



ACADEMIA MILITAR

A Integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate

Autor: Aspirante de Cavalaria Ema Regina Tavares Duarte

Orientador: Tenente-Coronel de Cavalaria Jorge Figueiredo Marques

Coorientador: Capitão de Cavalaria Mauro Daniel Pires Covas

Mestrado Integrado em Ciências Militares na Especialidade de Cavalaria

Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada

Lisboa, maio de 2023



ACADEMIA MILITAR

A Integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate

Autor: Aspirante de Cavalaria Ema Regina Tavares Duarte

Orientador: Tenente-Coronel de Cavalaria Jorge Figueiredo Marques

Coorientador: Capitão de Cavalaria Mauro Daniel Pires Covas

Mestrado Integrado em Ciências Militares na Especialidade de Cavalaria

Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada

Lisboa, maio de 2023

EPÍGRAFE

*“As pessoas que são loucas
o suficiente para achar que
podem mudar o mundo, são
aquelas que o mudam.”*

Steve Jobs

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e ao meu irmão.

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada marca o culminar de cinco anos do Curso de Formação de Oficiais da Academia Militar.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador Tenente-Coronel de Cavalaria Jorge Marques, pela orientação, paciência, experiência e conhecimento partilhados. O seu compromisso e dedicação na orientação do presente trabalho foram fundamentais para a realização do mesmo.

Agradeço também a todos os Oficiais e entidades que estiveram envolvidos no esclarecimento de dúvidas e entrevistas durante a realização do trabalho, mostrando sempre disponibilidade para auxiliar e contribuir de forma significativa. A sua participação foi fundamental para a obtenção de dados relevantes e contributos de elevado valor.

A todos os meus camaradas do curso General Pedro Francisco Massano de Amorim, especialmente ao meu Curso de Cavalaria, pelo apoio, amizades construídas ao longo destes anos e por todos os obstáculos que ultrapassámos juntos.

Por fim, agradeço à minha família pelo amor e incentivo ao longo deste percurso académico. O seu apoio incondicional foi essencial para ultrapassar todos os desafios.

Também não podia deixar de agradecer a todos aqueles que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional ao longo de toda esta jornada.

RESUMO

O presente Trabalho de Investigação Aplicada tem como tema “A Integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate”.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho de investigação é estudar o impacto da integração das tecnologias de Inteligência Artificial no domínio específico dos Carros de Combate. São referidos os principais aspetos relacionados com a Inteligência Artificial, bem como o seu impacto na sociedade e no meio militar, nomeadamente nos conflitos modernos, como sucede no atual conflito entre a Rússia e a Ucrânia, que está a funcionar como um verdadeiro ambiente de treino para sistemas de Inteligência Artificial em contexto de guerra.

Após um enquadramento teórico relativamente a esta tecnologia cada vez mais presente, são elencados os principais projetos de investigação e desenvolvimento de sistemas de Inteligência Artificial integrados em Carros de Combate, sendo, neste âmbito, de destacar o *European Defense Fund* e o *Main Ground Combat System*. De seguida, são abordadas as possibilidades de integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate, nomeadamente, a recolha, processamento e transmissão de dados, o treino deste tipo de sistemas e, por fim, as formas de integração desta tecnologia nos sistemas dos Carros de Combate modernos. No seguimento do caso da guerra entre a Rússia e a Ucrânia, são discutidas soluções no combate ao *drones*, que se têm revelado como uma das principais ameaças para os Carros de Combate. Após isso, são identificados os maiores obstáculos à integração de Inteligência Artificial nestes sistemas de armas e, por último, é analisada a possibilidade da sua integração nos Carros de Combate do Exército Português.

No decorrer deste trabalho, adotou-se uma metodologia assente no método indutivo, optando-se por uma abordagem qualitativa, com recurso à revisão de literatura de artigos e investigações científicas versando o tema da Inteligência Artificial, assim como à realização de entrevistas a entidades dotadas de conhecimento e experiência nesta área.

Os resultados obtidos indicam que a integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate configura um aumento significativo das suas capacidades operacionais. De facto, desde que seja garantido o emprego ético e seguro desta tecnologia, esta contribui decisivamente para uma maior eficácia, sobrevivência e sucesso da missão no campo de batalha moderno.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Carros de Combate; Exército Português.

ABSTRACT

This Applied Research Work has as its theme “The Integration of Artificial Intelligence in Tanks”.

That said, the objective of this work focuses on the study of the impact of the integration of Artificial Intelligence associated with its use in Tanks.

In this sense, the objective of this research is to study the impact of the integration of Artificial Intelligence technologies in the specific domain of Tanks. The main aspects related to Artificial Intelligence are mentioned, as well as its impact on society and the military, namely in modern warfare, as in the current conflict between Russia and Ukraine, which is functioning as a real training environment for Artificial Intelligence systems in the context of war.

After a theoretical framework regarding this intelligent technology, the main research and development projects of Artificial Intelligence systems integrated in Tanks, are listed, with emphasis in this area on the European Defense Fund and the Main Ground Combat System. Next, the possibilities of integrating Artificial Intelligence in Tanks are addressed, namely, the collection, processing and transmission of data, the training of this type of systems and, finally, the integration of this intelligent technology in Tank systems. Following the case of the war between Russia and Ukraine, solutions are provided in the fight against drones, which have proved to be one of the main threats to Tanks. After that, the obstacles to the integration of Artificial Intelligence in these weapons systems are considered and, finally, the possibility of integrating this new technology in the Portuguese Army's Tanks is analyzed.

In the course of this work, a methodology based on the inductive method was adopted, opting for a qualitative approach, using the literature review of articles and scientific study on the subject of Artificial Intelligence, as well as conducting interviews with entities endowed with knowledge and experience in this area.

The results obtained indicate that the integration of Artificial Intelligence in Tanks constitutes a significant increase in their operational capabilities. In this way, if the ethical and safe use of these technologies is guaranteed, it contributes to greater resistance, survival, and mission success in the modern battlefield.

Keywords: Artificial Intelligence; Tanks; Portuguese Army.

ÍNDICE GERAL

EPÍGRAFE	i
DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vi
ÍNDICE DE QUADROS	viii
LISTA DE APÊNDICES	ix
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS	x
INTRODUÇÃO.....	1
PARTE I – ENQUADRAMENTO TEÓRICO	4
CAPÍTULO 1 – A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	4
1.1.O conceito de Inteligência Artificial.....	4
1.1.1. <i>Machine Learning</i>	5
1.1.2. <i>Deep Learning</i>	6
1.2. Influência da Inteligência Artificial na sociedade.....	7
CAPÍTULO 2 – IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NOS CONFLITOS MODERNOS.....	10
2.1. A Inteligência Artificial em missões de Informação, Vigilância e Reconhecimento	10
2.2. A Inteligência Artificial em Sistemas Autônomos	11
2.3. A Inteligência Artificial na Cibersegurança Militar	12
2.4. A Inteligência Artificial no planejamento de Operações Militares.....	14
2.5. A Inteligência Artificial no Apoio ao Combate	15
2.6. Caso do conflito Ucrânia – Rússia.....	16
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....	20
3.1. Introdução	20
3.2. Estratégia e Método de Abordagem.....	20

3.3. Modelo de Análise	21
3.4. Métodos e técnicas de recolha de dados	22
PARTE II – APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	24
CAPÍTULO 4 – PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO E INVESTIGAÇÃO DE SISTEMAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADOS EM CARROS DE COMBATE.....	24
4.1. <i>European Defense Fund</i>	24
4.2. <i>Main Ground Combat System</i>	26
CAPÍTULO 5 – AS POSSIBILIDADES DE INTEGRAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO EMPREGO TÁTICO DOS CARROS DE COMBATE	27
5.1. Recolha e processamento de dados por parte de um sistema de Inteligência Artificial integrado em Carros de Combate.....	27
5.2. Treino de sistemas de Inteligência Artificial integrados em Carros de Combate	28
5.3. Cooperação e Transmissão de dados entre Carros de Combate	30
5.4. Integração de Inteligência Artificial em sistemas do Carros de Combate	32
5.4.1. <i>Intelligent Decision Support System (IDSS)</i>	32
5.4.2. Sistema de Reconhecimento e Aquisição Autónoma de Alvos.....	33
5.4.3. Navegação Autónoma.....	35
5.4.4. Gestão de Sistemas do Carro de Combate	36
5.5. Medidas de defesa dos Carros de Combate face à ameaça dos <i>drones</i>	37
5.6. Obstáculos à Integração de Inteligência Artificial em Carros de Combate	38
5.7. A Integração de Inteligência Artificial nos Carros de Combate do Exército Português	41
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro nº1 – Objetivos da Investigação.....	3
Quadro nº2 – Estrutura do TIA.....	3
Quadro nº3 – Objetivos e Questões de Investigação.....	22
Quadro nº4 - Grupo 1 de Entrevistados.....	23
Quadro nº5 - Grupo 2 de Entrevistados.....	23
Quadro nº6 – Cronograma de substituições prováveis de CC Europeus.....	25
Quadro nº7 - Perdas da Arménia devido a drones.....	37

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – GUIÃO DE ENTREVISTA 1.....	II
APÊNDICE B – GUIÃO DE ENTREVISTA 2.....	IV
APÊNDICE C – RESPOSTAS ENTREVISTA TENENTE-CORONEL COSTA.....	V
APÊNDICE D – DECLARAÇÃO CONSENTIMENTO TENENTE-CORONEL COSTA.....	VIII
APÊNDICE E – RESPOSTAS ENTREVISTA TENENTE-CORONEL FAZENDA.....	IX
APÊNDICE F – DECLARAÇÃO CONSENTIMENTO TENENTE-CORONEL FAZENDA.....	XV
APÊNDICE G – RESPOSTAS ENTREVISTA MAJOR CARQUEIJO.....	XVI
APÊNDICE H – DECLARAÇÃO CONSENTIMENTO MAJOR CARQUEIJO.....	XIX
APÊNDICE I – RESPOSTAS ENTREVISTA LUÍS SARMENTO.....	XX
APÊNDICE J – DECLARAÇÃO CONSENTIMENTO LUÍS SARMENTO.....	XXIII

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AM	Academia Militar
ATLAS	<i>Advanced Targeting and Lethality Aided System</i>
C2	Comando e Controlo
CC	Carro de Combate
DARPA	<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>
DIH	Direito Internacional Humanitário
DL	<i>Deep Learning</i>
DSS	<i>Decision Support System</i>
EDF	European Defence Fund
EUA	Estados Unidos da América
IA	Inteligência Artificial
IDSS	<i>Intelligent Decision Support System</i>
IVR	Informações, Vigilância e Reconhecimento
KMW	<i>Krauss Maffei Wegm</i>
LEOBEN	<i>Leopard Benutzer</i>
MGCS	<i>Main Ground Combat System</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
OE	Objetivo Específico
OG	Objetivo Geral
PD	Pergunta Derivada
PP	Pergunta de Partida
RNA	Rede Neuronal Artificial
TIA	Trabalho de Investigação Aplicada
UE	União Europeia

INTRODUÇÃO

O presente Trabalho de Investigação Aplicada (TIA) tem como título “A Integração da Inteligência Artificial (IA) nos Carros de Combate (CC)” e enquadra-se no âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Ciências militares na especialidade de Cavalaria, ministrado na Academia Militar.

Neste contexto, é importante destacar que a IA é um tema atual e muito relevante devido a todas as implicações que lhe estão inerentes, como a interação humana e o seu impacto em diversas áreas, tais como a indústria ou, em particular, a defesa. Assim, considera-se ser um tema crucial para ser investigado, na medida em que, como é relativamente recente, é necessário compreender o seu elevado potencial, mas também os seus perigos e desvantagens. Posto isto, a pertinência deste tema dentro do âmbito militar é justificada pelas suas potenciais vantagens, desafios e considerações éticas, provenientes da sua implementação em plataformas militares.

No seguimento do que foi anteriormente mencionado, considera-se ser necessário em primeiro lugar analisar o conceito de IA. Este refere-se ao desenvolvimento de sistemas computacionais que conseguem executar tarefas que, tipicamente, tenham como requisito inteligência humana, como aprendizagem, raciocínio, resolução de problemas, perceção e processamento de linguagem natural. As tecnologias de IA apoiam-se em algoritmos e modelos estatísticos para analisar dados, identificar padrões e fazer previsões ou tomar decisões baseadas nesses mesmos dados. Devido às suas inúmeras vantagens para a evolução da sociedade, a IA tem sido utilizada numa variedade crescente de aplicações, incluindo o reconhecimento de imagem e voz, processamento de linguagem natural, sistemas de apoio à decisão, veículos autónomos, robótica, entre muitos outros. Importa assim referir que a IA é um ramo em rápido crescimento com potencial significativo para a evolução da tecnologia e para melhorar a vida humana em diversas áreas.

A utilização de IA no contexto militar tem o potencial de maximizar a probabilidade de sucesso da missão, reduzir o risco de vida dos militares e conferir vantagem tática no campo de batalha. Devido à sua capacidade de processar e analisar grandes conjuntos de dados, incluindo imagens de satélite e de *drones* e redes sociais, consegue fornecer informação em tempo real e até mesmo tomar decisões táticas de forma autónoma. Para além do atrás referido, consegue ainda identificar padrões e prever eventos futuros, auxiliando

assim os comandantes militares a antecipar movimentos inimigos e planejar operações, de acordo com os resultados obtidos.

Neste contexto específico, é também importante referir o papel central dos CC como sistemas de armas fundamentais no combate terrestre, uma vez que garantem simultaneamente capacidades ofensivas e defensivas no campo de batalha. Estes são por isso considerados essenciais na guerra moderna devido aos seguintes fatores: poder de fogo, proteção, mobilidade e impacto psicológico no inimigo. De uma forma geral, os CC são uma ferramenta versátil e poderosa, que aumenta significativamente a eficiência de operações militares modernas. Nesse sentido, é possível desde logo retirar uma lição do atual conflito armado entre a Rússia e a Ucrânia: os CC são de facto elementos-chave para as operações ofensivas.

A presente investigação irá assim centrar-se no uso da IA no âmbito específico dos sistemas de armas associados às Forças Terrestres, em particular no que respeita ao seu emprego nos CC. Nesse sentido, irão ser analisados os principais projetos de investigação desta tipologia de meios, que incluam o emprego desta tecnologia, por forma a concluir qual o potencial da sua aplicação num desejável Programa de modernização dos CC do Exército Português. Neste quadro, identificamos, entre outras considerações, que o uso da IA possibilita às guarnições combater remotamente, minimizando o risco de perda de vidas humanas, ao mesmo tempo que potencia a aquisição de alvos de uma forma precisa e a deteção automática de ameaças. Para além do que foi referido anteriormente, será também estudado o caso do conflito armado entre a Rússia e a Ucrânia, onde já é possível verificar o impacto destas tecnologias no meio militar, em particular no que respeita à resposta contra a ameaça colocada aos CC pelos *drones*, onde a IA poderá desempenhar um papel decisivo.

No quadro do referido anteriormente, irão ser tidos em consideração os vários projetos que procuram a integração deste tipo de tecnologia em CC, citando como exemplo o *Main Ground Combat System* (MGCS), que, através do emprego da IA, procura uma maior autonomia e cooperação entre diversas plataformas no campo de batalha, o que irá influenciar a próxima geração de CC.

Serão ainda enunciados os principais fatores que se constituem como obstáculo à implementação desta tecnologia nos CC, especificando posteriormente ao caso do Exército Português.

Após o enquadramento do tema e a justificação da pertinência e importância do estudo, é necessário referir que a presente investigação tem como finalidade concluir quanto ao impacto desta evolução tecnológica para a plataformas terrestres, nomeadamente no que

concerne aos CC, enquanto sistemas de armas. Neste âmbito, foram assim estabelecidos o Objetivo Geral (OG) e os Objetivos Específicos (OE), expostos no Quadro nº1, tendo como meta obter resposta à seguinte Pergunta de Partida (PP): “Qual é o impacto da integração de sistemas de Inteligência Artificial no Carro de Combate?”.

Quadro nº1 – Objetivos da Investigação

OG	Analisar o impacto da integração de sistemas de Inteligência Artificial nos Carros de Combate.
OE1	Enunciar os Projetos de Investigação e Desenvolvimento de Sistemas de Inteligência Artificial, inseridos nos Carros de Combate.
OE2	Analisar as potenciais capacidades dos Carros de Combate que integram Inteligência Artificial, destacando as suas vantagens e desvantagens.
OE3	Analisar a possibilidade da implementação de sistemas de Inteligência Artificial nos Carros de Combate do Exército Português.

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com tudo o que foi referido anteriormente e de forma a atingir os objetivos propostos do estudo, o trabalho em questão adota a seguinte estrutura:

Quadro nº2 – Estrutura do TIA

Introdução	Parte I – Enquadramento Teórico	Parte II – Apresentação, Análise e Discussão de Resultados
	Capítulo 1 – A Inteligência Artificial	Capítulo 4 – Projetos de Desenvolvimento e Investigação de Sistemas de Inteligência Artificial integrados em Carros de Combate
	Capítulo 2 – Impacto da Inteligência Artificial nos conflitos modernos	Capítulo 5 – As Possibilidades de Integração da Inteligência Artificial no Emprego Tático dos Carros de Combate
	Capítulo 3 - Metodologia	Conclusões e Recomendações

Fonte: Elaboração Própria

PARTE I – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

CAPÍTULO 1 – A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

1.1. O conceito de Inteligência Artificial

IA refere-se ao desenvolvimento de sistemas computacionais e algoritmos que têm a capacidade de realizar tarefas que tipicamente são executadas por inteligência humana, como percepção visual, reconhecimento de voz, tomada de decisão e processamento de linguagem natural. Com isto, é possível afirmar que o objetivo da IA é criar máquinas inteligentes que conseguem pensar, aprender e raciocinar como um ser humano (Joiner, 2018).

Atualmente, existem várias definições de IA, propostas por investigadores e organizações. A definição mais aceita na comunidade científica é da autoria de John McCarthy, conhecido como o pai da Inteligência Artificial. Segundo McCarthy, a IA é “a ciência e engenharia de construir máquinas inteligentes, especialmente programas de computador inteligentes.” (McCarthy, 2007)

Para além do supramencionado, também é essencial salientar o teste Turing, proposto por Alan Turing em 1950, que serviu como base para uma definição satisfatória e operacional da IA. Um computador passa no teste se um interrogador humano, após realizar uma série de questões escritas, não consegue distinguir se as respostas escritas originam de uma pessoa ou de uma máquina (Russell & Norvig, 2010).

Deste modo, de forma a passar no teste aplicado, o computador tem que ter as seguintes capacidades: processamento de linguagem natural, de forma a conseguir comunicar com um ser humano; representação de conhecimento, para armazenar a informação que sabe ou recebe; raciocínio automatizado, de maneira a utilizar dados armazenados para responder a questões e gerar novas conclusões; *machine learning*, para se adaptar a novas circunstâncias e detetar e extrapolar padrões (Russell & Norvig, 2010)

Contudo, o teste Turing evita interação física direta entre o interrogador e o computador, uma vez que a estimulação física não é necessária para testar inteligência. Para colmatar esta falha, o teste Turing total engloba a visão computacional, que apresenta como objetivo ter uma percepção de objetos e obstáculos, e a robótica, que permite ao computador manipular o ambiente onde se insere e movimentar-se (Russell & Norvig, 2010). Neste

sentido, é possível verificar que os princípios anteriormente mencionados compõem grande parte da IA, sendo assim de reforçar que o teste Turing continua relevante nos dias de hoje.

1.1.1. *Machine Learning*

O ramo da IA tem evoluído ao longo dos anos, com novas técnicas e abordagens que se encontram em desenvolvimento, para colmatar diversos desafios. Um dos grandes subtemas da IA denomina-se *Machine Learning* (ML), que envolve o desenvolvimento de algoritmos que têm a capacidade de aprender, de forma semelhante a um ser humano, a partir de dados adquiridos, e melhorar o seu desempenho ao longo do tempo. O termo refere-se à deteção automatizada de padrões relevantes em dados (Shalev-Shwartz & Ben-David, 2014).

Nas últimas décadas, tem sido uma ferramenta comum em quase todas as tarefas que necessitem de extração de informação em grandes conjuntos de dados. Nos dias de hoje, é possível encontrar o conceito numa multiplicidade de aplicações: motores de busca, que aprendem como fornecer o melhor resultado; *software anti-spam*, através da filtragem de mensagens de *email*; transações de cartão de crédito, protegidas por um *software* que aprende a detetar fraudes; câmaras digitais, que conseguem identificar pessoas; assistentes pessoais inteligentes em *smartphones*, que aprendem a reconhecer comandos de voz; carros equipados com sistemas de prevenção de acidentes (Shalev-Shwartz & Ben-David, 2014).

ML é a programação de computadores com o objetivo de otimizar o critério de desempenho usando dados de exemplo ou experiência passada. É utilizado um modelo com parâmetros bem definidos, sendo que *learning* refere-se à execução de um programa de computador para otimizar os parâmetros desse mesmo modelo, utilizando dados fornecidos ou adquiridos através da experiência. O modelo pode ser preditivo, para realizar previsões do futuro, ou descritivo, para adquirir conhecimento através de dados recolhidos (Alpaydin, 2020).

