



ACADEMIA MILITAR

Capacidade de Comando e Controlo dos Batalhões de Infantaria Equipados com o Sistema C4I

Francisco Couteiro Atanásio

Trabalho de Investigação Aplicada

Mestrado Integrado em Ciências Militares na Especialidade de Infantaria

Orientador: Tenente-Coronel de Administração Militar (Doutor) David Pascoal Rosado

Coorientador: Tenente-Coronel de Infantaria (Doutor) João Carlos Gonçalves dos Reis

Júri

Presidente: Professora Auxiliar Sandra Luzia Esteves Oliveira de Almeida

Arguente: Professora Doutora Sabrina Evangelista Medeiros

Orientador: Tenente-Coronel de Administração Militar (Doutor) David Pascoal Rosado

Diretor de Curso: Tenente-Coronel de Infantaria Roberto Mariano

Junho de 2025



ACADEMIA MILITAR

Capacidade de Comando e Controlo dos Batalhões de Infantaria Equipados com o Sistema C4I

Francisco Couteiro Atanásio

Trabalho de Investigação Aplicada

Mestrado Integrado em Ciências Militares na Especialidade de Infantaria

Orientador: Tenente-Coronel de Administração Militar (Doutor) David Pascoal Rosado

Coorientador: Tenente-Coronel de Infantaria (Doutor) João Carlos Gonçalves dos Reis

Júri

Presidente: Professora Auxiliar Sandra Luzia Esteves Oliveira de Almeida

Arguente: Professora Doutora Sabrina Evangelista Medeiros

Orientador: Tenente-Coronel de Administração Militar (Doutor) David Pascoal Rosado

Diretor de Curso: Tenente-Coronel de Infantaria Roberto Mariano

Junho de 2025

EPÍGRAFE

“Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena.
Quem quer passar além do Bojador
Tem que passar além da dor.”

Fernando Pessoa

DEDICATÓRIA

A todos aqueles que comigo caminharam ao longo destes anos.
À minha família, em particular aos meus avós, tios, primos, aos meus pais, ao meu
irmão e à minha namorada.
Aos meus amigos que, não sendo de sangue, constituíram uma segunda família.
A todos os que partiram, mas que jamais serão esquecidos.

AGRADECIMENTOS

A redação do Trabalho de Investigação Aplicada (TIA) assinala o final da frequência do curso de Ciências Militares na especialidade de Infantaria. Marca, deste modo, a conclusão de uma longa jornada, de cinco anos, de elevada exigência e superação, bem como, o alcançar de um objetivo profissional e pessoal, a entrada nos Quadros Permanentes do Exército Português.

Para alcançar este objetivo muitas foram as pessoas que deram o seu contributo, onde destaco numa primeira instância a minha família, o meu principal alicerce, que esteve sempre comigo, lado a lado, e serviu de motivação e inspiração para ultrapassar todas e quaisquer dificuldades sentidas ao longos destes anos.

Destaco dentro desta panóplia de pessoas a minha avó, um exemplo de força e abnegação, que desde tenra idade me educou como se de um filho se tratasse. Os meus tios, que sempre se demonstraram disponíveis, transmitindo um inabalável apoio. Os meus pais que sempre me transmitiram os melhores valores e exemplos de integridade ao longo da minha vida, e que sempre me demonstraram que a honestidade, o esforço e a dedicação são a chave de qualquer conquista, conquista esta que também é deles. O meu irmão, o meu maior exemplo e inspiração, que me incentivou a abraçar esta carreira das armas e a dar sempre o passo em frente, sendo cada passo pautado pela admiração que sempre tive por ele. A minha namorada, que sempre me apoiou incondicionalmente e me incentivou a alcançar todos os objetivos a que me propus, apesar de todas as impossibilidades, contratempos e dissabores inerentes à vida militar, revelou ser uma verdadeira guerreira.

Destaco também os meus camaradas do Curso General Adolfo Almeida Barbosa, por todos os momentos que vivenciamos e pelo nobre laço de camaradagem que cultivamos ao longo destes anos, em particular, ao curso de Infantaria, por cada prova da sã camaradagem na tempera das dificuldades extremas, fazendo sempre jus ao grito “até ao último”.

No que concerne especificamente à elaboração da presente investigação, devo um agradecimento especial, ao meu orientador, Tenente-Coronel de Administração Militar David Miguel Pascoal Rosado, e ao meu coorientador Tenente-Coronel de Infantaria João Carlos Gonçalves dos Reis, pela brilhante orientação, pelos conselhos e pela paciência ao longo destes últimos meses, e principalmente por acreditarem no meu potencial e me ajudarem a transformar este desafio numa grande aprendizagem.

