential Implications for Deterrence, Stability, and Strategic Surprise***. Center for Global Security Research, Lawrence Livermore National Laboratory, 2019.

ETZIONI, Amitai; ETZIONI, Oren. **Os Prós e os Contras dos Sistemas de Armas Autônomos**. Military Review, 2017.

FRIEDMAN, Leehe. **Military Artificial Intelligence and Israel's National Security: A Strategic Game Changer?**. Policy Report, Reichman University, 2022.

GARCIA, Eugênio Vargas. **Inteligência artificial, paz e segurança: desafios para o Direito Internacional Humanitário**. Cadernos de Política Exterior, Brasília, ano 5, n. 8, p. 99-120, 2019.

GOODFELLOW, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. **Deep Learning**. MIT Press, 2016.

KHATIB, Oussama. **"Mobile Robotics: Mathematics, Models, and Methods"** The International Journal of Robotics Research 27.2 (2008): 143-160.

MIMRAN, Tal; DAHAN, Gal. Artificial Intelligence in the Battlefield: A Perspective from Israel. 20 abr. 2024.

PORTAL DA BIDS. **IAI apresenta o REX MK II, seu novo veículo terrestre não tripulado multimissão**. Disponível em: <https://portalbids.com.br>. Acesso em: 18 jul. 2024.

RUSSELL, Stuart J., and Peter Norvig. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice Hall, 2021.

SICILIANO, Alexandre de Vasconcelos. **Novas ciências, tecnologias, inovações e inteligência artificial**. O Anfíbio, v. 41, 2023.

SILVA, Alexandre Menezes da. **Sistemas de Armas Autônomas: aspectos éticos e legais**. 2023.

SILVA JÚNIOR, Leonel Mariano da; LOURENÇO JUNIOR, José Mauro; LEITE JÚNIOR, Telmo Moreira. **PROADSUMUS 2021-2040: Perspectivas para o Poder de Combate do CFN**. O Anfíbio, v. 39, 2021.

THRUN, Sebastian, et al. "**Stanley: The robot that won the DARPA Grand Challenge**" Journal of Field Robotics 23.9 (2006): 661-692.

WERNER, Carlos Frederico. **Sistemas Autônomos**. O Anfíbio, v. 41, 2023.

ZHOU, Xin; WEN, Xiangyong; WANG, Zhepei; GAO, Yuman; LI, Haojia; WANG, Qianhao; YANG, Tiankai; LU, Haojian; CAO, Yanjun; XU, Chao; GAO, Fei. **Swarm of micro flying robots in the wild**. Science Robotics, v. 7, 2022.