ML tem-se revelado uma tecnologia cada vez mais relevante e onnipresente, na medida em que envolve programas que analisam grandes quantidades de dados de elevada complexidade, detetando padrões em dados provenientes de diversas fontes e executando tarefas que um ser humano não tem capacidade para executar. A combinação de vários programas, capazes de aprender, usando capacidade de memória ilimitada e grande velocidade de processamento, abre novos horizontes para a evolução da sociedade (Shalev-Shwartz & Ben-David, 2014).

1.1.2. Deep Learning

Outro conceito relevante na área da IA denomina-se *Deep Learning* (DL), que é um subtema de ML. DL envolve o uso de redes neurais artificiais para modelar relações complexas entre dados. Estas redes são inspiradas na estrutura e função do cérebro humano e consistem em nós ou neurónios artificiais interconectados que processam dados de uma forma hierárquica, ou seja, começam com recursos simples de baixo nível e vão construindo conceitos cada vez mais complexos e abstratos. Estes modelos são treinados usando grandes quantidades de dados rotulados, permitindo que aprendam padrões e correlações que podem ser utilizados para fazer previsões e classificações precisas em dados novos nunca antes vistos (Schmidhuber, 2014).

Os modelos de DL geralmente consistem no conjunto de várias camadas, em que cada camada é construída a partir do resultado (*output*) da camada anterior. A primeira camada recebe um *input* constituído por dados não tratados. O *output* da primeira camada é então passado para a segunda camada como *input*, extraíndo assim características mais complexas, com base na informação passada da camada anterior. O processo continua por várias camadas, sendo que cada camada baseia-se na anterior para extrair recursos cada vez mais complexos, abstratos e de alto nível (Schmidhuber, 2014). Assim, modelos de DL têm a capacidade de atingir maior eficácia e desempenho que os modelos de ML tradicionais em muitas tarefas, principalmente quando se trata de conjuntos de dados muito grandes e complexos. Este conceito tem sido essencial em tarefas como reconhecimento de voz e imagem, deteção de objetos, processamento de linguagem natural e jogos de computador.

1.1.3. Desafios da Inteligência Artificial

Contudo, apesar do progresso significativo tanto em ML como em DL, ainda existem desafios que necessitam de ser destacados. Um dos problemas principais da IA é a necessidade de grandes quantidades de dados rotulados de alta qualidade para treinar os modelos de forma eficaz. Este aspeto é particularmente desafiante em áreas como saúde e finanças, onde colecionar e rotular dados requer muito tempo despendido, é caro e eticamente sensível. Para além do que foi referido anteriormente, os dados podem ser comprometidos ou incompletos, o que pode afetar o desempenho e generalização dos modelos (Goodfellow, Bengio & Courville, 2016).

Outro problema incide na interpretação de modelos de DL e ML. Estes modelos conseguem ser bastante eficazes a realizar decisões e previsões, mas pode ser difícil de

compreender a forma como estas decisões são tomadas, uma vez que conseguem ser altamente complexos e opacos. Outro desafio corresponde à questão do preconceito e *overfitting* (super ajuste). O preconceito ocorre quando os dados fornecidos não são uma representação correta da população, gerando modelos focados para um determinado grupo ou características, dando assim origem a resultados injustos e discriminatórios. Por outro lado, *overfitting* ocorre quando o modelo aprende com dados de teste de forma limitada, produzindo erros quando processa dados reais (Goodfellow et al., 2016).

1.2. Influência da Inteligência Artificial na sociedade

A IA tem demonstrado grande potencial numa grande variedade de aplicações, incluindo saúde, economia, transporte e interações sociais. Apesar de a IA ter muitos benefícios, também existem muitas preocupações no que concerne ao seu impacto na sociedade e as implicações éticas decorrentes da sua utilização.

Uma das aplicações mais relevantes insere-se na área da saúde. Segundo Nilsen et al. (2022), a IA pode ser utilizada para melhorar a saúde na medida em que consegue identificar tratamentos individuais ou elementos de um tratamento que são mais prováveis de aportar benefícios para uma pessoa em particular, promovendo assim cuidados de saúde personalizados e mais eficazes. Por exemplo, os algoritmos de IA conseguem analisar imagens de forma a identificar sinais precoces de cancro, ou prever doenças com base no historial médico de um paciente. Para além do que foi referido anteriormente, devido à sua capacidade de analisar grandes quantidades de dados, esta consegue criar potenciais medicamentos que melhor se adequam ao tratamento necessário de uma determinada doença. A IA também pode ser implementada em ferramentas digitais, como aplicações de *smartphone* e acessórios de saúde, de forma a gerar novas intervenções, reduzindo assim a dependência de profissionais de saúde (Nilsen et al., 2022). A influência positiva da IA na área da saúde remete para a sua capacidade de analisar dados médicos complexos, com o potencial de explorar relações significativas em conjuntos de dados que podem ser usados no diagnóstico de doenças, tratamentos e previsão de resultados em variados cenários clínicos (Ramesh, Kambhampati, Monson & Drew, 2004).

O desenvolvimento e evolução da IA vai ainda ter um profundo impacto na economia global, dando origem a uma nova revolução industrial, devido à possibilidade de criação de máquinas com um propósito único que substituem o trabalho humano cognitivo em tarefas específicas (Scharre et al., 2018). Esta afirmação pode ser confirmada na medida em que,

com a evolução de sistemas de ML, são criados sistemas mais economicamente viáveis que seres humanos na execução de uma determinada tarefa. Na incessante busca de melhoria de produtividade, observa-se uma crescente necessidade de substituir pessoas por máquinas, não apenas para aumentar a eficiência, mas também para reduzir custos, o que consequentemente altera a procura por trabalho e reestrutura indústrias (Brynjolfsson & Mitchell, 2017). A integração destas tecnologias na sociedade vai dar origem a um processo de cognição análoga nas mudanças provenientes da industrialização, sendo que a automatização vai transformar e substituir empregos, alterar o balanço entre trabalho e capital e mudar a política nacional e estrangeira (Scharre et al., 2018).

No âmbito da segurança nacional, a IA tem aplicações comprovadas em defesa, segurança interna, diplomacia, vigilância, cibersegurança, informação e ferramentas económicas (Scharre et al., 2018). Nos dias de hoje, a IA está associada à classificação de dados, desde imagens a géneros de música, sendo que estes sistemas comprovaram que são mais eficazes e confiáveis que seres humanos. Para além disso, os sistemas de IA conseguem detetar anomalias, como transações financeiras fraudulentas ou *malware*, através da análise de padrões de comportamento, sinalizando imediatamente um comportamento que fuja da norma. Devido à sua capacidade para encontrar padrões em grandes conjuntos de dados, a IA consegue fazer previsões estatísticas sobre eventos futuros. Podemos encontrar exemplos deste tipo de sistemas no preenchimento automático de motores de busca e recomendações de vídeos em plataformas de *streaming* (Scharre et al., 2018).

Outra área em desenvolvimento onde a IA está a ter impacto significativo é no transporte. Veículos autónomos são cada vez mais comuns, tendo o potencial de reduzir acidentes e congestionamentos de trânsito, enquanto melhoram a mobilidade. Devido à sua capacidade de analisar padrões de trânsito, a IA previne acidentes de estrada e otimiza itinerários de navegação, o que faz com que o transporte seja mais seguro, confiável e eficiente (Olugbade, Ojo, Imoise, Isabona & Alaba, 2022).

Na área da educação, a IA está a mudar a forma como os alunos aprendem e os professores ensinam. As ferramentas educacionais que integram IA personalizam a aprendizagem de acordo com as necessidades individuais dos alunos e estilo de aprendizagem. Estas ferramentas também fornecem *feedback* em tempo real e apoio de forma a auxiliar os alunos a dominar novos conceitos. Para além do que foi referido anteriormente, a IA é utilizada para automatizar tarefas administrativas, como avaliação de testes e registo de presenças, o que liberta tempo ao professor para se focar em atividades mais significativas, como fornecer apoio individual aos alunos (Baker & Siemens, 2014).

A IA está também a transformar a forma como as interações sociais são realizadas, desde a criação de *chatbots*¹ e assistentes virtuais, a algoritmos de redes sociais e de recomendação. Os *chatbots* e assistentes virtuais são cada vez mais utilizados no apoio ao cliente, permitindo assim que as empresas garantam apoio constante e personalizado, o que melhora a satisfação do cliente e facilita a utilização do serviço. Os algoritmos de recomendação, amplamente usados nas redes sociais e em plataformas de comércio eletrónico, auxiliam as pessoas na procura de novos produtos e conteúdo que possam ser do seu interesse e de acordo com as suas necessidades atuais. Assistentes virtuais que integram IA também estão a ser cada vez mais comuns no dia a dia para realização de tarefas correntes, como podemos verificar na *Siri* da Apple ou na *Alexa* da Amazon² (Scharre et al., 2018).

Apesar dos inúmeros benefícios da IA, também é importante salientar algumas preocupações no que concerne ao seu impacto na sociedade. Um dos maiores problemas incide na potencial perda de empregos, uma vez que a IA substitui trabalhadores humanos em muitas indústrias. Com a evolução da IA, esta consegue executar tarefas que eram previamente realizadas por seres humanos, o que causa uma mudança significativa no mercado de trabalho e potencia maior desigualdade económica. Para além do que foi anteriormente mencionado, é relevante salientar as implicações éticas que a IA apresenta em áreas como a privacidade e preconceito. O problema da privacidade pode ser verificado em algoritmos de reconhecimento facial, já usados de forma controversa em alguns países para controlar comportamentos da população. No que concerne o preconceito, uma vez que os sistemas de IA estão limitados aos dados de treino que lhes são fornecidos, são mais eficazes em caras que se assemelhem aos dados de treino (Nilsson, 2009).

Deste modo, é possível salientar que a IA influencia a sociedade de inúmeras maneiras, desde transformar a economia, a mudar a forma de ensino, trabalho e interações sociais. O seu impacto na sociedade é significativo e em constante crescimento. Apesar de ter o potencial de revolucionar diversos setores e melhorar a qualidade de vida, a IA também apresenta implicações negativas que necessitam de ser consideradas. Com a neutralização destas dificuldades e com o investimento na educação e formação, é possível garantir que a influência da IA se mantém positiva e beneficia igualmente todos os membros da sociedade.

¹ Software baseado em IA, com a capacidade de manter uma conversa em tempo real por texto ou voz

² Softwares de assistência virtual que executam tarefas sob comando de voz

CAPÍTULO 2 – IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NOS CONFLITOS MODERNOS

A IA tem um impacto cada vez maior nos conflitos modernos. Está a mudar a forma como as Forças Armadas combatem em todo o mundo, através de sistemas de armas autónomos, tecnologias de análise de dados, sistemas de aquisição de informação, e no planeamento e execução de operações militares. A IA emergiu como uma tecnologia revolucionária que tem o potencial de mudar as guerras modernas e as do futuro. Trouxe uma mudança no paradigma das operações militares através da introdução de tomada de decisão mais rápida e eficiente, maior eficácia e a habilidade de processar vastos conjuntos de dados em tempo real (Scharre, 2018).

2.1. A Inteligência Artificial em missões de Informação, Vigilância e Reconhecimento

A IA é essencial para o processo de organizar e compreender grandes conjuntos de dados provenientes de missões de Informações, Vigilância e Reconhecimento (IVR) envolvidos nos conflitos modernos, conferindo uma grande vantagem neste tipo de atividades. Algumas aplicações militares da IA têm implicações mais abrangentes para além do campo de batalha. A IA está a ser cada vez mais usada para ajudar as Forças Armadas a adquirir, processar e analisar informação em tempo real (Davis, 2019).

Para os militares, a identificação de objetos é um ponto de partida natural para a IA, uma vez que requer imagens selecionadas e informação adquirida através de satélites e *drones*³ por forma a encontrar dados de importância militar. Devido à extensão do ambiente operacional para todos os domínios (mar, terra, ar, espaço e ciberespaço), a integração da IA nas operações de IVR é crítica para a perceção situacional em múltiplos domínios. A integração destes sistemas possibilita a localização, rastreio e identificação de uma variedade de sistemas de armas inimigos, o que permite a destruição de meios inimigos estratégicos. (Davis, 2019).

Os modelos de IA estão a ser melhorados continuamente e têm demonstrado elevado valor em diversas aplicações. O desempenho destes sistemas torna-os bastante úteis em tarefas como identificação de viaturas e armamento inimigo em imagens de satélite, bem

³ Veículo aéreo não tripulado, operado remotamente, com sensores integrados.

como a identificação de alvos inimigos ou de suspeitos em áreas de conflito através de tecnologias de reconhecimento facial (Maxwell, 2020).

No seguimento da afirmação anterior, é necessário referir que Redes Neurais Artificiais⁴ (RNA) estão a ser usadas com sucesso em classificação de imagens obtidas por *drones* como parte do Projeto Maven⁵, auxiliando seres humanos a processar grandes volumes de informação (Maxwell, 2020). O Projeto Maven visa aproveitar mecanismos de IA e ML para analisar e interpretar grandes volumes de dados visuais recolhidos por diversos sensores. O principal objetivo deste projeto é desenvolver algoritmos com a capacidade para detetar e classificar objetos de interesse em tempo real. O projeto faz parte de um esforço mais amplo para modernizar as Forças Armadas dos Estados Unidos da América (EUA) e melhorar a sua eficácia no campo de batalha (Pellerin, 2017). A análise de dados pode permitir que as Forças Armadas identifiquem padrões e tendências em grandes conjuntos de dados, ajudando a prever ações inimigas e a tomar decisões informadas. Apesar de a IA não ter a capacidade para traduzir estes conjuntos de dados para um contexto mais amplo, os sistemas que integram IA podem ser usados para fundir e filtrar dados de várias fontes de informação, e indicar aos operadores dos sistemas todos os elementos de potencial interesse (Davis, 2019).

Desta forma, segundo Davis (2019), a capacidade de processar rapidamente grandes conjuntos de dados provenientes de diversas plataformas a operar em múltiplos domínios traduz-se em duas vantagens militares fundamentais: velocidade e alcance. Assim, a IA permite que seja possível a análise de condições dinâmicas no campo de batalha em tempo real, permitindo um ataque rápido e eficaz, ampliando o alcance das nossas ações ao mesmo tempo que minimiza o risco para as nossas forças.

2.2. A Inteligência Artificial em Sistemas Autónomos

A nova geração de veículos autónomos é uma das principais prioridades para aplicações da IA no meio militar, sendo que o foco incide na navegação para uma variedade de sistemas não tripulados, nos meios terrestre, marítimo e aéreo (Davis, 2019). O *software* de navegação com integração de IA suportado por sensores onnipresentes permite que

⁴ Rede de nós ou neurónios artificiais interconectados, que procuram replicar a estrutura do cérebro humano. Encontram-se na base de algoritmos de DL.

⁵ Ferramenta de IA do Departamento de Defesa dos EUA, com a finalidade de processar imagens e vídeos derivados de *drones* e automaticamente detetar alvos potenciais.

veículos não tripulados consigam movimentar-se em ambiente hostil e possibilita formações complexas de vários tipos de drones em múltiplos domínios, com armamento complementar para conduzir ações táticas avançadas, ajustando-se instantaneamente à manobra do inimigo para explorar oportunidades no campo de batalha e relatar mudanças no estado corrente (Davis, 2019). Posto isto, é possível afirmar que veículos autónomos e robótica vão revolucionar a guerra moderna porquanto possibilitarão uma cada vez menor exposição do ser humano à ação direta e, conseqüentemente, ao perigo, incrementando a produtividade de cada indivíduo.

Para além das aplicações referidas anteriormente, a automatização está a aumentar a sua presença em inúmeros outros sistemas militares, incluindo sistemas de armas autónomos, como os de defesa aérea. Estes sistemas têm a capacidade de realizar operações militares sem intervenção humana direta e apresentam inúmeras vantagens em relação aos sistemas de armas controlados por um operador humano, na medida em que não estão dependentes de redes de comunicações, podem operar a um maior alcance por extensos períodos de tempo e apresentam uma maior eficácia (Surber, 2018). A sua maior velocidade de processamento adequa-se ao ritmo acelerado do combate moderno, o risco de vida para os militares é mitigado e, devido à ausência de emoções, a tomada de decisão pode gerar resultados menos prejudiciais e mais eficazes (Surber, 2018).

A robótica e sistemas autónomos estão cada vez mais frequentemente a ser incorporados em forças militares. A IA e ML vão permitir que estes sistemas façam face a tarefas mais desafiantes, inseridos num maior leque de ambientes (Davis, 2019). Em operações de combate, estes sistemas autónomos têm o potencial de aumentar o ritmo do combate, o que é o caso dos domínios de interação de máquina com máquina, como no ciberespaço e no espectro eletromagnético. A IA pode ser utilizada não apenas para criar robótica mais inteligente, mas também para integrar sensores avançados e comunicações (Davis, 2019).

2.3. A Inteligência Artificial na Cibersegurança Militar

Como a IA está presente de forma inerente no domínio digital, o ciberespaço naturalmente faz parte de uma das inúmeras aplicações da IA. A disponibilidade de grandes conjuntos de dados num formato eletrónico favorece substancialmente os sistemas de IA. A

utilização destes sistemas na análise, mapeamento e *hacking*⁶ de redes de computador fornece dados úteis para ML, incluindo a descoberta de vulnerabilidades, identidades, perfis, relações e outras informações com elevado valor para propósitos ofensivos e defensivos. De um ponto de vista ofensivo, a IA ajuda a localizar determinados nós⁷ ou contas individuais para coleção, disrupção ou contrainformação. Numa perspetiva defensiva, a IA consegue detetar estas intrusões e procurar anomalias em sistemas operativos de natureza civil e militar (Davis, 2019).

Para além do que foi referido anteriormente, a IA é utilizada para identificar riscos cibernéticos e potencial atividade prejudicial. Devido à incapacidade de sistemas de *software* tradicionais para analisar grandes volumes de *malware*⁸ gerados todos os dias, a IA é essencial para fazer face a esta ameaça. A IA permite uma melhor inteligência preditiva através da análise de artigos, notícias e estudos sobre ameaças cibernéticas, o que fornece informação acerca de riscos emergentes, ciberataques e contramedidas (Mohammed, 2020).

De acordo com a tendência atual de evolução da tecnologia, é importante salientar que o futuro da guerra vai incidir em ambientes digitalizados de múltiplos domínios, o que requer novas doutrinas na condução das operações. De forma a assegurar a prontidão das capacidades necessárias para este novo ambiente, considera-se ser essencial que haja a evolução em todas as capacidades de ciberdefesa (Steingartner & Galinec, 2021).

Nesse sentido, a integração da IA em sistemas de cibersegurança permite a deteção e resposta mais rápida das Forças Armadas a ameaças cibernéticas, bem como a identificação de vulnerabilidades em sistemas de computador e redes. (Steingartner & Galinec, 2021).

Assim, *software* com capacidades autónomas pode ser usado para agir e interagir no ciberespaço, sendo importante referir que agentes inteligentes autónomos apresentam um interesse militar elevado para operações militares convencionais. Estes agentes que integram IA, inseridos no ciberespaço, podem apoiar o processo de tomada de decisão, têm a capacidade de identificar as vulnerabilidades do adversário e permitem definir uma resposta rápida a um ataque do inimigo. Desta forma, a utilização de IA dentro do ciberespaço em

⁶ Ação de identificar e explorar vulnerabilidades num sistema ou rede de computador, geralmente para obter acesso que carece de autorização a dados pessoais ou organizacionais

⁷ Um nó representa um ponto de interconexão numa estrutura ou rede, que envia, recebe ou transmite informações a outros nós

⁸ Também denominado *software* malicioso, refere-se a qualquer programa ou código gerado para fins maliciosos, que seja prejudicial para sistemas computacionais

operações, tanto ofensivas como defensivas, pode ser decisiva e mais economicamente viável nos conflitos modernos e futuros (Surber, 2018).

Redes adversárias generativas⁹ podem ser utilizadas para criar *deep fakes*¹⁰ com relevância militar para camuflagem e engodos. Assim, à medida que as Forças Armadas incorporam mais sensores que integram IA para classificação de dados, os ataques de falsificação contra esses sistemas também serão cada vez mais relevantes (Davis, 2019).

Desta forma, a utilização de IA na cibersegurança militar é cada vez mais importante, uma vez que a ameaça de ciberataques continua a crescer com o desenvolvimento das tecnologias já existentes e acessíveis a todos. Neste quadro, os militares conseguem proteger os seus sistemas e assegurar a segurança de operações críticas se combinarem o poder de sistemas autónomos, deteção de ameaças e análise preditiva, impulsionados pela integração da IA.