Ao Major de Infantaria Pedro Meneses, que durante o meu 4.º ano na Academia Militar exerceu as funções de Diretor de Curso de Infantaria, expresse o meu profundo agradecimento pela forma exemplar como soube inculcar os valores do Infante, transmitindo o seu vasto conhecimento, e demonstrando, em todas as circunstâncias, uma presença constante e orientadora.

Ao Tenente-Coronel de Infantaria Roberto Mariano, Diretor de Curso de Infantaria, pela permanente disponibilidade e elevado profissionalismo evidenciados ao longo de todas as fases da presente investigação, prestando sempre o apoio necessário com prontidão e sentido de missão, manifesto o meu profundo reconhecimento.

Deixo um reconhecimento a todos aqueles que disponibilizaram o seu tempo e conhecimento para as entrevistas realizadas no âmbito desta investigação, sendo estas uma peça fundamental para a construção e enriquecimento deste trabalho, obtendo diferentes pontos de vista e fontes de conhecimento que permitiram enriquecer de forma substancial esta investigação.

Deixo também um reconhecimento especial a todos aqueles que me auxiliaram na recolha de dados durante o trabalho de campo, em particular no decorrer do Exercício ARTEX24, momento imprescindível para o sucesso desta investigação. Gostaria de enaltecer neste âmbito a colaboração e disponibilidade do Capitão de Transmissões Rui Gomes e do Capitão de Transmissões João Félix, cujo acompanhamento e orientação foram determinantes para o bom desempenho das atividades no terreno e na adaptação aos meios utilizados na recolha de dados. Agradeço de igual forma à empresa EID, cuja cooperação e profissionalismo contribuíram de forma significativa para a obtenção de resultados relevantes para este estudo, tendo disponibilizado todos os meios necessários à realização do trabalho de campo.

Por fim, dirijo uma palavra de apreço a todos os intervenientes com quem tive o privilégio de contactar ao longo deste percurso, que contribuíram de diversas formas para o sucesso desta investigação, quer através da partilha do seu saber e experiência, quer pela disponibilização de fontes e recursos que enriqueceram o conhecimento necessário à concretização deste trabalho.

A todos, o meu sincero obrigado.

RESUMO

Este Trabalho de Investigação Aplicada assenta sobre um conjunto de investigações originais que contribuem de forma significativa para o avanço do conhecimento na área da indústria de defesa, tendo os seus resultados sido divulgados em conferências científicas de âmbito internacional, nomeadamente a WorldCist e a MICRADS. Assim, este trabalho adota o formato de uma compilação coerente de *papers* de conferência de natureza empírica. Os objetivos subjacentes à investigação estão relacionados com a compreensão do contributo do sistema *Battlefield Management System* para a eficácia do Comando e Controlo no escalão de Batalhão e explorar as perspetivas dos utilizadores relativamente à futura integração do *Dismounted Soldier System – Command and Control* no âmbito do Sistema de Combate do Soldado, bem como, validar a capacidade de extensão de rede de voz e dados com emprego de rádios de baixo escalão do C4I com *Unmanned Aerial Vehicles*. Para tal, recorreremos a uma metodologia de natureza mista, que integra uma revisão sistemática de literatura e a recolha de dados empíricos por via de entrevistas semiestruturadas, inquérito por questionário e observação direta em contexto operacional, no exercício *Army Technological Experimentation*. Os resultados mais relevantes evidenciaram que a utilização integrada de *Unmanned Aerial Vehicles* com rádios de baixo escalão permite a extensão eficaz das comunicações (voz e dados) em cenários operacionais complexos, reforçando desta forma as capacidades de Comando e Controlo dos Batalhões de Infantaria. Posto isto, verificou-se também que os sistemas de gestão do campo de batalha desempenham um papel fundamental, tanto no reforço da *Situational Awareness* como no apoio à decisão, contribuindo para uma tomada de decisão eficaz. Por fim, destaca-se a importância da interoperabilidade entre os sistemas abordados, cuja integração demonstrou contributos práticos no que toca ao reforço das capacidades de Comando e Controlo no escalão Batalhão.

PALAVRAS CHAVE: C4I; Drones; Rádios de Baixo Escalão; Sistema de Combate do Soldado.