2.4. A Inteligência Artificial no planeamento de Operações Militares

Para além da importância da IA na aquisição de informações, esta também tem um papel essencial no planeamento e execução de operações militares. Neste âmbito, Kerbusch, Keijser e Smit (2018) definem as capacidades que as tecnologias de IA têm que possuir por forma a apoiar o processo de tomada de decisão militar:

- Capacidade de deteção, através do reconhecimento de padrões e processamento de grandes quantidades de dados;
- Compreensão da situação operacional, de forma a conseguir descrever todas as entidades relevantes, a relação entre elas e atributos não observáveis, como por exemplo os seus objetivos e ambições;
- Gerar hipóteses acerca da modalidade de ação inimiga mais provável, através da coleta de pedaços de informação disponíveis proveniente de atividade hostil recente, combinada com conhecimento geral da doutrina do inimigo;
- Elaboração de planos, através da pesquisa e otimização de modalidades de ação que procuram atingir ou evitar um objetivo;

⁹ Dois sistemas de IA que aprendem a competir entre si. Um sistema gera novos dados (gerador), enquanto que o outro avalia se esses dados pertencem ao conjunto de dados reais (discriminador). Assim, o gerador tenta aproximar os dados falsos à realidade para enganar o discriminador.

¹⁰ Vídeos falsos gerados por IA.

- Determinar a probabilidade de sucesso da missão, detetando a incerteza inerente ao ambiente.

Devido às limitações de capacidade de processamento cognitivo do ser humano, foram criados sistemas inteligentes que combinam o conhecimento de tática militar com a capacidade de propor modalidades de ação em função das condições do terreno. Para além disto, conseguem responder a situações novas e incertas através da utilização de funções especializadas que executam tarefas cognitivas relacionadas com a tomada de decisão (Van Den Bosch & Bronkhorst, 2018).

Quando estão a analisar uma modalidade de ação, estes sistemas consideram um conjunto muito maior de variáveis que os seres humanos, conseguindo, portanto, atingir uma previsão melhor e mais precisa dos resultados. Assim, em virtude das suas capacidades analíticas, o sistema de apoio à decisão, tem a habilidade de acelerar os processos de raciocínio e perceção da situação, que dão origem ao processo de tomada de decisão (Van Den Bosch & Bronkhorst, 2018).

2.5. A Inteligência Artificial no Apoio ao Combate

Os sistemas de IA também podem ajudar os militares numa variedade de funções de apoio ao combate, como auxiliar os comandantes a acompanhar melhor as suas forças. Devido à sua capacidade de analisar grandes quantidades de dados, os sistemas de IA conseguem prever mudanças na força em vários componentes, tais como: quando os equipamentos requerem manutenção; quando os programas em vigor irão sofrer custos excessivos ou atrasos no cronograma e quando os militares em serviço terão um desempenho insatisfatório ou lesões físicas ou psicológicas (Davis, 2019). Deste modo, a IA tem o potencial para auxiliar os comandantes a melhorar a prontidão das suas forças, adquirindo e fundindo dados de várias fontes, de forma a realizar análises preditivas para que os problemas possam ser resolvidos antes de se tornarem críticos (Davis, 2019).

A IA tem também o potencial de transformar os processos de âmbito comercial e civil mais tradicionais que existem dentro das organizações militares, como o transporte, a medicina, a logística, entre outras funções administrativas. As áreas referidas anteriormente podem ser alvo de automatização e otimização, uma vez que envolve trabalho físico ou cognitivo de rotina. Assim, as organizações militares têm a capacidade de importar diretamente tecnologias testadas e comprovadas do setor comercial e civil, o que melhora a

eficiência e reduz custos, como sistemas autônomos de contabilidade ou ferramentas que integram IA em cuidados de saúde (Davis, 2019).

2.6. Caso do conflito Ucrânia – Rússia

Vladimir Putin anunciou o comprometimento da Rússia com tecnologias que integram IA admitindo que, quem for considerado o líder nesta área, vai governar o mundo. Desta forma, a Rússia continua a desenvolver e utilizar uma ampla gama de armas militares dotadas de IA, para além de expandir o seu orçamento no ciberespaço para modificar a opinião pública e política do mundo (Haney, 2020).

Em anos recentes, a IA, a robótica e a integração de automatização e autonomia em sistemas de armas e tomada de decisão militar têm sido as maiores prioridades para modernizar as Forças Armadas russas (Nadibaidze, 2022).

Posto isto, é possível atribuir o desenvolvimento, testes e utilização da IA em sistemas de armas à necessidade da Rússia de obter supremacia em poder militar e tecnológico relativamente aos atuais principais atores geopolíticos globais: os EUA e a China (Nadibaidze, 2022). Enquanto que a necessidade de competir e alcançar estas potências militares faz parte das motivações da Rússia, o interesse militar em IA não deve ser atribuído apenas à procura por poder relativo (Nadibaidze, 2022). Neste contexto, a Rússia está a estabelecer grandes números de organizações dedicadas ao desenvolvimento de aplicações militares de IA. Deste modo, o setor militar russo tem investigado e desenvolvido sistemas de controlo de robótica, com ênfase em veículos autônomos com capacidades autônomas de identificação e ataque de alvos, inseridos nos meios aéreo, terrestre e marítimo (Haney, 2020).

Apesar de a Rússia estar perante muitos desafios no desenvolvimento da IA, especialmente resultantes da falta de financiamento nesta área, tal não é visto como uma barreira por parte do grupo de atores principais neste domínio, em particular os EUA e a China. A liderança da Rússia está visivelmente interessada no fortalecimento das suas capacidades em termos de IA, em particular no que respeita à autonomia e automatização nas Forças Armadas russas. Estes elementos estão associados a uma mistura de motivações internas e externas, incluindo vantagem estratégica, fatores domésticos e crenças ideológicas mais amplas sobre o lugar da Rússia na ordem mundial no pós-Guerra Fria (Nadibaidze, 2022).

Desta forma, o conflito atual entre a Ucrânia e a Rússia é um exemplo demonstrativo do impacto que as novas tecnologias que integram IA estão a ter no novo contexto militar. Nos dias de hoje, as forças que se encontram no campo de batalha não são apenas compostas por pessoas, mas também por sistemas de IA que elevam o conflito ao nível tecnológico seguinte (Muzzeddu, 2022).

A Ucrânia está a utilizar o *drone* turco Bayraktar TB2, que tem a capacidade de executar missões de IVR aéreas, aquisição e eliminação de alvos, através de munições inteligentes, e navegar sem intervenção humana. Neste caso, os sistemas de armas não são completamente autónomos, visto que um operador humano tem que controlar a operação e decidir quando lançar os foguetes guiados por laser integrados no *drone* (Muzzeddu, 2022).

Por outro lado, os soldados russos utilizam *drones* Orlan-10, para guerra eletrónica, aquisição de alvos e missões de IVR (Atlamazoglou, 2022). Estes meios não tripulados são descartáveis e baratos, porém são cruciais para a execução de tarefas vitais como o reconhecimento de alvos e observadores avançados de artilharia. Para além disto, também existem indícios que a Rússia implementou o *drone* Lancet-3, que tem o objetivo de atacar veículos militares ou grandes concentrações de soldados de forma autónoma (Atlamazoglou, 2022). Este meio tem a capacidade de reconhecer um alvo pré-selecionado dentro de uma área geográfica e atacá-lo com a respetiva carga explosiva. Outro tipo de *drone* empregue denomina-se de KUB-BLA, que detona quando entra em contacto com o alvo. Este *drone kamikaze* integra um sistema de IA para reconhecimento de objetos sem a necessidade de transmitir e processar as imagens num servidor central. No entanto, nada sugere que os drones KUB-BLA tenham um sistema de tomada de decisão que lhe permita autonomamente selecionar e atacar um alvo, sendo que esta ação está dependente da comunicação com um operador humano (Muzzeddu, 2022).

Relativamente a veículos terrestres não tripulados, a Ucrânia emprega um robô explorador denominado GNOM. Este reconhece posições russas e consegue dar apoio pelo fogo com uma metralhadora 7,62mm. O GNOM é controlado através de um cabo de fibra ótica que fornece uma ligação a longa distância, imune a contramedidas rádio, e impede a deteção do operador, uma das fragilidades dos operadores de *drones*. No caso de quebra do cabo, o veículo autonomamente retorna a uma posição pré-determinada. Apesar de ser operado por controlo remoto, o GNOM tem inteligência integrada e tem a capacidade de navegação autónoma (Hambling, 2022).

Para além do que foi acima referido, o robô Spot da companhia americana Boston Dynamics também está a ser utilizado para auxiliar a Ucrânia na remoção de minas e

dispositivos não explodidos através da integração de IA, o que lhe permite agir de forma independente sem a necessidade de controlo humano. Estes robôs táticos reduzem baixas e mantêm os soldados fora da linha de fogo, enquanto asseguram contacto constante com o inimigo (Muzzeddu, 2022).

Apesar de a maior parte das ações de combate decorrer no campo de batalha, também é possível afirmar que estamos perante uma guerra tecnológica, que compreende ciberataques e contrainformação, e está a causar um impacto económico significativo no cenário de tecnologia global.

A IA também desempenhou um papel essencial no apoio aos ucranianos na recuperação de território e comunicação com o mundo externo. O impacto da *internet* e ciberataques na guerra não têm precedentes, sendo que este conflito está já a ser denominado a primeira ciber guerra mundial (McGee-Abe, 2023).

A utilização eficaz da IA por parte da Ucrânia transformou a tecnologia de ser apenas uma questão legal para se tornar uma das maiores preocupações dos líderes militares e políticos no mundo inteiro (McGee-Abe, 2023). Desta forma, é possível verificar que as forças russas se encontram em desvantagem considerável devido à falta de tecnologias com integração de IA (McGee-Abe, 2023). Apesar dos desenvolvimentos russos em sistemas aéreos, terrestres e marítimos que integram a IA no período que antecede o conflito, foi possível verificar que o desempenho destes sistemas, em particular os meios autónomos não tripulados, são fracos ou incomparáveis com os utilizados pelas forças ucranianas apoiadas em tecnologia ocidental (Muzzeddu, 2022).

A guerra na Ucrânia tem sido um ambiente de testes sem precedentes para ajustar, adaptar e melhorar sistemas que integram IA para utilização imediata (Kryvenko, 2022). Sistemas com IA estão a ser utilizados para a aquisição, processamento e análise de informação; comando e controlo; defesa míssil e aérea; sistemas de comunicações militares; munições inteligentes, que têm a capacidade de identificar um alvo de forma independente e determinar a trajetória do voo; miras e dispositivos para exibição de informações eletrónicas óticas; identificação de pessoas e determinação da localização e diagnóstico da condição dos militares; neutralização de ciberameaças; análise de capacidades de unidades; automatização e otimização de sistemas logísticos; desminagem; robótica; e em sistemas meteorológicos, para integrar condições meteorológicas no planeamento de operações militares (Kryvenko, 2022).

Assim, a utilização de IA na guerra da Ucrânia incide principalmente em informação geoespacial. De facto, a IA é usada na análise de imagens de satélite e na localização e

análise de dados *open-source*¹¹ como fotografias de redes sociais em locais geopoliticamente sensíveis. RNA são utilizadas para combinar informação recolhida de fotografias terrestres, vídeos de *drone* e imagens de satélite de forma a produzir vantagens estratégicas e táticas. Estas vantagens são impulsionadas com as melhorias técnicas de modelos e sistemas de ML e pela capacidade de sistemas de IA conseguirem integrar e cruzar dados recolhidos de fontes diferentes. Desta forma, muitas companhias que utilizam inteligência geoespacial estão a auxiliar a Ucrânia através da utilização de sistemas de IA na conversão de imagens de satélite em vantagens de IVR (Fontes & Kamminga, 2023).

A guerra da Rússia contra a Ucrânia demonstrou que, com o passar do tempo, o número de áreas e métodos que integram IA no meio militar vão expandir e, num futuro próximo, estes sistemas vão ser considerados uma ferramenta essencial na preparação e condução de confrontos militares. Desta forma, a utilização destas novas tecnologias e a criação de sistemas de defesa modernos de IA é essencial para garantir vantagem significativa sobre o inimigo, proteger e preservar as vidas dos cidadãos da Ucrânia (Kryvenko, 2022).

Com o decorrer do conflito, é possível verificar que a guerra Rússia-Ucrânia representa um ambiente de laboratório, onde empresas e governos têm a oportunidade de treinar e testar os seus sistemas de IA para uma grande quantidade de capacidades, funcionalidades e aplicações.

“A cada dia que o conflito continua, e seres humanos estão a perder a vida de maneiras horríveis, os sistemas de IA estão a ser treinados com dados reais de um campo de batalha real – não para acabar com o sofrimento e terminar a guerra, mas sim para se tornarem mais eficazes na próxima: a guerra da IA.” (Fontes & Kamminga, 2023).

¹¹ Fontes abertas, quaisquer informações que estejam disponíveis ao público ou disponibilizadas mediante solicitação. Exemplos de fontes abertas: artigos de jornais, revistas, imagens, trabalhos académicos, entre outros.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3.1. Introdução

O presente capítulo apresenta e explica o percurso metodológico inserido neste TIA e a sua respetiva metodologia, métodos, técnicas e procedimentos adotados na sua execução.

Assim, em primeiro lugar é importante definir a metodologia. Segundo Freixo (2011, p.280), esta pode ser definida como sendo “o conjunto dos métodos e das técnicas que guiam a elaboração do processo de investigação científica”.

Desta forma, a metodologia representa um papel essencial na credibilidade e aceitação dos resultados pela comunidade científica. Segundo Miranda (2009, p.39), “sempre que os processos metodológicos tenham sido corretamente aplicados, não há razões para duvidar da validade e fidelidade da informação obtida”.

3.2. Estratégia e Método de Abordagem

Na presente investigação foi adotada uma metodologia qualitativa, utilizando técnicas de recolha de dados através de análise documental e entrevistas semiestruturadas. Nesta abordagem qualitativa, “o investigador não se coloca como perito dado que é de uma nova relação sujeito-objeto que se trata” (Fortin, 1999, p.148). De forma a ser possível obter uma resposta à PP, também é importante destacar que nas análises qualitativas, é feita uma abstração, para além dos resultados obtidos, procurando-se estabelecer relações entre os dados recolhidos (Fortin, 1999).

Em relação ao método científico adotado, optou-se pelo método indutivo. O método científico traduz-se no “conjunto de processos ou operações mentais que devemos empregar na investigação.” (Prodanov & Freitas, 2013, p.24). No raciocínio indutivo, a generalização deriva de observações de casos concretos, sendo que as constatações particulares levam à elaboração de uma ideia geral. Segundo Lakatos e Marconi (2007, p.92), o método indutivo “tem o objetivo de ampliar o alcance dos conhecimentos”. Assim, é possível afirmar que o objetivo do método indutivo é “levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam.” (Lakatos & Marconi, 2007, p.86).

3.3. Modelo de Análise

Segundo Santos et al., o modelo de análise é “um elemento central que condiciona o procedimento metodológico que o investigador decide adotar ou seguir.” (2016, p.63). Assim, num processo de pesquisa, é necessário formular um problema de investigação definido por Santos et al. como “um elemento central numa investigação porque, de alguma forma, dele derivam todos os outros elementos constituintes do processo.” (2016, p.51).

No seguimento do que foi referido anteriormente, “uma cuidada definição do objeto de estudo e do problema de investigação garante, só por si, uma primeira orientação para a delimitação da pesquisa que pretendemos efetuar.” (Santos et al., 2016, p.56) Neste sentido, o objeto de estudo refere-se à aplicabilidade da IA nas viaturas militares terrestres, limitada aos CC e aos seus aspetos técnicos, abordando os seus benefícios e desafios à sua implementação, não sendo objetivo do estudo retirar ilações relativamente a alterações de aspetos doutrinários ou da organização de unidades de CC.

Desta forma, a formulação de OE é essencial para garantir o sucesso da investigação, sendo que “a formulação dos objetivos específicos deve corresponder à decomposição ou desconstrução dos objetivos gerais da investigação em aspetos mais restritos e elementares.” (Santos, 2016, p.59) Sendo assim, na fase inicial da investigação, foi formulado um OG, posteriormente decomposto em diversos OE. O OG traduz-se numa PP e cada OE corresponde a uma Pergunta Derivada (PD).

O trabalho desenvolvido tem como objetivo fazer uma abordagem à implementação de sistemas de IA inseridos nas viaturas terrestres, mais concretamente nos CC. A partir da informação anterior foi gerada uma PP, que estabelece uma direção central para o estudo. Segundo Creswell (2009), o investigador estreita o foco para questões específicas para serem respondidas ou predições que são baseadas em hipóteses, que são testadas.

Nesta investigação, a PP “Qual é o impacto da integração de sistemas de Inteligência Artificial nos Carros de Combate?” é uma questão geral, que requer a exploração de um fenómeno central ou determinado conceito num estudo (Creswell, 2009). A partir desta PP, foram criadas diversas PD, de forma a delimitar o objeto de estudo, como é possível verificar no quadro abaixo (Quadro 3):

Quadro nº3 – Objetivos e Questões de Investigação

OG	Analisar o impacto da integração de sistemas de Inteligência Artificial nos Carros de Combate.	PP	Qual é o impacto da integração de sistemas de Inteligência Artificial nos Carros de Combate?
OE1	Enunciar os Projetos de Investigação e Desenvolvimento de Sistemas de Inteligência Artificial, inseridos nos Carros de Combate.	PD1	Quais são os principais Projetos de Investigação e Desenvolvimento, que integram sistemas de Inteligência Artificial em Carros de Combate?
OE2	Analisar as potenciais capacidades dos Carros de Combate que integram Inteligência Artificial, destacando as suas vantagens e desvantagens.	PD2	Quais são as potenciais capacidades e obstáculos provenientes da integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate?
OE3	Analisar a possibilidade da implementação de sistemas de Inteligência Artificial nos Carros de Combate do Exército Português.	PD3	Qual é o potencial de implementação de sistemas de Inteligência Artificial nos Carros de Combate do Exército Português?

Fonte: Elaboração Própria

Uma vez que o trabalho de investigação em questão trata de temas emergentes centrados em aspetos específicos e complexos, que exigem um grau de conhecimento elevado, optou-se por adotar uma abordagem exploratória, no sentido de obter uma compreensão mais abrangente do conceito em estudo, não sendo assim levantadas Hipóteses de Investigação. Para além disso, o trabalho está assente num tema sobre o qual não havia conhecimento profundo prévio suficiente para serem formuladas hipóteses.

3.4. Métodos e técnicas de recolha de dados

Na execução do trabalho de investigação, foram selecionados os métodos e técnicas de recolha de dados que melhor se adequam aos objetivos a atingir. Assim, os principais métodos utilizados ao longo da investigação correspondem a análise documental e a entrevistas semiestruturadas

Relativamente à análise documental, foi realizado um levantamento de fontes teóricas que estão alinhadas com o tema do trabalho, com o intuito de elaborar uma contextualização da pesquisa (Prodanov & Freitas, 2013). Desta forma, a revisão de literatura procura compreender o conceito de IA e em que áreas do saber esta se insere, bem como a sua

implementação e influência no meio militar. Esta integra artigos científicos recentes e relevantes, livros e investigações realizadas no âmbito da IA e na sua integração em sistemas militares, recorrendo ao acesso a bases de dados científicas como a EBSCO e o Google Académico. No mesmo quadro, recorreu-se a entrevistas semiestruturadas, onde “o entrevistador deve seguir um conjunto de questões previamente definidas, mas fá-lo num contexto semelhante ao de uma conversa informal” (Miranda, 2009). As entrevistas foram aplicadas a uma entidade civil, com atividade na área da IA, e a Oficiais diretamente relacionados com a inovação do Exército Português. Desta forma, foram selecionados dois grupos diferentes de entrevistados, como está exposto nos seguintes quadros (Quadros 4 e 5):

Quadro nº4: Grupo 1 de Entrevistados

Posto	Nome	Função
Tenente-Coronel	Fazenda	Chefe da Repartição de Inovação do EME
Tenente-Coronel	Costa	Oficial Gestor da frota Leopard 2A6
Major	Carqueijo	Coordenador de Área da Repartição de Capacidades, da Divisão de Planeamento de Forças, do Estado-Maior do Exército; Representante do Exército no Grupo de Trabalho <i>Land Capability Group Land Engagement</i> (LCGLE), do <i>NATO Army Armaments Group</i> (NAAG)

Fonte: Elaboração Própria

Quadro nº5: Grupo 2 de Entrevistados

Nome	Função
Luís Sarmiento	CEO na <i>Inductiva Research Labs</i>

Fonte: Elaboração Própria

O grupo 1 surge numa perspetiva de obter informação relativamente à integração de CC no Exército Português, enquanto que o grupo 2 tem a finalidade de ter um ponto de vista do que é a IA e do funcionamento destes sistemas inteligentes. O grupo 1 foi submetido ao Guião de Entrevista 1 (Apêndice A), enquanto o grupo 2 foi submetido ao Guião de Entrevista 2 (Apêndice B).

PARTE II – APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

CAPÍTULO 4 – PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO E INVESTIGAÇÃO DE SISTEMAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADOS EM CARROS DE COMBATE

Os projetos de investigação e desenvolvimento de tecnologias emergentes, como é o caso da IA, têm como objetivo a atualização das capacidades de combate e manter a relevância operacional dos CC face às novas ameaças. Neste contexto, serão de seguida explorados os principais projetos inseridos nesta área.

4.1. European Defense Fund

O *European Defense Fund* (EDF) está a investir 1,2 mil milhões de euros em pesquisa colaborativa de defesa e projetos de desenvolvimento em 2023. As propostas estão a servir como base para o desenvolvimento de CC da próxima geração, incluindo soluções dedicadas à arquitetura de *hardware* para sistemas de IA energeticamente eficientes. Neste âmbito, as tecnologias relacionadas com IA estão a ser exploradas em processos de tomada de decisão auxiliada por computador, cooperação entre o ser humano e o sistema, robótica e sistemas autónomos para defesa. Todos estes aspetos envolvem a criação de dados representativos para testar e treinar os sistemas e campanhas de organização de objetivos e avaliação comparativa ou desafios tecnológicos, de forma a guiar o progresso para ir ao encontro das necessidades de defesa (European Defense Fund [EDF], 2023)

Desta forma, também é necessário o desenvolvimento de medidas de ciberdefesa, de maneira a gerir, partilhar e utilizar eficientemente as quantidades cada vez maiores de dados envolvidos em atividades de defesa. Inseridas em diversas categorias abordadas pelo EDF, as tecnologias relacionadas com IA estão a ser exploradas para desenvolver capacidades específicas, como sistemas não tripulados, perceção situacional, IVR, treino e planeamento de missão, apoio médico, manutenção e logística, entre outros. Uma necessidade importante é a criação de tecnologias de aprendizagem autónoma confiáveis, uma vez que estas podem ser consideradas altamente disruptivas, tendo impactos significativos em muitas

capacidades, especialmente quando a informação é muito variável ou imprevisível e é necessária alta adaptabilidade (EDF, 2023).

Relativamente ao acima mencionado, também existe a necessidade de assegurar que sistemas de IA consigam explicar e justificar os seus resultados aos utilizadores, de forma a garantir que estes sistemas são seguros e confiáveis.

A introdução destas novas tecnologias em CC está a conduzir a um aumento do consumo de energia. Neste âmbito, o EDF ambiciona apoiar o desenvolvimento de um protótipo de soluções futuras de energia eficiente e *multi-source* (EDF, 2023).

As capacidades dos CC são essenciais para operações terrestres, devido à combinação de mobilidade, poder de fogo e proteção, o que já se provou ser essencial na guerra convencional. No entanto, muitos CC dos países membros da União Europeia (UE) encontram-se envelhecidos ou obsoletos, como é possível verificar no quadro abaixo (Quadro 6):

Quadro nº6 – Cronograma de substituições prováveis de CC Europeus

	Obsoletos / Requer substituições	Substituição provávelmente necessária nos próximos 20 anos	Substituição provávelmente necessária após 2035/2040
Número de Viaturas em serviço e armazenadas	305	2570	2481
Família de viaturas	T-55; TR-580	M48; M60; M-84; AMX30; Leopard 1; T-72; PT-91; Twardy	Leopard 2; Leclerc; Ariete; Challenger 2; T-80
Operadores	Letónia; Roménia	Bulgária; Croácia; Chipre; República Checa; Grécia; Hungria; Macedónia; Polónia; Roménia; Sérvia; Eslováquia; Espanha	Áustria; Chipre; Dinamarca; Finlândia; França; Alemanha; Grécia; Itália; Noruega; Polónia; Portugal; Espanha; Suécia; Suíça; Reino Unido

Fonte: Michel (2018)

Devido a este facto, em anos recentes, têm vindo a ser realizadas tentativas de modernização destas plataformas e de substituição de capacidades próximas do fim da sua vida operacional, o que representa uma oportunidade para uma colaboração potencial futura para melhorar as capacidades dos CC dos países membros da UE.

Desta forma, no campo do combate colaborativo, pretende-se fazer face aos desafios de um ambiente com atividades de alta intensidade, característico do campo de batalha futuro, em múltiplos domínios. De facto, este ambiente é reconhecido como hostil, diversificado, a sofrer mudanças constantes e complexo, o que requer perceção situacional expandida e colaboração e interação entre diferentes plataformas, com diferentes sensores no domínio terrestre, (integrados em plataformas tripuladas, veículos não tripulados, soldados apeados, entre outros) e em outros domínios (ar, espaço e ciberespaço) (EDF, 2023).

4.2. Main Ground Combat System

Em 2018, a França e a Alemanha desenvolveram conjuntamente um sucessor dos seus respetivos CC, o *Leclerc* e o *Leopard 2*. O MGCS representa uma plataforma que integra tecnologia de próxima geração, sendo que o seu sistema de armas irá constituir um avanço significativo em capacidades ofensivas e defensivas (Dean, 2023).

O MGCS não vai ser apenas um veículo, mas sim um sistema constituído por vários subsistemas em torno de um veículo de combate pesado e tripulado. Desta forma, esta plataforma vai ser parte de uma equipa que inclui veículos terrestres não tripulados e tripulados, e veículos aéreos não tripulados. Assim, o MGCS vai executar a função de um centro de comando para todos os sistemas periféricos, tanto aéreos como terrestres. Estas plataformas periféricas a cooperar entre si e com a viatura central são essenciais para garantir a letalidade e sobrevivência da equipa (Dean, 2023).

A digitalização, aplicação de IA, automatização e criação de redes táticas seguras são essenciais no desenvolvimento deste projeto (Dean, 2023). Vários sensores serão empregues na recolha de informação no campo de batalha, aplicados tanto no CC, como também nas plataformas periféricas, permitindo assim uma leitura da situação em tempo real. A IA e realidade aumentada são necessárias na redução das tarefas da guarnição, permitindo que o seu foco seja nas tarefas primárias e na minimização do tempo de reação no campo de batalha. A fusão de sensores, que transcende o CC principal, será crítica para estabelecer dominância tática do campo de batalha, uma vez que cada equipa MGCS, para além de ter a ligação aos sistemas que a integram, tem também acesso a outros sensores do terreno através de uma *cloud*. Este facto vai permitir o acesso a inúmeros sensores distribuídos, de forma a criar uma perceção situacional alta e obter dados para aquisição de alvos (Dean, 2023).

CAPÍTULO 5 – AS POSSIBILIDADES DE INTEGRAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO EMPREGO TÁTICO DOS CARROS DE COMBATE

5.1. Recolha e processamento de dados por parte de um sistema de Inteligência Artificial integrado em Carros de Combate

De forma a executar uma determinada tarefa com sucesso e auxiliar o ser humano no campo de batalha, o sistema de IA inserido no CC necessita de autonomamente inserir-se num ciclo de processamento de informação que se separa nas seguintes etapas: perceção, cognição e ação. O sistema recolhe informação do ambiente em que se insere através de diversos sensores, processa a informação recolhida através de algoritmos de otimização e verificação, gerando uma modalidade de ação, semelhante ao processo de raciocínio do ser humano (Cummings, 2017).

Desta forma, o sistema tem de possuir a capacidade de fundir dados, traduzindo-se no seu processamento e conhecimento de múltiplas fontes, de forma a obter uma descrição e compreensão mais precisas e confiáveis do campo de batalha. Com o desenvolvimento de cada vez mais tipos de biossensores, sensores químicos e sensores remotos integrados em satélites, um maior número de dados encontra-se disponível, induzindo a necessidade de combinar os dados recolhidos de diferentes fontes de maneira a extrair informação útil (Dong, Zhuang, Huang & Fu, 2009). Esta fusão de dados consegue descrever diferentes aspetos de um alvo ou evento corretamente e fornece uma profunda e completa informação ambiental através de raciocínio (Wang, Liu, Lin, Chen & Yang, 2020). É ainda uma forma eficaz para utilização otimizada de grandes conjuntos de dados provenientes de fontes múltiplas.

A fusão de dados multisensor procura combinar informação de diversos sensores e fontes de forma a realizar inferências que não são possíveis através de apenas um sensor ou fonte. O facto de apresentarem diferentes características físicas aumenta a compreensão do ambiente em que o sistema se insere e fornece a base para o planeamento, tomada de decisão e controlo de máquinas inteligentes e autónomas (Dong et al., 2009).

O resultado da fusão é a criação de uma base de apoio à decisão no comando e controlo (C2) , análise da situação do campo de batalha, apoio e assistência na tomada de

decisão militar, avaliação de decisões, avaliação de desempenho de sistemas, entre outros (Zhou, Hong & Jin, 2019).

Relativamente à percepção da situação, esta traduz-se na consciência e compreensão de elementos do ambiente na profundidade de espaço e tempo, na compreensão das intenções de outros agentes e na inferência da tendência que se está a desenvolver (Wang et al., 2020).

Com o desenvolvimento das tecnologias de informação, o modo tradicional da guerra mudou de combate singular para combate conjunto integrado, ou seja, a unificação e coordenação de todas as unidades de combate. Devido às características do combate conjunto, como um campo de batalha em múltiplos domínios, forças de combate múltiplas e um comando unificado de toda a operação, os comandantes têm a necessidade de ter controlo em tempo real do campo de batalha. A capacidade de adquirir conhecimento da situação do campo de batalha depende de uma grande variedade de sistemas de percepção. O processamento da informação fundida é vital para formar conhecimento da situação e compreensão que reflete a situação corrente. Desta forma, é possível afirmar que todo o processo operacional está dependente da qualidade da percepção da situação (Wang et al., 2020).

5.2. Treino de sistemas de Inteligência Artificial integrados em Carros de Combate

Os sistemas de IA necessitam de ser treinados num determinado contexto de forma a recolherem dados de treino e serem considerados eficazes em diversas situações. Desta forma, é possível destacar duas formas de treinar estes sistemas: através de simulação e através de recolha de dados em ambientes reais.

Na recolha de dados de treino através da simulação, este pode ser considerado um método de tentativa erro e de aprendizagem por reforço, sendo possível destacar o reforço positivo e o reforço negativo. Desta forma, o simulador dá um *feedback* ao sistema de IA, atribuindo uma recompensa ou uma penalização. Aqui o entrevistado Luís Sarmento realiza uma comparação direta com o jogo de xadrez e o “AlphaGo”. O computador joga inúmeras vezes, começando por mexer peças à sorte e perdendo, até que, após experimentar diversas possibilidades, começa a jogar bem e a ganhar, passando assim a procurar ter cada vez melhor pontuação, dando origem a sistemas sofisticados e treinados.

Desta forma, o AlphaGo ajudou muitos jogadores a aprender novas estratégias que ainda não tinham sido previamente consideradas, o que reforça o conceito de que a IA não

deve substituir o ser humano mas sim ajudar na aprendizagem de novas formas de resolver um problema (Fawkes, 2017).

A empresa OpenAI desenvolveu um sistema de IA em 2017 que derrotou jogadores profissionais no jogo Dota 2, a nível tático. Este estudo pode ser relacionado com sistemas militares de C2, tendo o potencial de melhorar os sistemas de apoio à decisão militares ou automatizar algumas atividades humanas atuais. Estas simulações estão a ser exploradas de forma a treinar sistemas robóticos inteligentes, onde os sistemas de IA aprendem sozinhos através da execução de determinadas tarefas e interação com o simulador. A Nvidia criou um simulador utilizando tecnologia de processamento de gráficos e o Unreal Engine 4 com a finalidade de gerar um ambiente virtual realista, onde estes sistemas inteligentes, através de métodos de tentativa e erro, conseguem executar tarefas e interagir com o ambiente simulado, devido à repetição de determinados processos. Esta repetição permite uma aprendizagem mais rápida por parte de sistemas de ML, onde o teste destes modelos é seguro e abrange um maior leque de situações uma vez que é possível manipular o ambiente virtual (Fawkes, 2017).

No caso de sistemas de IA integrados em CC, estes comportam-se da mesma forma, aprendendo dentro de um ambiente virtual com condições dinâmicas e realistas. Desta forma, existe potencial para explorar esta área através da utilização de simulações e jogos para treinar e testar sistemas de IA e seres humanos (Fawkes, 2017).

Estes métodos de aprendizagem de reforço dão origem a novas táticas em ambientes simulados, gerando modalidades de ação novas e mais eficazes do que em casos anteriores. Desta forma, a IA está a melhorar simulações do campo de batalha e jogos de guerra envolvendo interações entre os vários atores. A IA permite que sejam adicionadas ou modificadas variáveis do jogo para explorar como condições dinâmicas (armas, efeitos, forças aliadas, intervenções, entre outros) conseguem afetar o resultado deste tipo de jogos. Estes jogos são uma fonte de aprendizagem para os sistemas de IA, ajudando-os a gerar diversas modalidades de ação, cada vez mais eficazes, que diminuem a surpresa estratégica por parte do inimigo e garantem estabilidade ao longo de um conflito (Davis, 2019).

Outro método de treino incide na aquisição de dados de treino em ambiente real. Relativamente ao treino de sistemas de IA através de simulação, este tem um custo acrescido uma vez que é necessário ter acesso aos dados em tempo real acerca da posição e estado de cada CC e registo de tudo o que está a acontecer em cada momento. Estes dados podem ser utilizados para treinar o sistema para fazer uma determinada tarefa ou evitar fazê-la, dependendo do resultado. O entrevistado Luís Sarmento considera que não é realista, uma

vez que o custo tecnológico é muito grande, não havendo hipótese para falha, o que não se verifica nas simulações, visto que permite inúmeras repetições. Desta forma, não se deve treinar o sistema de IA num campo de batalha real, porém este pode ser utilizado para refinar o modelo de ML com dados reais. Neste caso, seria necessária a aquisição de um simulador sofisticado, com a capacidade de reproduzir as condições físicas e táticas do terreno, facilitando o armazenamento permanente de todos os dados recolhidos durante a execução de vários jogos.

Este, complementa que outra das grandes dificuldades em treinar os sistemas de IA em ambiente real, consiste na dificuldade em adquirir toda a informação do campo de batalha, enquanto num simulador é possível obter acesso total. No entanto, estes dados simulados nem sempre correspondem à realidade, havendo assim a necessidade de treinar um sistema de IA num simulador realista, de forma a que os dados se aproximem da realidade, refinando posteriormente o modelo de ML num ambiente real.

5.3. Cooperação e Transmissão de dados entre Carros de Combate

Atualmente, têm surgido diversos estudos referentes a máquinas autónomas cooperativas. O objetivo final da autonomia colaborativa é o desenvolvimento de *software* e *hardware* que permitem que um grupo de agentes colaborativamente recolham dados, identifiquem e interpretem o que os sensores detetam, formulem decisões acerca da forma como devem responder e implementem estas decisões. Para além disto, este sistema tem de ter a capacidade de decidir e agir em tempo real para ser útil para seres humanos (Beer, 2018).

Assim, a autonomia colaborativa é essencial para a evolução do emprego tático dos CC, uma vez que a coordenação em massa e velocidade provenientes da integração da IA permitem que os militares utilizem grandes números de meios no campo de batalha, utilizando apenas um pequeno grupo de controladores humanos (Beer, 2018). O comportamento cooperativo permite tempos de reação menores, de forma a que um determinado número de CC consiga responder a eventos em mudança mais rapidamente do que uma pessoa a controlar cada viatura.

Para além disso, é necessário referir que existem cada vez mais sensores no campo de batalha. Devido a este facto, é aumentada consideravelmente a procura de transmissão de dados segura, rápida e eficaz.

Em operações militares, que requerem coordenação entre várias plataformas e forças diferentes, estas interligações são cruciais. Este fator está a ser considerado pelo EDF, que revela que um dos focos da cooperação europeia deve incidir no campo da interconexão e interoperabilidade de sensores. A interconexão de múltiplos sensores pode melhorar significativamente a qualidade da informação adquirida, permitindo assim um desempenho melhor de deteção e cobertura para a sensorização.

Neste âmbito, o CEO da *Inductiva Software Labs* salienta as redes *Ad Hoc* que permitem a cooperação e interação entre cada plataforma do campo de batalha. Estas redes *Ad Hoc*, servem como uma rede de comunicação dinâmica que permite que sejam estabelecidas e mantidas conexões sem estarem assentes numa infraestrutura pré-existente ou controlo centralizado. O entrevistado refere que estas redes não têm postos de transmissão fixos, ou seja, considerando um campo de batalha em que cada elemento tem sensores acoplados, cada soldado transmite dados para o soldado que se encontra na periferia e, sempre que se movem, a rede é transportada com eles. Desta forma, os dados estão a ser recolhidos de múltiplas fontes, no entanto não são transmitidos para um ponto central. Por fim, este acrescenta que cada elemento do campo de batalha constitui um ponto de transmissão de curto alcance, o que previne a intercetação inimiga do sinal.

De facto, as redes *Ad Hoc* oferecem inúmeros benefícios para garantir a coordenação no campo de batalha. A rede *Ad Hoc* é uma associação transitória autónoma de nós móveis que comunicam entre si através de ligações sem fios. Nós que se encontram dentro do alcance de outros nós, comunicam diretamente, enquanto, de forma a ser possível a comunicação entre nós que se encontram fora do alcance, nós intermediários funcionam como pontos de ligação para retransmitir informação gerada por outros nós (Hoebeke, Moerman, Dhoedt & Demeester, 2004). Devido a estas características, são evidentes os benefícios que estas redes apresentam na cooperação entre diferentes plataformas do campo de batalha. Tal é possível ser comprovado com a existências das *Tactical Networks*, que estão inseridas em comunicações e operações militares e permitem um campo de batalha conectado e automatizado.

Neste âmbito, as redes de dados cognitivas associadas às *Tactical Networks* incorporam capacidades cognitivas nos nós da rede, de forma a ter perceção do ambiente, raciocinar com base nos recursos disponíveis e tomar decisões inteligentes para otimizar a comunicação entre plataformas, ou seja autonomamente detetam onde o fluxo é necessário naquele momento.

5.4. Integração de Inteligência Artificial em sistemas do Carros de Combate

A IA apresenta diversas aplicações, quando integrada em CC, realçando as suas capacidades e melhorando o seu desempenho no campo de batalha. Neste sentido, o estudo e desenvolvimento neste âmbito são necessários para promover o progresso desta tecnologia emergente em CC, abrangendo um crescente número de sistemas.

5.4.1. *Intelligent Decision Support System (IDSS)*

Dentro das possíveis aplicações de IA em CC, é importante destacar o *Decision Support System (DSS)* ou sistema de apoio à decisão, que utiliza diversos modelos quantitativos para auxiliar em problemas de decisões semiestruturadas e não estruturadas, integrando a participação de um agente que efetua a tomada de decisão (Wang et al., 2020).

O DSS inteligente (IDSS) é uma combinação de IA e tecnologia de DSS que apoia a tomada de decisão através da coleta e análise de dados, deteção de padrões, formulação de hipóteses, sugestão de possíveis modalidades de ação e avaliação da adequação da modalidade de ação proposta. O IDSS adiciona um mecanismo de inferência e base de conhecimento sobre um determinado domínio ao DSS, o que permite que o sistema proponha decisões ou diagnósticos (Van Den Bosch & Bronkhorst, 2018).

É ainda importante referir que no processo de tomada de decisão, muito do conhecimento não consegue ser representado por dados ou modelos, logo não existe uma forma fixa de aplicar perícia ou experiência histórica. A base de conhecimento de um IDSS consegue armazenar este conhecimento e fornecer uma referência importante e bases para a tomada de decisão (Wang et al., 2020).

Neste quadro, Guerlain, Brown e Mastrangelo (2000, citado em Van Den Bosch & Bronkhorst, 2018) definem que um IDSS deve ter os seguintes atributos:

- Interação: o sistema trabalha com o utilizador humano para explorar várias possibilidades, em vez de apenas fornecer uma solução ótima;
- Deteção de Eventos e Mudanças: o sistema reconhece e comunica mudanças e eventos importantes;
- Representação auxiliar: o sistema representa e comunica informação de uma forma informativa e convincente, focada no ser humano;
- Deteção de erros e recuperação: o sistema verifica erros de raciocínio cometidos pelo ser humano, como o preconceito. Este também verifica

situações para as quais não tem total capacidade de auxiliar, visto que tem conhecimento das suas próprias limitações;

- Geração de informação a partir de dados: o sistema utiliza algoritmos inteligentes para inferir e gerar informação proveniente de dados disponíveis;
- Capacidades preditivas: o sistema consegue prever o efeito de determinadas ações em futuro desempenho.

Tome-se como exemplo a aplicação da IA no planeamento de um itinerário, no sentido de evitar ameaças ou obstáculos. Assim, e de acordo com sugestões de um IDSS tático, vários pontos de referência são fornecidos de forma a cumprir uma tarefa com o fim de auxiliar comandantes na escolha do itinerário mais apropriado para a missão em causa. No entanto, ameaças e obstáculos emergentes requerem a capacidade de resposta rápida e razoável. Posto isto, é necessário que o planeamento de itinerário seja célere e adequado de forma a cumprir os objetivos, através de um itinerário otimizado. Esta ainda é uma área em estudo, uma vez que os métodos presentes de planeamento de itinerário encontram-se perante o desafio de grandes conjuntos de dados e velocidade de convergência de informação lenta (Wang et al., 2020).

Para este efeito, é necessária a implementação de uma interface de forma a ser possível a comunicação entre o sistema de IA e o operador humano. No processo de interação, o operador pode receber auxílio e orientação constantes ao longo da operação. Através da implementação deste sistema e do processamento de linguagem natural, o ser humano consegue compreender a informação fornecida pelo sistema, tornando-o num assistente do operador. O objetivo deste sistema é assim fornecer a informação adequada tendo em conta o contexto espacial e temporal. Deste modo, uma importante consideração na implementação desta interface, incide na forma como a informação é exibida, para que forneça ao comandante o máximo de informação possível dentro de um espaço limitado (Wang et al., 2020).

5.4.2. Sistema de Reconhecimento e Aquisição Autónoma de Alvos

De acordo com o Tenente-Coronel Fazenda, também estão a ser exploradas algumas tecnologias no âmbito da avaliação e priorização de ameaças. Esta tarefa é realizada por membros da guarnição, ou seja, a ameaça é catalogada e a prioridade de destruição de alvos é determinada, de forma a fornecer informação ao apontador sobre a ameaça que deve ser neutralizada primeiro. Neste contexto, as vantagens da IA inseridas neste processo são

evidentes, uma vez que, para além de retirarem a possibilidade de falha humana na deteção de ameaça, introduzem uma tomada de decisão mais célere e eficiente.

Neste sentido, um sistema inteligente de reconhecimento autónomo de alvos refere-se à utilização de processamento de dados recolhidos de diversas fontes para detetar e identificar alvos automaticamente. Este sistema utiliza técnicas de ML e visão computacional para identificar alvos inimigos com base em dados de treino e exemplos fornecidos, comparando-os a dados recolhidos de diversos sensores. Desta maneira, o *output* deste sistema iria incluir uma lista de alvos possíveis, por ordem de relevância tática, bem como a sua localização, orientação e características (Verly, Delanoy & Dudgeon, 1989).

Assim, este sistema, ligado ao controlo de tiro automático do CC, limitado pelas regras de empenhamento, não necessita de ação humana na resposta a ameaças. Desta forma, no caso hipotético de um CC autónomo ou controlado remotamente, não existe dependência da comunicação com o posto de comando, não sendo assim necessária a transmissão de informação para um processador central.

Neste âmbito, o Exército dos EUA desenvolveu uma solução denominada *Advanced Targeting and Lethality Aided System* (ATLAS). O ATLAS tem um sensor ótico montado no topo do CC que, quando ativado, adquire dados do campo de batalha, fornecendo esses dados a um algoritmo de ML que automaticamente deteta ameaças (Strout, 2020).

Estas imagens são enviadas para um ecrã tátil, que constitui uma interface gráfica para o sistema de controlo de tiro do CC. De acordo com Strout (2020), o ATLAS tem a capacidade de efetuar as seguintes tarefas:

- Detetar ameaças autonomamente;
- Recomendar a melhor resposta a um operador humano.

Desta forma, o ATLAS não tem a capacidade de destruir uma ameaça autonomamente, tendo sempre a necessidade de autorização por parte de um ser humano. No entanto, é eficaz a detetar a ameaça, priorizar potenciais alvos e apontar o sistema de armas a que está acoplado ao alvo. Como todos os outros sistemas de IA, o ATLAS torna-se cada vez melhor nestas tarefas à medida que vai sendo treinado; no entanto, o ser humano tem que determinar se há intenção hostil, de forma a decidir sobre o uso de meios letais (Freedberg Jr., 2019).

Contudo, este modelo idealizado falha quando são necessárias ações mais rapidamente que a reação humana ou quando são negadas comunicações entre o operador e a máquina. Estas equipas híbridas geralmente tomam melhores decisões, mas não são consideradas um modelo ótimo quando existe um tempo reduzido para tomar uma decisão.

Neste caso, o ser humano não adiciona nenhum valor face ao sistema de IA isolado, podendo mesmo ser prejudicial devido à introdução de erros. Posto isto, autonomia supervisionada por um ser humano é necessária quando a velocidade da ação é demasiado rápida para se ter que aguardar pela decisão humana. Neste caso, é necessária autonomia total, ou seja, sistemas de armas totalmente autónomos procuram, selecionam e atacam um alvo por si próprios (Scharre, 2018). No entanto, apesar de serem úteis, é difícil encontrar uma aplicação justificada para armas completamente autónomas, com a exceção de medidas reativas ou de autodefesa imediata.

Numa situação ideal, um CC procura os alvos, transmite as coordenadas e imagens a um controlador humano de forma a adquirir aprovação e, após isso, ataca os alvos autorizados pelo humano.

Devido ao que foi anteriormente mencionado, é possível afirmar que as máquinas não são tão eficazes como um ser humano a entender o contexto das suas ações. Assim, a solução ótima seria uma que integrasse as vantagens de cada um dos elementos. Sistemas cognitivos híbridos de cooperação entre humano e máquina conseguem elevar a precisão e a confiança na automatização sem sacrificar a robustez e flexibilidade da inteligência humana (Scharre, 2018).

5.4.3. Navegação Autónoma

Já existem hoje diversas investigações no âmbito de navegação autónoma. Os sistemas autónomos que interagem num ambiente dinâmico constroem um modelo virtual do terreno, que se vai atualizando de acordo com a informação captada por múltiplos sensores, como o LIDAR (*Light Detection and Ranging*), radares tradicionais e visão computacional (Cummings, 2017).

No entanto, o modelo virtual do terreno para um CC autónomo será difícil de gerar, o que reflete toda a complexidade do ambiente operacional. O sistema tem de conseguir detetar a dinâmica de todos os veículos e obstáculos próximos, calcular possíveis pontos de interseção e estimar o comportamento dos elementos do campo de batalha de forma a gerar uma decisão apropriada sobre a modalidade de ação. Apesar de simular uma tarefa que necessita de pouco esforço cognitivo por parte de um condutor humano, é necessária uma grande capacidade de processamento para que um computador consiga acompanhar todas as variáveis, enquanto mantém e atualiza o modelo do mundo real.

Devido a este problema, de forma a manter tempos de execução aceitáveis, um veículo autónomo vai gerar hipóteses com base em distribuições probabilísticas. Assim, o CC executa uma suposição de qual dos itinerários ou ações são os mais adequados, tendo em conta um intervalo de confiança. As melhores condições de operação para sistemas autónomos são os que promovem um modelo do terreno de alta fidelidade, com pouca incerteza ambiental (Cummings, 2017).

5.4.4. Gestão de Sistemas do Carro de Combate

Por fim, a IA tem um papel fundamental na gestão de sistemas dentro do CC. O *software* está envolvido no controlo do comportamento de componentes eletromecânicos e na monitorização das suas interações. Desta forma, a IA inserida nestes sistemas envolve correspondência de padrões, tomada de decisão, prognósticos e análise preditiva, deteção de falhas, entre outros (Laplante, Milojicic, Serebryakov & Bennett, 2020).

O objetivo final da IA no diagnóstico e manutenção preditiva é a combinação da análise em tempo real com comunicações robustas dentro da estrutura da rede dentro do CC, de maneira a manter uma adaptação constante a circunstâncias em mudança. Em sistemas inseridos no CC, interações internas e externas, tempo e erros de processamento podem levar o *software* para um estado inseguro ou gerar uma falha do sistema. Nestes casos a IA pode ter um contributo decisivo para evitar ou recuperar destes estados de insegurança (Laplante et al., 2020).

Para além disso, a IA também pode ser empregue na deteção de causas frequentes de falhas, ou seja, problemas na interação entre componentes e subsistemas que integram o CC. Estas interações são propensas a erros de conceção, especialmente quando existe a introdução de novos produtos. Nos sistemas em questão, diagnóstico avançado e prognóstico com integração de IA, podem ser empregues no isolamento da origem do erro e na antecipação de falhas em componentes, permitindo a sua reparação ou substituição antes da ocorrência de um incidente (Laplante et al., 2020). Posto isto, a IA integrada na gestão de sistemas do CC utiliza técnicas de ML para monitorizar o desempenho de sistemas do CC e alertar os operadores sobre possíveis falhas ou problemas, mesmo antes de eles acontecerem. Estes sistemas permitem que o CC mantenha a total disponibilidade e eficiência dos seus componentes eletromecânicos em situações de combate.

5.5. Medidas de defesa dos Carros de Combate face à ameaça dos *drones*

Como é possível verificar no conflito atual entre a Rússia e a Ucrânia, os *drones* têm emergido como uma das maiores ameaças para os CC nas operações militares modernas. Devido aos seus avanços tecnológicos significativos, estes sistemas aéreos não tripulados são dotados de variadas capacidades que parecem desafiar a supremacia dos CC no campo de batalha. Face a estas ameaças emergentes, estão a ser desenvolvidas soluções para mitigar os perigos representados por estes *drones*.

Ainda no sentido de justificar a relevância deste tema, é importante referir o conflito do *Nagorno-Karabakh*, entre o Azerbaijão e a Arménia, em que o Exército do Azerbaijão utilizou enxames de *drones* contra formações blindadas e mecanizadas da Arménia. O que se verificou foi que as viaturas blindadas do Azerbaijão não tiveram capacidade de fazer face a esta ameaça, o que resultou num grande número de perdas de CC e outras viaturas (Grupo de Carros de Combate [GCC], 2021) (Quadro 7):

Quadro nº7: Perdas da Arménia devido a *drones*

Sistema	Número
MBT (T-90/T-80/T-72)	157
MICV	35
IFV	27
Howitzer	35
Tank Howitzer	67
MLRS	58
SAM System	20
Radar System	10

Fonte: GCC (2021)

Neste sentido, impõe-se compreender o modo de funcionamento dos referidos *drones*. Segundo o entrevistado Luís Sarmiento, estes sistemas inteligentes foram treinados para reconhecer um tipo de objetos específico, ou seja, conseguem reconhecer eficazmente a forma de um objeto bem definido. Assim, o entrevistado afirma que a forma mais fácil de defender destes sistemas é o disfarce, ou seja usar camuflagem para tornar o CC “invisível” para os sistemas de visão dos *drones*. Segundo o Major Carqueijo, têm existido tentativas

para dissimular os CC, mas quase sempre sem sucesso. Alternativamente, estão a decorrer investigações no âmbito da utilização dos *Remote Weapon Systems* (RWS), de forma a abater o *drone* com munições *air burst*.

No âmbito do grupo *Leopard Benutzer* (LEOBEN), o Tenente-Coronel Costa refere que, numa reunião do subgrupo *Combat Development Working Group*, foram apresentadas diversas soluções por várias empresas:

- Outro *drone* é empenhado, sobrevoa o *drone* inimigo e solta uma rede que o faz cair;
- Empastelamento do sinal que controla o *drone* inimigo;
- Utilização de sistemas ativos de proteção da parte superior do CC, como por exemplo o sistema israelita TROPHY;
- Utilização de sistemas ERA (*Explosive Reactive Armour*);
- Aperfeiçoamento da camuflagem/dissuasão com a utilização da tecnologia BARRACUDA da empresa SAAB.

No seguimento das medidas de defesa dos CC dos *drones*, é relevante considerar métodos que integrem o uso de IA. Devido a todas as suas capacidades, já estudadas anteriormente, a IA tem a capacidade de evitar que o CC seja destruído pelo *drone*. Este fator é possível ser verificado devido à sua capacidade de ter uma completa perceção da situação através da fusão da dados de vários sensores. Assim, enquanto que esta tarefa compreende alguma dificuldade para membros da guarnição, visto que têm um campo de visão limitado, o CC que se auxilie de sistemas de IA, tem a capacidade de identificar e detetar um grande número de ameaças. Após a ameaça ser detetada, este determina a melhor forma de se defender do ataque do *drone*.

5.6. Obstáculos à Integração de Inteligência Artificial em Carros de Combate

A IA tem múltiplas aplicações nos sistemas de CC, aumentando muitas das suas capacidades. No entanto, é necessária a evolução destas tecnologias inteligentes de forma a garantir que estes sistemas são integrados em CC de forma segura e confiável.

Os sistemas de IA são vulneráveis a entradas de dados com falhas, o que pode gerar consequências não intencionais. Assim, é possível afirmar que um dos maiores obstáculos para a confiança total nos sistemas de IA incide na fiabilidade dos dados (Davis, 2019). A IA utiliza uma grande quantidade de recursos complexos e invisíveis para aprender e gerar novos resultados. Se os dados de teste e de treino forem tendenciosos ou incorretos, a

precisão será prejudicada em vez de ser reforçada (Sanders & Saxe, 2017). Mesmo quando os dados são fiáveis, estes sistemas podem inferir que um objeto se encontra numa imagem, quando na verdade não existe. Isto deve-se a um problema interno do sistema, como uma má aprendizagem de um contexto visual ou *overfitting*¹² (Rohrbach, Hendricks, Burns, Darrell & Saenko, 2019).

A manipulação adversária de dados oferece também muitas oportunidades para erros. Devido à IA ser facilmente enganada, esta convida a esforços para combater os benefícios militares, através da corrupção de dados. Desta forma, é possível causar falhas de equipamento, falta de comunicação, confusão e erros em sistemas dependentes de IA. O problema de falta de compreensão do método utilizado por sistemas de IA para tomarem decisões também torna difícil reconhecer se dados foram comprometidos com o objetivo de produzir resultados imprecisos (Davis, 2019).

Outro desafio incide na imprevisibilidade da IA. É incerta a forma como plataformas que integram IA podem interagir tanto com outros sistemas de IA como com outras tecnologias amigas e desconhecidas, uma vez que vários sistemas operam dentro de um campo de batalha partilhado, o que pode resultar em convergências inesperadas. Desta forma, e devido à opacidade e complexidade destas tecnologias, interações entre dois sistemas individuais de IA podem produzir resultados inesperados e inexplicáveis (Davis, 2019). Em resposta a este problema, a DARPA¹³ (*Defense Advanced Research Projects Agency*) desenvolveu o programa *Explainable AI* (XAI), que tem como objetivo a criação de máquinas inteligentes que têm um bom desempenho e explicam aos seres humanos como chegaram às decisões (Layton, 2018).

Segundo o Tenente-Coronel Costa, considerando que a IA será integrada no apoio e/ou tomada de decisão, um dos obstáculos mais relevantes deverá ser de cariz ético, mais particularmente no emprego de meios letais. Este também salienta que por muito que sejam desenvolvidos estes sistemas, é difícil discernir até quando o equipamento pode decidir por si e a partir de que momento é necessária a intervenção humana.

Desta forma, esta nova onda de capacidades tecnológicas levanta sérias questões quanto à legitimidade moral e legal destes sistemas, uma vez que é incerto se tecnologias

¹² O modelo de IA não consegue generalizar, aproximando-se demasiado dos dados de treino.

¹³ Agência do Departamento de Defesa dos EUA, com o objetivo de realizar investimentos em tecnologias emergentes para a segurança nacional, integrando parceiros académicos, corporativos e governamentais.

autónomas são tecnicamente capazes de se conformarem com o Direito Internacional Humanitário (DIH). Também são levantadas questões quanto à sua capacidade de distinguir entre alvos civis e militares, quem é responsável por erros fatais cometidos por IA e como se consegue criar um sistema de IA capaz de tomar decisões éticas e de raciocinar em vez de instantaneamente neutralizar um alvo (Clancy, 2018).

O sucesso do desempenho de sistemas de IA depende do ajuste de dados e otimização de parâmetros em grandes amostras de dados, o que requer amostras de alta qualidade. De momento, existem diversas dificuldades no que concerne às fontes de aprendizagem através de amostras, no âmbito da formulação de táticas e planos. O número de amostras de ML, fornecidas por dados recolhidos de conflitos passados, ainda é insuficiente para o desempenho satisfatório de sistemas de IA numa situação de confronto. Devido à informação imprecisa e insuficiente de adversários potenciais, é impossível obter dados de conflitos reais. Para além do que foi referido, os dados obtidos de exercícios de treino estão limitados pela confidencialidade e custos, e existem diferenças significativas entre exercícios e vida real em termos de intensidade, flexibilidade e equipamento (Wang et al., 2020).

Para além do que foi referido anteriormente e segundo o entrevistado Luís Sarmento, o *hardware* de sistemas de IA é bastante frágil, não sendo adequado para os ambientes hostis em que o CC se pode inserir. Desta forma, é necessário que sejam criados mecanismos de estabilidade e proteção para garantir a integridade dos componentes mecânicos destes sistemas inteligentes. Para além deste fator, também é relevante salientar que a temperatura a que o CC é submetido também não é adequado a sistemas desta sensibilidade. Assim, há a necessidade de utilizar sistemas de refrigeração para fazer face a este obstáculo.

Por fim, os sistemas de IA ainda apresentam limitações técnicas em termos de capacidade de processamento de dados e consumo de energia. Os CC têm limitações em termos de espaço e peso, o que pode restringir a capacidade de implementar sistemas de IA mais complexos. Desta forma, é necessário que se diminua o tamanho dos componentes eletrónicos, enquanto a eficiência energética aumenta, o que permite que sistemas de IA sejam implementados em CC sem afetar significativamente o peso e o consumo de energia (Wang et al., 2020).

5.7. A Integração de Inteligência Artificial nos Carros de Combate do Exército Português

Segundo o Tenente-Coronel Fazenda, existe, em termos de orçamentação e priorização do Exército, no âmbito da IA, uma investigação lateral, dedicada ao módulo de perceção, de forma a que o apoio à decisão e a compreensão situacional seja muito mais eficaz, embora com base artificial, e que a tomada da decisão seja mais corretamente apoiada.

Este também refere que existe uma procura por parte do Exército Português em adquirir estas tecnologias emergentes, o que pode ser comprovado pela adoção de sistemas de IA na gestão de recursos humanos no Exército. Em termos de investigação e desenvolvimento existem alguns motores, nomeadamente em termos do Plano de Investigação, Desenvolvimento e Inovação do Exército, que tem alguma dotação orçamental para acomodar iniciativas que ainda não têm uma exigência financeira muito grande, mas que permitem dar os primeiros passos no sentido da IA.

Em termos da Lei de Programação Militar, vão ser inscritas algumas verbas no âmbito da inovação, no entanto, esta está sobretudo orientada para capacidades já desenvolvidas ou em modelos aquisitivos. Ainda assim, a área de robotização está a ser explorada no sentido de desenvolver a condução autónoma.

O atrás descrito vai ao encontro do que foi referido pelo Tenente-Coronel Costa que afirma que, de acordo com uma reunião na Divisão de Planeamento de Forças do Estado-Maior do Exército, inserida no âmbito dos Veículos Terrestres não Tripulados, existe a intenção do Exército Português ser dotado com sistemas que integrem IA, nomeadamente na área do Apoio e/ou Tomada de Decisão e criação de veículos autónomos, realçando também a existência e desenvolvimento de projetos financiados pela Lei de Programação Militar inseridos na área destas tecnologias inteligentes.

Estes avanços, tanto da navegação autónoma, como da perceção situacional, estão diretamente ligados às possibilidades da integração da IA em CC, podendo assim ser aplicados no futuro. Embora o Exército não tenha recursos financeiros alocados especificamente para a integração da IA nos CC, estão a ser estabelecidas estruturas e investigações para permitir seguir esta abordagem.

Desta forma, o Tenente-Coronel Fazenda sublinha que no âmbito de integração de IA, não está previsto o desenvolvimento de novas tecnologias ou uma parceria com uma empresa ou indústria para gerar uma solução de modernização do Exército com base em

verbas da Lei de Programação Militar. Por outro lado, este acrescenta que existe um esforço para modernizar o Exército Português no âmbito da inovação. Neste sentido, este revela que o objetivo do Exército é posicionar-se como um agente de inovação, através do estabelecimento de parcerias no meio empresarial e académico, de forma a estar envolvido no desenvolvimento de soluções tecnológicas emergentes. Este fator permite que o Exército tenha influência operacional no rumo destas investigações, garantido assim benefícios para aquisições futuras, continuidade no conhecimento e participação no desenvolvimento tecnológico.

Assim, é importante a cooperação com empresas privadas de IA e com universidades, uma vez que têm um conhecimento abrangente das tecnologias existentes, com a capacidade académica de explorar tecnologias emergentes, para além da capacidade de mobilização dos meios necessários. No seguimento desta afirmação, é necessário salientar que estes são parceiros essenciais para que o Exército Português integre sistemas de IA no setor militar, de forma a que consiga acompanhar os avanços tecnológicos do mundo e esteja inserido nos desenvolvimentos tecnológicos atuais e futuros. Através do estabelecimento destas alianças, é possível a acumulação de experiência, no âmbito de sistemas inteligentes inseridos num contexto militar, e a promoção de desenvolvimento que integra a cooperação entre o setor militar e o civil, no campo da inteligência militar.

No âmbito da modernização dos atuais CC do Exército Português, o Gestor da Frota Leopard 2A6 considera que a integração da IA é improvável. Também destaca que as suas principais evoluções se inserem na digitalização dos seus sistemas, mais designadamente, no seu sistema de controlo de tiro, no qual se procura integrar novas tecnologias, mas nunca foram mencionadas alterações específicas no âmbito da IA. O entrevistado realça o exemplo da compra e aquisição dos novos CC Leopard 2 por parte da Dinamarca, Noruega e Alemanha. A Alemanha vai adquirir o novo modelo Leopard 2A8, que na realidade não constitui um desenvolvimento de um novo CC, mas apenas uma evolução de modelos anteriores do CC Leopard 2, com algumas melhorias de capacidades, sem no entanto abordar a integração de IA.

Assim, e após serem tiradas ilações quanto à possibilidade de implantação da IA nos CC do Exército Português, também é necessário referir os seus obstáculos. Segundo o Major Carqueijo, há que ter dois fatores em consideração: a disponibilidade tecnológica e a viabilidade económica. Neste sentido, este refere que a integração destas tecnologias inteligentes teria de ser considerada pela empresa *Krauss Maffei Wegmann* (KMW) e pela comunidade de utilizadores LEOBEN e só seria implementada no caso de haver dotação

financeira para o fazer. No mesmo sentido, o Tenente-Coronel Fazenda confirma que existe o obstáculo económico, no entanto estão a ser criadas cada vez mais estruturas orgânicas de forma a acomodar estas inovações no Exército Português.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nesta fase do estudo, são dadas respostas às questões enunciadas no início da investigação. Posteriormente, serão apontadas as limitações encontradas no presente trabalho e, por fim, vão ser elencadas recomendações consideradas essenciais no desenvolvimento de investigações futuras inseridas na área da IA.

O presente estudo intitulado “A Integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate” procura analisar o impacto da integração da IA nos CC. Para o cumprimento deste objetivo foi realizada a revisão de literatura necessária para a compreensão do conceito da IA, bem como das suas aplicações, sendo esta complementada com dados analisados de entrevistas a entidades relevantes para compreender de que forma se pode integrar um sistema de IA dentro de um CC. Posto isto, vão ser apresentadas as principais conclusões do presente trabalho de investigação. Para este efeito, serão apresentadas as respostas às questões inicialmente formuladas, de forma a cumprir o objetivo do presente estudo.

Em primeiro lugar, impõe-se responder à PD1 “Quais são os principais Projetos de Investigação e Desenvolvimento, que integram sistemas de Inteligência Artificial em Carros de Combate?”. Para tal, importa referir que os CC são fundamentais nos conflitos armados, uma vez que fornecem mobilidade, poder de fogo e proteção. De forma a incrementar a sua eficácia e realçar estas qualidades desejáveis, muitos países têm implementado programas de investigação e desenvolvimento de sistemas de IA integrados nos seus CC. Face às evoluções recentes, estes programas procuram aprimorar as capacidades dos CC, integrar novas tecnologias e garantir a relevância dos sistemas de armas, inseridos num campo de batalha em constante mudança. Assim, a IA está a desempenhar um papel cada vez mais vincado no âmbito destes programas de desenvolvimento, sempre numa perspetiva de auxiliar o ser humano no campo de batalha, não sendo o seu objetivo substituí-lo. Existem neste momento diversas investigações no âmbito da integração de IA em diversos sistemas, procurando a cooperação de plataformas no campo de batalha em múltiplos domínios. Neste âmbito, foram destacados os principais projetos de Investigação neste propósito. Dentro dos existentes, foi possível realçar o MGCS, que procura integrar IA para obter a interligação e cooperação de todos os sistemas disponíveis no campo de batalha, através da aplicação de sensores que permitem a partilha de dados entre eles. Esta tecnologia permite uma completa perceção da situação, bem como uma aquisição de alvos mais precisa. Relativamente a investigações financiadas pelo EDF, podemos destacar as equipas constituídas por

inteligência humana e IA no processo de planeamento e tomada de decisão. Desta forma, o orçamento do EDF vai ser em parte utilizado no desenvolvimento colaborativo de CC de próxima geração com integração de IA, de maneira a substituir plataformas obsoletas e no fim da sua vida operacional.

Após obtenção da resposta à primeira PD, surge a PD2 “Quais são as potenciais capacidades e obstáculos provenientes da integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate?”. A integração da IA apresenta potencial significativo na transformação dos CC atuais. Esta melhora a perceção da situação, através da fusão de informação proveniente de múltiplos sensores integrados em diversas plataformas, espalhadas por todos os domínios do campo de batalha. Os algoritmos de IA analisam e interpretam dados de sensores de diversas fontes, como radares e câmaras, com o objetivo de obter uma compreensão e interpretação completa do ambiente em que se inserem, o que permite tomadas de decisões rápidas e informadas. Desta forma, uma transmissão e partilha de dados eficiente entre diferentes plataformas e sensores garante uma compreensão situacional muito mais completa e detalhada. Esta partilha de dados, aliada a sistemas de IA, permite um campo de batalha caracterizado pela cooperação e interoperabilidade de várias plataformas e em múltiplos domínios, sendo que as guerras futuras vão ser garantidamente constituídas por vários sistemas a interagir entre si. Na área da transmissão de dados, a integração da IA também tem vantagens evidentes, na medida em que incorpora uma capacidade inteligente a uma rede de sistemas, tendo assim a possibilidade de detetar ameaças na rede, determinar onde o fluxo é necessário e tomar decisões inteligentes para garantir uma maior eficiência global.

Após a recolha, processamento e transmissão de dados, é também relevante salientar o treino de sistemas de IA, de forma a que os CC os possam integrar da forma mais eficaz e segura. Assim, é possível destacar dois métodos de recolha de dados de treino: através de simulação e em situações reais. As simulações são métodos seguros e economicamente viáveis para treinar os sistemas de IA, uma vez que é possível colocar o sistema inúmeras vezes em diferentes ambientes e manipular diferentes variáveis, de forma a que, quando inserido no CC, o sistema tenha conhecimento suficiente para responder com eficácia às mais variadas situações. No caso de treino em ambiente real, para além de não haver margem para erro, estes dados estão normalmente limitados a exercícios de treino, não constituindo uma verdadeira situação de um campo de batalha real. Desta forma, concluiu-se que a melhor forma de treinar estes sistemas caracteriza-se como sendo uma mistura da aquisição de dados de treino em simulação e, após isso, em ambiente real, de forma a refinar o modelo de IA.

O CC integra múltiplos sistemas que podem ser modernizados com a integração da IA. Este facto pode verificar-se em sistemas de deteção e identificação de ameaças, que faz uso de sensores e tecnologias de reconhecimento de imagem para permitir que o CC autonomamente tenha a capacidade de identificar e classificar alvos. Desta forma, é possível a automatização do processo de identificação, priorização, aquisição e neutralização de alvos, que apenas requer aprovação por parte do humano para destruir o alvo adquirido. A IA também pode ser usada na monitorização do estado e desempenho de todos os componentes eletrónicos do CC. Esta analisa dados de vários sensores e registos do sistema de maneira a identificar problemas de manutenção potenciais antes que se tornem críticos e, no caso de falha, definir a melhor forma de resolver o problema. A navegação autónoma também é outra capacidade a ser estudada, uma vez que garante a autonomia das plataformas do campo de batalha, bem como minimiza o risco para a vida humana. Relativamente aos sistemas de apoio à decisão inteligentes, a IA apoia todo o processo de tomada de decisão e planeamento da missão, melhorando assim a eficácia de operações de CC. Por outro lado, existem diversas limitações na integração da IA em CC. Os algoritmos de IA estão dependentes de grandes quantidades de dados de alta qualidade para treino e tomada de decisão. Neste momento, não existem dados suficientes ou relevantes, específicos de operações de CC, o que resulta em falta de eficácia da integração de IA nestes tipos de operações. Para além disto, o *hardware* destes sistemas ocupa espaço e apresenta falta de robustez. Assim, é necessário garantir que o CC tem a capacidade de manter a estabilização e integridade dos componentes eletrónicos, mesmo em ambientes adversos e de alta intensidade.

No seguimento do atual conflito da Rússia e da Ucrânia, tem-se verificado que os *drones* constituem uma ameaça poderosa para os CC. Desta forma, é necessário elencar as várias medidas propostas de proteção contra esta ameaça. A medida mais simples e talvez a mais eficaz reside na dissimulação do CC perante os sistemas de visão do *drone*, uma vez que os sistemas de IA são treinados para detetar uma determinada forma. No caso da alteração dessa forma, o sistema de IA não tem capacidade de detetar o CC. Outras medidas incluem meios externos ao CC, como o emprego de outro *drone* para abater a ameaça.

Relativamente à PD3 “Qual é o potencial de implementação de sistemas de Inteligência Artificial nos Carros de Combate do Exército Português?”, é possível averiguar que o Exército Português apoia diversas investigações no âmbito da IA, sendo que já existem algumas verbas associadas à robotização e navegação autónoma e, numa pesquisa muito lateral, inseridas no módulo da perceção. Apesar de o Exército Português não ter verba

alocada especificamente para aplicar a IA em CC, todas as investigações direcionadas para tecnologias inteligentes estão a criar caminhos para que tal seja possível. Assim, estão cada vez mais a ser criadas as estruturas para que estes tópicos de tecnologia emergentes sejam explorados e consequentemente integrados em diversas plataformas. Desta forma, existe um esforço para modernizar o Exército Português no âmbito da inovação e de sistemas de IA. O Exército procura posicionar-se dentro de projetos de inovação, sendo que estão a ser desenvolvidas parcerias tanto em âmbito empresarial como académico, num esforço de participar no desenvolvimento e implementação destas tecnologias emergentes. Apesar disto, também existem barreiras no que concerne à integração da IA nos atuais CC portugueses, como a priorização e o fator económico. Desta forma, é essencial que o Exército Português se consiga adaptar a um ambiente em constante mudança e evolução, marcado pelas oportunidades tecnológicas criadas pelo uso de IA, que moldam o futuro tanto das Organizações Militares como da forma de combater.

Em último lugar, e após obtidas respostas às PD, conseguimos perceber todo o processo que deu origem à resposta da PP da presente investigação: **“Qual é o impacto da integração de sistemas de Inteligência Artificial nos Carros de Combate?”**

Para ser possível a resposta a esta pergunta, é necessário antes voltar a referir que a IA tem a capacidade de executar tarefas tipicamente realizadas por um ser humano. Ou seja, um sistema de IA aprende, raciocina e pode tomar decisões de forma autónoma. Na sociedade já é possível comprovar o impacto proveniente desta tecnologia emergente em diversas áreas como a saúde, transporte e economia, sendo que tem o potencial de revolucionar a forma de viver, trabalhar e interagir. Inserida no meio militar, como se verifica no atual conflito entre a Ucrânia e a Rússia, esta está a redefinir a forma de combater, uma vez que oferece novas possibilidades e vantagens estratégicas. As suas potenciais aplicações abrangem todos os domínios, sendo que está principalmente a ser utilizada na análise de grandes volumes de dados, provenientes de diversas fontes e sensores e em sistemas autónomos. Com tudo o que foi referido anteriormente, é possível afirmar que a IA tem um papel essencial para a adaptação do CC às evoluções tecnológicas dos dias de hoje. O CC representa um elemento essencial para o campo de batalha devido ao seu poder de fogo, aliado à proteção e mobilidade. Naturalmente a IA, integrada no CC, traduz-se numa vantagem significativa no caso de conflito. Estas tecnologias inteligentes permitem que o CC incorpore um vasto conjunto de informações, para que a guarnição tenha uma melhor e mais abrangente compreensão do campo de batalha, bem como de todas as mudanças a ocorrer constantemente, decorrentes de um ambiente fortemente caracterizado por incerteza

e instabilidade. Assim, são tomadas decisões informadas com base em dados em tempo real, o que reduz o erro humano e aumenta o grau de sucesso em operações militares. O uso de algoritmos de IA na detecção autónoma de alvos permite a identificação e resposta a ameaças de forma eficaz e rápida, maximizando assim a sobrevivência no campo de batalha. Para além disso, a IA integrada em CC e outras plataformas do campo de batalha promove uma comunicação e coordenação eficazes entre todos os elementos da força. Esta interação permite a partilha de dados em tempo real, a coordenação de manobras e a execução de táticas colaborativas com outras forças amigas. Com isto, é possível verificar que a IA está a transformar diversas plataformas em múltiplos domínios, permitindo um combate conjunto e coordenado, podendo-se concluir que vai transformar o campo de batalha futuro. Devido à tendência de evolução desta tecnologia emergente, é relevante salientar que o nível de autonomia dos sistemas de IA está a aumentar progressivamente, antecipando-se um futuro com CC completamente autónomos. Desta forma, a IA abriu a porta a novas oportunidades e desafios, bem como preocupações éticas e legais, exploradas neste texto, resultantes principalmente do escalar da autonomia dos sistemas de armas. Com o aumento da utilização de sistemas que integram IA na guerra, é importante que sejam consideradas as implicações éticas do seu uso e que sejam estabelecidos limites claros para a utilização destas tecnologias. O potencial que a automatização tem de aumentar o ritmo de operações de combate ao ponto de os seres humanos terem menos controlo na conduta dos conflitos armados, levanta sérias questões quanto à relação que o ser humano tem com a guerra, podendo chegar mesmo a mudar a própria natureza da guerra tal como a conhecemos. Assim, a integração da IA em CC aumenta as suas capacidades operacionais, que em última instância, contribuem para uma maior eficácia, sobrevivência e sucesso da missão no campo de batalha moderno.

Apesar da pesquisa sobre IA inserida em CC ser um tema promissor, existem várias limitações e desafios que restringiram o desenvolvimento do estudo e trabalho de investigação nesta área. A aplicação de IA em contexto militar constitui-se como um tema recente e sensível, caracterizado pela confidencialidade da adoção de tecnologias emergentes em plataformas como o CC. Foram encontradas dificuldades não só na procura de revisão da literatura como também na realização de entrevistas a entidades diretamente relacionadas com a investigação neste âmbito. Assim, é importante adotar uma abordagem realista e explorar alternativas de forma a abordar lacunas presentes na pesquisa. No sentido de ultrapassar este problema, a investigação incidiu em fontes de dados disponíveis sobre o assunto em questão e colaboração com entidades relacionadas com as áreas da inovação tecnológica, como forma de compensar a falta de acesso direto a informações confidenciais.

Como recomendações futuras, sugere-se o estudo da interação entre operadores humanos e sistemas de IA integrados em CC de forma a otimizar a colaboração e coordenação nestes sistemas híbridos humano-máquina. Também é relevante o desenvolvimento de programas de treino para apoio a membros da guarnição e operadores destes sistemas de forma a garantir a utilização correta e eficaz destas novas tecnologias. Por último, é importante referir que a área da IA encontra-se em constante desenvolvimento e evolução. Deste modo, o ritmo de avanço tecnológico da atualidade traz sistematicamente novas oportunidades de estudo de forma a complementar a investigação do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpaydin, E. (2020). *Introduction to machine learning* (3.^a ed.). The MIT Press.
- Atlamazoglou, S. (2022). *Russia Keeps Its Orlan-10 Drone Flying Over Ukraine With Western Parts*. Insider. Acedido a 14 de abril de 2023 em <https://www.businessinsider.com/russia-keeps-orlan10-drone-flying-over-ukraine-with-western-parts-2023-2>.
- Baker, R., & Siemens, G. (2014). Educational data mining and learning analytics. *Research Gate*, 253–272. doi:10.1017/CBO9781139519526.016
- Beer, R. (2018). *Building a Network of Collaborative Autonomous Machines*. Lawrence Livermore National Laboratory. Acedido a 17 de abril de 2023 em <https://str.llnl.gov/2018-06/beer>.
- Brynjolfsson, E., & Mitchell, T. (2017). What can machine learning do? Workforce implications. *Science*, 358(6370).
- Clancy, J. (2018). *Artificial Intelligence and Modern Warfare*.
- Creswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (3.^a ed.). Sage.
- Cummings, M. L. (2017). Artificial Intelligence and the Future of Warfare. *Chatham House*.
- Davis, Z. (2019). Artificial Intelligence on the Battlefield. *Institute for National Strategic Security, National Defense University*, 8(2), 114–131. doi:10.2307/26803234
- Dean, S. (2023). *Main Ground Combat System (MGCS): A Status Report*. European Security & Defense. Acedido a 15 de maio de 2023 em <https://euro-sd.com/2023/01/articles/29122/main-ground-combat-system-mgcs-a-status-report/>.
- Dong, J., Zhuang, D., Huang, Y., & Fu, J. (2009). Advances in multi-sensor data fusion: Algorithms and applications. *Sensors*, 9(10), 7771–7784. doi:10.3390/s91007771
- European Defense Fund. (2023). *Indicative multiannual perspective 2021-2027*. European Comission
- Fawkes, A. J. (2017). Developments in Artificial Intelligence: Opportunities and Challenges for Military Modeling and Simulation. Em *Proceedings of the 2017 NATO M&S Symposium*.
- Fontes, R., & Kamminga, J. (2023). Ukraine A Living Lab for AI Warfare. *National Defense*. Acedido a 14 de abril de 2023 em <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2023/3/24/ukraine-a-living-lab-for-ai-warfare>.

- Fortin, M. F. (1999). *O Processo de Investigação: Da concepção à realização*. Lusociência.
- Freedberg Jr., S. (2019). *ATLAS: Killer Robot? No. Virtual Crewman? Yes*. Breaking Defence. Acedido a 29 de abril de 2023 em <https://breakingdefense.com/2019/03/atlas-killer-robot-no-virtual-crewman-yes/>.
- Freixo, M. J. V. (2011). *Metodologia Científica – Fundamentos Métodos e Técnicas*. Instituto Piaget.
- Grupo de Carros de Combate [GCC] (2021). Relatório da Participação na reunião anual LEOBEN do Combat Development Working Group, de 6 a 10 de setembro, em Oslo, Noruega. Exército Português
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Hambling, D. (2022). *Ukrainian Combat Robots Join Fight Against Russian Invasion*. Forbes. Acedido a 14 de abril de 2023 em <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2022/06/16/ukrainian-combat-robots-join-fight-against-russian-invasion/?sh=7bb8a48c3678>.
- Haney, B. S. (2020). Applied Artificial Intelligence in Modern Warfare and National Security Policy. *Hastings Science and Technology Law Journal*, 11. Acedido a 15 de março de 2023 em https://repository.uchastings.edu/hastings_science_technology_law_journal/vol11/iss1/5
- Hoebeke, J., Moerman, I., Dhoedt, B., & Demeester, P. (2004). An Overview of Mobile Ad Hoc Networks: Applications and Challenges. *Ghent University*. Acedido a 27 de maio de 2023 em <http://www.meshnetworks.com>.
- Joiner, I. A. (2018). Artificial Intelligence. *Emerging Library Technologies*, 1–22. doi:10.1016/B978-0-08-102253-5.00002-2
- Kerbusch, P., Keijser, B., & Smit, S. (2018). *Roles of AI and Simulation for Military Decision Making*.
- Kryvenko, P. (2022). “Artificial Intelligence” in the Russian-Ukrainian war - New Geopolitics Research Network. New Geopolitics Research Network. Acedido a 14 de abril de 2023 em <https://www.newgeopolitics.org/2022/06/13/artificial-intelligence-in-the-russian-ukrainian-war/>
- Lakatos, E., & Marconi, M. (2007). *Metodologia do trabalho científico* (4.^a ed.). Atlas.

- Laplane, P., Milojevic, D., Serebryakov, S., & Bennett, D. (2020). Artificial Intelligence and Critical Systems: From Hype to Reality. *Computer*, 53(11), 45–52. <https://doi.org/10.1109/MC.2020.3006177>
- Layton, P. (2018). *Algorithmic Warfare Applying Artificial Intelligence to Warfighting*. Acedido a 10 de abril de 2023 em <https://www.researchgate.net/publication/326248009>
- Maxwell, P. (2020). *Artificial Intelligence is the Future of Warfare (Just Not in the Way You Think)*. Modern War Institute. Acedido a 25 de maio de 2023 em <https://mwi.usma.edu/artificial-intelligence-future-warfare-just-not-way-think/>.
- McCarthy, J. (2007). What is Artificial Intelligence? *Stanford University*. Acedido a 25 de março de 2023 em <http://www-formal.stanford.edu/jmc/>
- McGee-Abe, J. (2023). *One year on: 10 technologies used in the war in Ukraine*. Tech Informed. Acedido a 20 de maio de 2023 em <https://techinformed.com/one-year-on-10-technologies-used-in-the-war-in-ukraine/>.
- Michel, Y. (2018). *France and Germany: on the right tank tracks?* International Institute for Strategic Studies. Acedido a 20 de maio de 2023 em <https://www.iiss.org/online-analysis/military-balance/2018/07/france-and-germany-tank-tracks>.
- Miranda, R. J. P. (2009). Metodologia. Em *Qual a relação entre o pensamento crítico e a aprendizagem de conteúdos de ciências por via experimental?: um estudo no 1º Ciclo*. (pp. 33–73).
- Mohammed, I. (2020). Artificial Intelligence for Cybersecurity: A Systematic Mapping of Literature. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*, 7(9).
- Muzzeddu, R. (2022). Russia vs Ukraine: New Generations of Weapons. *European Army Interoperability Center*.
- Nadibaidze, A. (2022). *Russian Perceptions of Military AI, Automation, and Autonomy*. Acedido a 10 de abril de 2023 em www.fpri.org
- Nilsen, P., Reed, J., Nair, M., Savage, C., Macrae, C., Barlow, J., Svedberg, P., Larsson, I., Lundgren, L., & Nygren, J. (2022). Realizing the potential of artificial intelligence in healthcare: Learning from intervention, innovation, implementation and improvement sciences. *Frontiers in Health Services*. doi:10.3389/frhs.2022.961475
- Nilsson, N. J. (2009). *The Quest for Artificial Intelligence*. Cambridge University Press. Acedido a 10 de março de 2023 em <http://www.cambridge.org/us/0521122937>.

- Olugbade, S., Ojo, S., Imoize, A. L., Isabona, J., & Alaba, M. O. (2022). A Review of Artificial Intelligence and Machine Learning for Incident Detectors in Road Transport Systems. *Mathematical and Computational Applications*, 27(5), 77. doi:10.3390/mca27050077
- Pellerin, C. (2017). *Project Maven to Deploy Computer Algorithms to War Zone by Year's End*. DOD News. Acedido a 15 de abril de 2023 em <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/1254719/project-maven-to-deploy-computer-algorithms-to-war-zone-by-years-end/>.
- Prodanov, C., & Freitas, E. (2013). Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. *Universidade Feevale*.
- Ramesh, A. N., Kambhampati, C., Monson, J., & Drew, P. J. (2004). Artificial intelligence in medicine. *Ann R Coll Surg Engl*, 86. doi:10.1308/147870804290
- Rohrbach, A., Hendricks, L. A., Burns, K., Darrell, T., & Saenko, K. (2019). *Object Hallucination in Image Captioning*.
- Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence, A Modern Approach* (3.^a ed.). Pearson Education.
- Sanders, H., & Saxe, J. (2017). Garbage in, Garbage out: How Purportedly Great ML Models can be screwed up by bad data. *Blackhat*.
- Santos, L., Garcia, F., Monteiro, F., Lima, J., Silva, N., Silva, J., Piedade, J., Santos, R., & Afonso, C. (2016). *Orientações Metodológicas para a Elaboração de Trabalhos de Investigação*. Instituto Universitário Militar.
- Scharre, P. (2018). *ARMY OF NONE Autonomous Weapons and the Future of War* (1.^a ed.). W. W. Norton & Company.
- Scharre, P., Horowitz, M. C., Allen, G. C., Frederick, K., Cho, A., Saravalle, E., & Kania, E. (2018). *What Every Policymaker Needs to Know*.
- Schmidhuber, J. (2014). Deep Learning in Neural Networks: An Overview. *Neural Networks*, 61, 85–117. doi:10.1016/j.neunet.2014.09.003
- Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014). Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. *Cambridge University Press*. <http://www.cs.huji.ac.il/~shais/UnderstandingMachineLearning>
- Steingartner, W., & Galinec, D. (2021). Cyber Threats and Cyber Deception in Hybrid Warfare. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18(3).
- Strout, N. (2020). *How the Army plans to revolutionize tanks with artificial intelligence*. C4ISRNET. Acedido a 25 de maio de 2023 em <https://www.c4isrnet.com/artificial->

[intelligence/2020/10/29/how-the-army-plans-to-revolutionize-tanks-with-artificial-intelligence/](https://www.militaryintelligence.com/news/2020/10/29/how-the-army-plans-to-revolutionize-tanks-with-artificial-intelligence/).

- Surber, R. (2018). *Artificial Intelligence: Autonomous Technology (AT), Lethal Autonomous Weapons Systems (LAWS) and Peace Time Threats*.
- Van Den Bosch, K., & Bronkhorst, A. (2018). *Human-AI Cooperation to Benefit Military Decision Making*.
- Verly, J. G., Delanoy, R. L., & Dudgeon, D. E. (1989). Machine Intelligence Technology for Automatic Target Recognition. *The Lincoln Laboratory Journal*, 2(2), 277–311.
- Wang, W., Liu, H., Lin, W., Chen, Y., & Yang, J. A. (2020). Investigation on Works and Military Applications of Artificial Intelligence. *IEEE Access*, 8, 131614–131625. doi:10.1109/ACCESS.2020.3009840
- Zhou, J., Hong, X., & Jin, P. (2019). Information fusion for multi-source material data: Progress and challenges. *Em Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 9, Número 17). MDPI AG. doi:10.3390/app9173473

APÊNDICES

APÊNDICE A - GUIÃO DE ENTREVISTA 1

Título: A Integração da Inteligência Artificial (IA) nos Carros de Combate (CC)

Questão Principal: Qual é o contributo da Inteligência Artificial integrada nos Carros de Combate para a evolução do atual campo de batalha?

A presente entrevista vai de encontro aos seguintes objetivos:

- Enunciar os Programas de Modernização inseridos no Exército Português atualmente existentes e em desenvolvimento que integram Inteligência Artificial e analisar as capacidades, vantagens e inconvenientes à sua implementação.
- Descrever o potencial da implementação da Inteligência Artificial num eventual programa de modernização dos Carros de Combate portugueses.
- Estudar os obstáculos à implementação de sistemas de IA nos atuais Carros de Combate do Exército Português

Objetivos	Questões
• Enunciar os Programas de Modernização inseridos no Exército Português atualmente existentes e em desenvolvimento que integram Inteligência Artificial e analisar as suas capacidades, vantagens e inconvenientes à sua implementação.	Questão 1: Quais são os Programas de Modernização atualmente existentes e em desenvolvimento no Exército Português, inseridos na área da Inteligência Artificial? Questão 2: Que investigações estão a ser realizadas no âmbito da IA no Exército Português e quais os maiores obstáculos para o seu desenvolvimento e implementação?
• Descrever o potencial da implementação da Inteligência Artificial num eventual programa de modernização dos Carros de Combate portugueses.	Questão 3: Quais são as possibilidades de uma parceria entre o Exército Português e uma empresa do setor privado especializada em IA para a criação de um eventual Programa de Modernização dos CC portugueses?

	Questão 4: Que sistemas atualmente inseridos nos CC portugueses podem ser modernizados através da implementação de IA. Questão 5: Tendo em conta as limitações relativamente ao espaço e peso nos atuais CC portugueses e à fragilidade do <i>hardware</i> de sistemas de IA, é possível implementar estes sistemas em CC? Questão 6: O sistema de IA necessita de recolher dados, que podem ser obtidos através de simulações ou em ambiente real, de forma a ser treinado e eficaz. Deste modo, qual é a capacidade do Exército Português de recolher dados de treino para desenvolver os sistemas em questão? Questão 7: Tendo como referência o atual conflito entre a Rússia e a Ucrânia, que medidas estão a ser exploradas no combate aos drones, caracterizados como a maior ameaça aos CC?
• Estudar os obstáculos à implementação de sistemas de IA nos atuais Carros de Combate do Exército Português	Questão 8: Quais são os obstáculos à implementação de sistemas de IA nos atuais CC do Exército Português?

APÊNDICE B – GUIÃO DE ENTREVISTA 2

Título: A Integração da Inteligência Artificial (IA) nos Carros de Combate (CC)

Questão Principal: Qual é o contributo da Inteligência Artificial integrada nos Carros de Combate para a evolução do atual campo de batalha?

A presente entrevista vai de encontro aos seguintes objetivos:

- Perceber como é que são recolhidos, processados e transmitidos os dados por parte de um sistema de IA
- Averiguar quais as limitações da implementação de sistemas de IA nos CC.
- Descrever de que forma se consegue implementar medidas de defesa de ataques de drones.

Objetivos	Questões
• Perceber como é que são recolhidos, processados e transmitidos os dados por parte de um sistema de IA.	Questão 1: Como é que se consegue treinar um sistema de IA através de simulação?
	Questão 2: Como é que se consegue treinar um sistema de IA através da aquisição de dados reais?
	Questão 3: Como é que é realizada a recolha e transmissão de dados?
• Averiguar quais as limitações da implementação de sistemas de IA nos CC.	Questão 4: Quais são as limitações da implementação de sistemas de IA dentro de um CC?
• Descrever de que forma se consegue implementar medidas de defesa de ataques de drones.	Questão 5: Tendo como referência o atual conflito entre a Rússia e a Ucrânia, como é que é um CC se consegue defender de um ataque de drones, caracterizados como uma ameaça poderosa aos CC?

APÊNDICE C – RESPOSTAS ENTREVISTA TENENTE-CORONEL COSTA

Questão 1: Quais são os Programas de Modernização atualmente existentes e em desenvolvimento no Exército Português, inseridos na área da Inteligência Artificial?

De reunião tida na Divisão de Planeamento de Forças do Estado-Maior do Exército no âmbito dos Veículos Terrestres não Tripulados, existe uma “Intenção” do Exército em dotar o mesmo com o conhecimento e equipamentos que integrem a Inteligência Artificial (IA), nomeadamente no Apoio e/ou Tomada de Decisão (área onde considero que possa inserir-se a IA), entre outras funcionalidades como a criação de veículos autónomos, com a existência de projeto financiado pela Lei de programação Militar (informação a confirmar)

Questão 2: Que investigações estão a ser realizadas no âmbito da IA no Exército Português e quais os maiores obstáculos para o seu desenvolvimento e implementação?

De certa forma, já respondida no comentário anterior. Da minha opinião, os principais obstáculos para o seu desenvolvimento e implementação, considerando-se que a IA irá sei integrada no Apoio e/ou Tomada de Decisão, deverão ser de cariz ético, nomeadamente na decisão de uso de meios letais, isto é, por muito desenvolvidos que sejam estes novos equipamento, até que nível o equipamento pode decidir por si e quando é obrigatório a intervenção humana. No entanto, refiro que não sou especialista, nem sequer aprendiz nesta matéria da IA.

Questão 3: Quais são as possibilidades de uma parceria entre o Exército Português e uma empresa do setor privado especializada em IA para a criação de um eventual Programa de Modernização dos CC portugueses?

Realisticamente, considero difícil. Iniciei funções como responsável pela sustentação do CC Leopard em out22, e, das reuniões em que estive presente e documentos que já li, esta questão da IA nunca foi colocada. Estamos a falar de um CC já com mais de 40 anos de utilização, em que as grandes evoluções têm sido a “digitalização” dos seus sistemas, mais designadamente, o seu sistema de controlo de tiro, processo durante o qual se procura integrar novas tecnologias, mas não de uma forma disruptiva como penso que venha a ser a IA. Por exemplo, a Dinamarca, Noruega, a Alemanha compraram e/ou estão em fase de aquisição de novos CC Leopard 2, e ainda que o modelo a adquirir pela Alemanha,

previsivelmente, venha a designar-se por CC Leopard 2 A8 (um novo modelo), este não é um “desenvolvimento” propriamente dito, mas sim uma evolução dos anteriores modelos do CC Leopard 2, com melhorias em temas da proteção, dos periscópios utilizados, entre outros, mas nunca tendo sido abordado, qualquer ligação com a IA. Este salto, a ser equacionado, penso que apenas será dado, no desenvolvimento sim de um novo CC, como no projeto que a Alemanha tem com a França, o MGCS (Main ground Combat Systems), entre outros.

Questão 4: Que sistemas atualmente inseridos nos CC portugueses podem ser modernizados através da implementação de IA?

Conforme referido nos comentários anteriores, penso que nenhum, mas depende de como defines o conceito da IA. Considero sim, que os novos sistemas poderão cada vez mais, ser “facilitadores” para a integração da IA, podendo ser “sensores” para a mesma. Por exemplo, Portugal está a pensar modernizar o seu CC, mas tendo como referência a eliminação/mitigação de obsolescências decorrentes de sistemas que já não podem mais ser mantidos em face da inexistência de sobressalentes, como por exemplo, as Power Electronics (WNA), o procurar incrementar a “fonte de energia” do CC para poder acoplar mais modernos e maior número de sensores, com a instalação de uma Auxiliary Power Unit (APU), entre outros.

Questão 5: Tendo em conta as limitações relativamente ao espaço e peso nos atuais CC portugueses e à fragilidade do *hardware* de sistemas de IA, é possível implementar estes sistemas em CC?

Mais uma vez, a resposta a essa pergunta remete para a necessidade de clarificação do conceito de IA, mas, face à tecnologia atual dos nossos CC, penso que sem a sua total “digitalização”, tal desiderato nunca será exequível.

Questão 6: O sistema de IA necessita de recolher dados, que podem ser obtidos através de simulações ou em ambiente real, de forma a ser treinado e eficaz. Deste modo, qual é a capacidade do Exército Português de recolher dados de treino para desenvolver os sistemas em questão?

Penso que a Cmdt do GCC será a pessoa com mais conhecimento para te responder a esta pergunta. Sei que temos uma Torre de Instrução, um Video Training Equipment e um CC de Instrução, vulgo Buggy, mas, desconheço quais os procedimentos que são adotados, etc....

Questão 7: Tendo como referência o atual conflito entre a Rússia e a Ucrânia, que medidas estão a ser exploradas no combate aos drones, caracterizados como a maior ameaça aos CC?

Este assunto foi abordado numa das primeiras reuniões no âmbito do grupo LEOBEN em que participei, uma reunião do subgrupo Combat Development Working Group, tendo sido apresentado várias “soluções” por empresas: umas utilizando um drone que era lançado para colocar-se por cima do drone IN e que soltaria por cima deste, algo como uma rede para o fazer cair; o empastelamento do sinal que comando o drone IN; a utilização de sistemas ativos de proteção, com inclusão da proteção da parte superior do CC, como o sistema israelita TROPHY; a utilização de sistemas ERA (explosive reactive armour); o aperfeiçoamento da camuflagem/dissuasão com a utilização da tecnologia BARRACUDA da empresa SAAB; entre outros.

Questão 8: Quais são os obstáculos à implementação de sistemas de IA nos atuais CC do Exército Português?

Não sei.

APÊNDICE D – DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO TENENTE-CORONEL COSTA

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Tomei conhecimento que a Aspirante de Cavalaria Ema Regina Tavares Duarte está a realizar o Trabalho de Investigação Aplicada com o título “A integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate”, com a orientação do Tenente-Coronel de Cavalaria Marques, enquadrado no Mestrado Integrado em Ciências Militares, na especialidade de Cavalaria.

Compreendo que a minha participação neste estudo é voluntária, não estando acordada qualquer compensação direta ou indireta pela minha colaboração.

Neste sentido, autorizo que as respostas da entrevista sejam utilizadas pela Aspirante Ema Duarte.

Assinatura: _____ TCor 00970396 tcor costa.tjm
2023-05-29 12:12:24
Data: __/__/__ 

APÊNDICE E – RESPOSTAS ENTREVISTA TENENTE-CORONEL FAZENDA

Questão 1: Quais são os Programas de Modernização atualmente existentes e em desenvolvimento no Exército Português, inseridos na área da Inteligência Artificial?

Nós não temos efetivamente nada escrito em termos de modernização institucional, chamemos assim. Há, portanto, como motor da capacitação Institucional, a Lei de Programação Militar, que é um ponto a reter. Temos mais alguns motores, nomeadamente em termos do plano de Investigação, Desenvolvimento e Inovação do exército. É um plano bi-anual que tem alguma dotação orçamental para acomodar iniciativas, que ainda não têm uma exigência financeira muito grande, mas que permitem dar os primeiros passos nesse sentido. Nós temos algumas iniciativas no âmbito da realidade aumentada, no âmbito da robotização, etc. Em termos de Lei de Programação Militar, esta próxima lei, que está agora em aprovação é a primeira onde vão ser inscritas algumas verbas no âmbito da inovação. Mas normalmente está orientada para capacidades feitas e capacidades já em modelos aquisitivos. Nunca numa lógica de desenvolvimento, praticamente de raiz e perceber como é que nós, a partir de agora, pegamos numa ideia nossa ou numa parceria com uma empresa ou indústria, e vamos desenvolver uma solução para modernizar o Exército com base em verbas da Lei de Programação Militar. Diretamente inscrito sobre inteligência artificial não está previsto exatamente com essa semântica, embora eu possa acrescentar que existe uma rubrica que está orientada para modernizar no âmbito da inovação. E há ali uma parte dessa rubrica que está orientada para a robotização de sistemas e plataformas que nós já temos.

Questão 2: Que investigações estão a ser realizadas no âmbito da IA no Exército Português e quais os maiores obstáculos para o seu desenvolvimento e implementação?

Neste momento também já temos aqui alguns embriões de robotização no âmbito da modernização do modo de locomoção do sistema, portanto, a parte da condução autónoma, etc. Mas também existe um módulo de perceção, embora não muito expressivo. E é justamente nesse módulo de perceção que entra aqui as partes da realidade aumentada e da parte da inteligência artificial, nomeadamente em termos de designação de objetivos, compreensão da imagem, perceção do ambiente, distinguir ameaças de não ameaças, etc. Portanto, algum desta verba está destinada a este programa de robotização, destinada ao M113, não ao CC Leopard, mas é importante nós percebermos que é nestas iniciativas que

nós podemos ver oportunidades para depois alocar ao outro tipo de plataformas e não obstando diretamente em análise agora a integração do módulo de percepção no CC Leopard, este módulo de percepção está em desenvolvimento neste programa que eu estou a falar. Se o embrião for muito bom ou se for apelativo, ele depois pode ser acelerado para outro tipo de plataformas.

Respondendo concretamente à tua pergunta, em termos de orçamentação e priorização do exército, neste momento, na Inteligência Artificial existe esse caminho, embora numa investigação muito lateral, ao embrião do módulo de percepção, que julgo que será realizado através de algoritmos de Inteligência Artificial, para que a compreensão situacional seja muito mais profissionalizada, embora com base artificial, e que a tomada de decisão seja mais corretamente apoiada. E depois há outra análise, que eu não queria desenvolver muito, porque não estou muito bem dentro desse processo, mas é importante tu teres conhecimento disso, que prova o estímulo do Exército na procura e adoção destas novas tecnologias emergentes, que é a adoção da Inteligência Artificial para gerir recursos humanos. Agora, nós somos uma instituição histórica, com uma cultura muito enraizada do passado, com um atrito a mudança muito vincado. Portanto, não será fácil a implementação destas tecnologias, mas aquilo que está a ser provado é que ou integramos estas tecnologias ou somos ultrapassados e nós já estamos a ser ultrapassados. Há instituições muito mais avançadas do que nós nestes aspetos, mas um aspeto positivo é que nós estamos a dar alguma prioridade a esta incursão por estas tecnologias, e é por isso que o exército criou a Divisão de Inovação, que está em edificação neste momento. Portanto, existe aposta. No entanto, o Exército não tem dinheiro alocado para injetar na IA para os CC, mas estão a ser construídos caminhos para isso. Aquilo que o exército neste momento está a fazer é criar estruturas e processos para que isso seja sistematizado. E para que essas oportunidades ocorram de forma natural e não porque outros países se querem desfazer de uma determinada tecnologia e tentar vender. Ao invés disso, estamos a criar as nossas estruturas de forma a que nós nos posicionemos neste contexto, para percebermos quais são as oportunidades em que queremos entrar ou não.

Questão 3: Quais são as possibilidades de uma parceria entre o Exército Português e uma empresa do setor privado especializada em IA para a criação de um eventual Programa de Modernização dos CC portugueses?

Existe uma grande proximidade à indústria e à Academia até no sentido de nos associarmos a consórcios para investigar e desenvolver soluções que não existem ainda no mercado e metermos o nome do Exército dentro destas soluções e destes projetos que estão a nascer. É aqui que interessa a robotização do M113, em parceria com o Instituto Superior Técnico mas também vamos chamar eventualmente a Bosch e outro tipo de empresas para se associarem a nós noutra tipo de soluções. É aqui que entra a parte dos drones de sacrifício, chamar empresas nacionais e tentar com elas desenvolver equipamento letal, que não temos capacidade de desenvolvimento de meios letais em Portugal. É importante dizer que estamos a fazer aqui um shift de inovação só por um âmbito de capacitação do Exército, mas estamos também a entrar aqui na parte da modernização tecnológica sobre aquilo que está a nascer. Onde é que nós nos conseguimos posicionar com parcerias com indústrias, com parcerias com o meio académico de forma a estarmos lá com a nossa imagem no desenvolvimento da solução. Isto é relevantíssimo para isto que se está a falar de tecnologia emergente e disruptiva, em que queremos colocar lá o nosso símbolo a definir operacionalmente qual é que é o caminho que eles devem seguir e com isso retirar proveito para nós em aquisições futuras, garantir a continuidade do conhecimento e estarmos dentro daquilo que está a ser desenvolvido. O Exército está a criar estruturas para de forma sustentada apoiar a modernização do Exército através da inovação e adoção de tecnologias emergentes e disruptivas e colocar-nos a nós dentro da solução que está a ser investigada e desenvolvida.

Questão 4: Que sistemas atualmente inseridos nos CC portugueses podem ser modernizados através da implementação de IA?

Eu não te consigo dizer agora onde é que a inteligência artificial entra, em todo o espectro de possibilidades da inteligência artificial, no Carro de Combate, mas consigo dizer algumas. Já te disse uma que é o módulo de perceção. O Instituto Superior Técnico e a Academia Militar estão a usar a perceção no módulo da motorização ou da locomoção ou seja, o que faz a viatura mexer e o modo de perceção obviamente que vai ter competências de Inteligência artificial. Tem de ter para conseguir, de forma muito rápida, com base em IA, perceber se é ameaça, não é ameaça, se está fardado ou não está fardado, se está armado ou não está armado, etc. E isto é uma ajuda enorme. Na parte da tática de CC, existem algumas matérias sobre a avaliação da ameaça. E depois a priorização da ameaça, que nós, desde o tempo da Guerra Fria, era se o carro de combate que nós estávamos a avistar estava de lado ou estava de frente, se era um carro de combate, se era uma BMP, se era uma arma anti-carro, etc. Nós conseguimos catalogar, no lugar do chefe de carro e do apontador ou de

quem avista a ameaça, a ameaça por prioridades para dar as indicações ao apontador, para o próprio apontador perceber que tipo de alvo é que deve destruir primeiro, ou seja, qual é que representa a maior ameaça para o nosso próprio CC. Ora, se nós conseguirmos ter um módulo de perceção que faça isso por nós de forma praticamente automática, nós conseguimos aproveitar a inteligência artificial em prol de uma tomada de decisão muito mais eficiente e que nós vamos dotar de algoritmos para que o modulo de perceção do nosso carro de combate determine dentro daquele setor de tiro, qual é que é a maior ameaça, portanto, aquela que nós devemos priorizar para destruir primeiro. E mais, se estiver ligado ao sistema de controlo de tiro automático e se nós tivermos regras de empenhamento ou tivermos a capacidade de dar algum nível de regras de empenhamento face a essas ameaças, nós, pura e simplesmente tendemos a nem sequer ter ação humana nessas respostas. Portanto, há uma imensidão de capacidades de injetar inteligência artificial dentro do carro de combate no módulo de perceção e para a perceção com compreensão situacional, portanto, com uma componente muito próxima ao computador balístico e em apoio direto à tomada de decisão do Apontador e do Chefe carro com efeitos letais ou não letais, sejam eles de carácter ofensivo, sejam eles de carácter reativo/defensivo se o CC estiver a ser ameaçado.

Questão 5: Tendo em conta as limitações relativamente ao espaço e peso nos atuais CC portugueses e à fragilidade do *hardware* de sistemas de IA, é possível implementar estes sistemas em CC?

Aplicar a palavra fragilidade num CC é um contrassenso. Aplicar a palavra fragilidade num sistema de IA, eventualmente faz sentido. Mas o CC faz tiro aos 4km com elevadíssima precisão e em movimento. Se nós conseguimos estabilizar uma peça para fazer tiro no sítio onde nós queremos, conseguimos criar sistemas de estabilização para acomodar sistemas desses, mais frágeis ou menos frágeis. Não há sistema mais robusto que um CC no mundo. Se está pronto para levar com munições até determinado calibre e uma das características do CC é efetivamente a proteção e o poder de choque, portanto é um contrassenso dizermos que o CC não é robusto o suficiente para integrar um sistema dessa sensibilidade. Se entrarmos no nível de estabilização eu julgo que existem soluções tecnológicas e um exemplo disso é a própria estabilização do CC, desde a peça ao bunker de munições. O CC também tem sistemas de refrigeração das componentes eletrónicas. O nosso clima não é muito propenso à exigência térmica a que as componentes eletrónicas do CC são sujeitas. Portanto têm de haver sistemas de refrigeração, que também já estão estudados e desenvolvidos, logo é comprar e acopular. Existem muitas soluções como a proteção do CC

em si, as soluções tecnológicas da estabilização, e a robustez térmica, assegurada por sistemas de refrigeração. Na robustez ao nível dos dados, temos as redes de dados cognitivas, as *tactical clouds*, o aumento das larguras de banda dos dados, etc. Existe uma aposta na ciberdefesa das Forças Armadas como um todo, portanto essa robustez está assegurada pela componente militar da ciberdefesa.

Questão 6: O sistema de IA necessita de recolher dados, que podem ser obtidos através de simulações ou em ambiente real, de forma a ser treinado e eficaz. Deste modo, qual é a capacidade do Exército Português de recolher dados de treino para desenvolver os sistemas em questão?

Nós estamos inseridos em grupos de trabalho e em alianças tão poderosas quanto a NATO e a UE e existe uma panóplia muito grande de working groups que tratam este tipo de desenvolvimento e trabalhos, como grupos de simulação, de *Land Engagement*, específicos do Leopard, como é o caso do LEOBEN e grupos especialistas de *Master Gunners*. Nestas partes da partilha de informação, estas são as zonas onde podemos duplicar esforços. Portanto se houver alguém com CC que esteja a fazer algum nível de simulação para robustecer o seu sistema de IA, ele rapidamente dentro do grupo, poderá partilhar estes dados e passar dentro do grupo do Leopard este ensinamento para o tal sistema de IA. Portanto, eu julgo que não é preciso ter um complexo muito evoluído em termos de simulação e cada país trilhar o seu caminho quando estamos dentro destes grupos. Se houver esta simbiose e apostarmos num caminho e outros países apostarem noutro, e depois cruzarmos e fizermos partilhas destes dados uns com os outros, eu acho que se consegue, a partir de aí, uma rede de influência que vai cobrir isso da simulação. No terreno, temos o ORION, tiro real, mas felizmente não temos operações reais.

Questão 7: Tendo como referência o atual conflito entre a Rússia e a Ucrânia, que medidas estão a ser exploradas no combate aos drones, caracterizados como a maior ameaça aos CC?

O CC tem que ter apoio de defesa anti-aérea, ou seja o conceito de defesa anti-aérea associado à defesa antidrone. O objetivo primordial da metralhadora do municionador do CC é para luta anti-aérea. Temos ali capacidade de fazer face a alguma coisa que viesse de cima. Portanto, os conceitos estão inventados, agora temos que modernizar. Aquela metralhadora eventualmente vai evoluir para uma situação em que ela própria é um sistema anti-drone ou de reação a drone. Mas nós também vamos ter drones, logo temos que ter inteligência capaz

de dizer se o drone é amigo, não é amigo portanto, isso é com componentes de gestão, ou seja Comando e Controlo, sistemas de identificação poderosos que têm que estar dentro dos drones obviamente e depois, tem que haver a capacidade do sistema de interpretar e analisar rapidamente e aí a IA é um contributo muito forte. Ainda não existem sistemas móveis anti-drone que possam ser acoplados em plataformas móveis. Não basta haver IA, portanto tem que haver uma forma de capturar os sinais. A parte de rádio-localização móvel contra sistemas UAS, neste momento ainda é uma tecnologia que não está desenvolvida. Medidas anti-drone de infraestruturas e sistemas anti-drone parados já existem. Sistemas que possam ser colocados em plataformas de movimento é que não. Não estou a falar de mobilidade, portanto existem já contentores que podem ser colocados em vários sítios mas, para fazer a rádio localização, têm que estar imobilizados, para serem eficientes. Ainda não existem sistemas para acopular, por exemplo, no CC. Pode estar em desenvolvimento, pode haver aqui módulos, como a perceção, que estão em desenvolvimento. Mas para detetar um drone, é preciso ter um radar que deteta esse drone que está a vir e depois é que se consegue perceber se é amigo, não é amigo, se está armado, não está armado, e aqui entra a IA. Agora esse radar ainda não existe. Portanto, a inteligência artificial pode estar a caminho dessa identificação, mas ainda não tem dados para trabalhar sobre ela. Neste momento é uma impossibilidade de integrar isso dentro de um CC quando um sistema de localização UAS a 360° não existe. No entanto, está a ser desenvolvido.

Questão 8: Quais são os obstáculos à implementação de sistemas de IA nos atuais CC do Exército Português?

Existe o obstáculo financeiro mas também há a propensão de entrarmos para este tipo tecnologia. O comando do exército está cada vez mais aberto para isto e estão a ser criadas estruturas orgânicas para começar de forma sistematizada a pensar nestas inovações e na modernização tecnológica do exército também no âmbito da investigação, desenvolvimento e inovação.

APÊNDICE F – DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

TENENTE-CORONEL FAZENDA

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Tomei conhecimento que a Aspirante de Cavalaria Ema Regina Tavares Duarte está a realizar o Trabalho de Investigação Aplicada com o título “A integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate”, com a orientação do Tenente-Coronel de Cavalaria Marques, enquadrado no Mestrado Integrado em Ciências Militares, na especialidade de Cavalaria.

Compreendo que a minha participação neste estudo é voluntária, não estando acordada qualquer compensação direta ou indireta pela minha colaboração.

Neste sentido, autorizo que as respostas da entrevista sejam utilizadas pela Aspirante Ema Duarte.

Assinatura: _____

Data: ____/____/____



Assinado por: Tiago Alexandre
Gomes Fazenda
Identificação: 8111708000
Data: 2023-05-30 às 22:52:19

APÊNDICE G – RESPOSTAS ENTREVISTA MAJOR CARQUEIJO

Questão 1: Quais são os Programas de Modernização atualmente existentes e em desenvolvimento no Exército Português, inseridos na área da Inteligência Artificial?

Apenas posso responder no âmbito da Lei de Programação Militar (LPM) pois desconheço outros âmbitos, onde eventualmente possam existir.

No âmbito da LPM não há nenhum programa, projeto ou subprojecto, especificamente destinado à IA. Não obstante, há projetos onde os sistemas a adquirir farão uso de IA, como por exemplo:

- Sistemas Autónomos e Remotos (RAS) – Sistemas Aéreos Não-Tripulados (SANT), Sistemas Terrestres Não-tripulados (STNT) e Sistemas Marítimos Não Tripulados (SMNT);
- *Headquarters Management System* (HMS);
- *Automated Modelling Identification and Damage Assessment of Urban Terrain* (AMIDA-UT);
- Sistemas de simulação.

Questão 2: Que investigações estão a ser realizadas no âmbito da IA no Exército Português e quais os maiores obstáculos para o seu desenvolvimento e implementação?

No seguimento e âmbito da resposta anterior, não há investigações especificamente relativas à IA.

Questão 3: Quais são as possibilidades de uma parceria entre o Exército Português e uma empresa do setor privado especializada em IA para a criação de um eventual Programa de Modernização dos CC portugueses?

A modernização dos carros de combate portugueses (*leopard*) está a ser equacionada com recurso à empresa *Krauss Maffei Wegmann* (KMW). A IA não é referida é nenhuma das atualizações previstas.

Questão 4: Que sistemas atualmente inseridos nos CC portugueses podem ser modernizados através da implementação de IA?

Admitindo que estamos a falar dos CC *leopard*, pela sugestão de *upgrade* da KMW, nenhum.

Em termos meramente hipotéticos e futurísticos, poderíamos estar a falar de a IA ser inserida em grande parte dos sistemas (gestão do CC, sensores, armamento...)

Questão 5: Tendo em conta as limitações relativamente ao espaço e peso nos atuais CC portugueses e à fragilidade do *hardware* de sistemas de IA, é possível implementar estes sistemas em CC?

Não tenho conhecimentos técnicos para responder a esta questão com um mínimo de coerência intelectual.

Questão 6: O sistema de IA necessita de recolher dados, que podem ser obtidos através de simulações ou em ambiente real, de forma a ser treinado e eficaz. Deste modo, qual é a capacidade do Exército Português de recolher dados de treino para desenvolver os sistemas em questão?

Esta questão é hipotética... Hipoteticamente sim, o Exército teria essa capacidade. Na prática, dependeria das necessidades de recursos (e existência desses recursos), bem como da priorização dada a essa tarefa.

Questão 7: Tendo como referência o atual conflito entre a Rússia e a Ucrânia, que medidas estão a ser exploradas no combate aos drones, caracterizados como a maior ameaça aos CC?

É discutível se no conflito entre a Rússia e a Ucrânia a maior ameaça aos CC são os “drones”. Tal como é discutível qual a tipologia de “drones”. Adito que é também discutível se os “drones” afetam de igual modo os CC da Rússia e da Ucrânia...

Não obstante, os “drones” são efetivamente uma ameaça para os CC, tanto por os atacarem diretamente (despenhando-se contra eles ou largando explosivos/munições de diversas tipologias), como por contribuírem para a sua deteção (com vista ao ataque por intermédio de outros meios).

Assim sendo, há uma preocupação constante pelos dois contendores na tentativa (quase sempre fracassada) de dissimularem os seus CC. Paralelamente, há igualmente cuidados mais ou menos arcaicos com a proteção dos CC – desde colocação de redes no topo dos CC (de modo a que o impacto/explosão não seja diretamente no CC), a aumento dos sistemas anti-drone (não estou a falar de sistemas acoplados no CC) e a utilização de jammers no topo dos CC.

Tendo em conta que os sistemas de proteção ativa dos CC se mostram ineficazes (para a proteção superior contra os “drones”), decorrem testes com vista à utilização dos *Remote Weapon System* (RWS) dos CC para abaterem “drones” com munições *air burst*.

Questão 8: Quais são os obstáculos à implementação de sistemas de IA nos atuais CC do Exército Português?

Existem essencialmente duas considerações a ter em conta – disponibilidade da tecnologia e viabilidade económica. Ou seja, só será equacionada caso a empresa KMW e a comunidade de utilizadores *Leopard Benutzer* (LEOBEN) – da qual Portugal faz parte – a considerar. Só será materializada caso haja dotação financeira para a implementação (e seja considerada necessária/prioritária).

APÊNDICE H - DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO MAJOR CARQUEIJO

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Tomei conhecimento que a Aspirante de Cavalaria Ema Regina Tavares Duarte está a realizar o Trabalho de Investigação Aplicada com o título “A integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate”, com a orientação do Tenente-Coronel de Cavalaria Marques, enquadrado no Mestrado Integrado em Ciências Militares, na especialidade de Cavalaria.

Compreendo que a minha participação neste estudo é voluntária, não estando acordada qualquer compensação direta ou indireta pela minha colaboração.

Neste sentido, autorizo que as respostas da entrevista sejam utilizadas pela Aspirante Ema Duarte.

Assinatura: Major 17308601 Aires Almeida Carqueijo
Data: 2023-05-29 21:48:21



APÊNDICE I – ENTREVISTA LUÍS SARMENTO

Questão 1: Como é que se consegue treinar um sistema de IA através de simulação?

Através de um mecanismo de tentativa e erro e de aprendizagem por reforço, onde há reforço positivo ou negativo. Não é necessário ter um conjunto de dados que diga o que está certo ou errado. Apenas é necessário ter um simulador que indique quando algo foi feito de forma errada ou correta. Se o simulador for eficaz, usando milhares e milhares de jogos, o sistema começa a melhorar até se tornar altamente sofisticado. É assim que se ensina a jogar vários jogos, como xadrez. No início, as peças são movidas aleatoriamente e muitas vezes o jogo é perdido ou não progride, mas quando o computador joga contra si mesmo, começa a jogar bem, uma vez que experimenta várias possibilidades e busca obter pontos no final, procurando ganhar cada vez mais pontos. É dessa forma que esses sistemas são ensinados. O desafio é que é necessário jogar milhões de jogos, mas se houver poder computacional disponível, isso é viável.

Questão 2: Como é que se consegue treinar um sistema de IA através da aquisição de dados reais?

Pode ser feito, mas há um custo envolvido. Ou seja, é necessário ter dados do terreno ou coordenadas GPS de todos os CC e acesso ao estado dos CC, registrando constantemente esses dados. Os sistemas mais sofisticados devem estar a fazer isso, ou seja, capturam todos os eventos que ocorrem a cada momento, e esses dados podem ser usados posteriormente para treinar o sistema a fazer ou evitar fazer determinadas ações com base nos resultados adquiridos. No entanto, não é realista fazer isso em campo de batalha real, devido ao alto custo tecnológico. Só há uma tentativa, portanto se correr mal, acabou, enquanto que na simulação, é possível fazer isso milhões de vezes. Aprender em campo de batalha real não é realista, mas é realista se houver uma maneira de capturar todas as informações sobre a posição de soldados, CC e munições, para posteriormente refinar o modelo de ML com dados reais, que não são artificiais como é o caso do simulador. Assim, era necessário ter um simulador de carros de combate (CC) o mais sofisticado possível, com todas as leis da física implementadas, que jogaria milhões de vezes, sendo esse simulador onisciente. Uma das dificuldades de treinar em ambiente real é lidar com informações incompletas, mas nos dados simulados há acesso a todos os detalhes. No entanto, é importante destacar que esses

dados simulados não correspondem à realidade, mas temos acesso a todos os dados dessa realidade alternativa, que são suficientes para aprender certos aspetos. Posteriormente, é possível treinar o modelo de ML em ambientes reais para refinar os dados recolhidos em ambiente simulado. Os dados simulados são tanto melhores quanto mais sofisticado e realista for o simulador, garantindo que os dados se aproximem o máximo possível da realidade. É possível executar a simulação milhares de vezes desde que haja recursos computacionais disponíveis.

Questão 3: Como é que é realizada a recolha e processamento de dados?

Isso enquadra-se no setor da sensorização, ou seja, como obtemos dados através de sensores. A nível de equipamento pesado todos possuem sensores que recolhem dados que ficam registados num dispositivo. Após isso, essa informação é enviada através do acesso a satélites e, tipicamente, todos os dispositivos vão ter contacto com satélites. Imaginando um mundo em que está tudo sensorizado e que já existe acesso a equipamento sofisticado, essa informação é toda armazenada localmente e depois transmitida para um satélite ou para um ponto de recolha de informação. Para isso acontecer, entra-se num universo das chamadas redes Ad Hoc. Uma Ad Hoc é uma rede que não tem postos de transmissão fixos, ou seja cada soldado é um ponto de transmissão para a periferia. À medida que os soldados se movem, a rede é transportada com eles. Não transmitem dados para um ponto central, mas sim para o soldado que está ao lado. Quando um soldado chega perto de um CC, este transmite os dados ao CC, que posteriormente tem capacidade de enviar a informação para o satélite. Estas redes não têm a ver com a recolha de dados, mas sim com a transmissão de dados. Assim, estes dados estão a ser recolhidos de muitas fontes e não estão a ser transmitidos para um ponto central, até porque há a possibilidade de desmascarar a posição uma vez que estas transmissões emitem sinais, ou seja os sinais têm que ser sempre de curto alcance. Cada elemento do Exército passa a ser um ponto de transmissão de curta distância.

Questão 4: Quais são as limitações da implementação de sistemas de IA dentro de um CC?

O problema não é a falta de espaço para ter todo o poder computacional necessário. É necessário conseguir isolar magnéticamente e garantir que mecanicamente, o equipamento não vai oscilar tanto que põe em causa o próprio equipamento, uma vez que estamos a falar de equipamento relativamente sensível. O problema não é o volume mas como acomodar um equipamento frágil em ambiente hostil. A infraestrutura toda que se tem que montar,

para que o equipamento seja robusto é que é uma dificuldade. O problema não é o peso nem o volume mas sim como é que se garante a robustez.

Questão 5: Tendo como referência o atual conflito entre a Rússia e a Ucrânia, como é que é um CC se consegue defender de um ataque de drones, caracterizados como uma ameaça poderosa aos CC?

A tarefa do ponto de vista da IA é simples porque o sistema já foi treinado para reconhecer um tipo de objetos específico. O drone é muito bom a reconhecer a forma de um tipo de objeto que está bem definido. A primeira forma de defender deles é o disfarce, ou seja tentar fazer com que eles não sejam capazes de reconhecer o CC, ou seja torná-lo invisível perante a rotina de visão que eles têm e tentar interferir com os sistemas de visão destes mecanismos e há formas de o fazer. Tipicamente tem que ser pela alteração do aspeto do CC. Certas alterações ao aspeto do CC devem defendê-los. Tirando isso, é possível ter um sistema semelhante mas ao contrário, que é ter um sistema de sensores que identifique o drone à distância. Tem que ser por radar ou LIDAR para poder ver o drone à distância e se o detetar é possível empregar outro drone para defesa. O método de defesa mais provável é por oclusão, ou seja fazer com que fiquem invisíveis para a determinada forma para a qual o drone foi treinado

APÊNDICE J – DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO LUÍS SARMENTO

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Tomei conhecimento que a Aspirante de Cavalaria Ema Regina Tavares Duarte está a realizar o Trabalho de Investigação Aplicada com o título “A integração da Inteligência Artificial nos Carros de Combate”, com a orientação do Tenente-Coronel de Cavalaria Marques, enquadrado no Mestrado Integrado em Ciências Militares, na especialidade de Cavalaria.

Compreendo que a minha participação neste estudo é voluntária, não estando acordada qualquer compensação direta ou indireta pela minha colaboração.

Neste sentido, autorizo que as respostas da entrevista sejam utilizadas pela Aspirante Ema Duarte.

Assinatura: _____



Data: 31/05/2023