ABSTRACT

This Applied Research Work is based on a set of original investigations that have made a significant contribution to the advancement of knowledge in the area of the defense industry, the results of which have been disseminated at international scientific conferences, namely WorldCist and MICRADS. Thus, this work adopts the format of a coherent compilation of conference papers of an empirical nature. The underlying objectives of the research are related to understanding the contribution of the Battlefield Management System to the effectiveness of Command and Control at Battalion level and exploring users' perspectives on the future integration of the Dismounted Soldier System - Command and Control within the Soldier Combat System, as well as validating the ability to extend the voice and data network using low-level C4I radios with UAVs. To this end, we used a mixed methodology, which includes a systematic literature review and the collection of empirical data through semi-structured interviews, a questionnaire survey and direct observation in an operational context, in the Army Technological Experimentation exercise. The most relevant results showed that the integrated use of Unmanned Aerial Vehicles with low-level radios allows for the effective extension of communications (voice and data) in complex operational scenarios, thus reinforcing the Command-and-Control capabilities of Infantry Battalions. That said, it was also found that battlefield management systems play a fundamental role, both in strengthening Situational Awareness and in decision support, contributing to effective decision-making. Lastly, we highlight the importance of interoperability between the systems discussed, the integration of which has demonstrated practical contributions in terms of strengthening Command and Control capabilities at Battalion level.

KEYWORDS: C4I; Drones; Low-Echelon Radios; Soldier Combat System

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DA LITERATURA.....	5
1.1. A Indústria da Defesa, a Digitalização do Campo de Batalha e o Sistema C4I	5
1.2. Modelos de Inovação.....	9
1.2.1. Hélice Tripla, Hélice Quádrupla, Hélice Quíntupla e o conceito N-Hélice	9
1.3. <i>Unmanned Aerial Vehicles</i> , Conceito de <i>drone</i> e a sua Aplicação no Exército Português e no Exercício ARTEX24.....	13
1.4. <i>Unmanned Aerial Vehicles Communications</i>	19
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA, MÉTODOS E MATERIAIS.....	27
2.1. Desenho da Investigação	27
2.2. Método e Estratégia de Investigação	29
2.3. Métodos de recolha de dados.....	29
2.3.1. Documentação.....	30
2.3.2. Entrevistas	31
2.3.3. Inquérito por Questionário	34
2.3.4. Observação Direta	34
2.4. Análise e Tratamento de dados.....	35
CAPÍTULO 3 – PROJETO C4I DO SISTEMA DE COMBATE DO SOLDADO: O PAPEL DO BMS E DO DSS-C2.....	36
3.1. <i>Battlefield Management System</i> (BMS).....	42
3.2. Dismounted Soldier System for Command and Control (DSS-C2).....	44
3.3. Interoperabilidade BMS/DSS-C2.....	45
3.4. Resultados e Discussão	47
3.4.1. Perceção dos Utilizadores Relativamente ao BMS	48

3.4.2. Percepção dos Utilizadores Relativamente ao DSS-C2	53
CAPÍTULO 4 – EXERCÍCIO ARTEX24.....	55
4.1. Enquadramento do exercício	55
4.2. Cenário do ARTEX24	57
4.3. Trabalho de campo	59
4.4. Resultados e discussão	65
4.4.1. Limitações ao nível das capacidades de C2.....	66
4.4.2. Potencialidades ao nível das capacidades de C2	67
4.4.3. Emprego de UAVs como Extensores de Rede	67
4.4.4. Limitações dos Sistemas BMS e DSS-C2	68
4.4.5. Potencialidades dos Sistemas BMS e DSS-C2.....	68
CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1 - Relação entre partilha de informação numa rede e melhor eficácia operacional defendida pela NATO.....	8
Figura n.º 2 - Pilares Fundamentais da HT	10
Figura n.º 3 - Pilares Fundamentais da Quadrupla Hélice	11
Figura n.º 4 - Pilares Fundamentais da Quintupla Hélice	11
Figura n.º 5 - Modelos de Hélice Tripla, Quádrupla e Quintupla	12
Figura n.º 6 - Exemplo de Operações com UAVs na Atualidade	14
Figura n.º 7 - PelSistAerNTrip	17
Figura n.º 8 - Drone utilizado no decorrer do Trabalho de Campo.....	18
Figura n.º 9 - Comparação entre MANET, VANET e FANET	20
Figura n.º 10 - Rede centralizada UAV.....	23
Figura n.º 11 - Backbone UAV e rede Ad Hoc	24
Figura n.º 12 - Multi-Group UAV Network.....	25
Figura n.º 13 - Multi-Layer Ad-Hoc UAV Network.....	25
Figura n.º 14 - Objetivos e Respetivas Questões de Investigação.....	28
Figura n.º 15 - Sistemas do C4I do Exército Português	36
Figura n.º 16 - Áreas Específicas do C4I/SCS	37
Figura n.º 17 - Configuração do Comandante.....	38
Figura n.º 18 - Configuração do Soldado	38
Figura n.º 19 - Arquitetura C4I em Pelotão Apeado	40
Figura n.º 20 - Cenário 1	41
Figura n.º 21 - Cenário 2	41
Figura n.º 22 - Representação das Unidades na aplicação BMS.....	43
Figura n.º 23 - Âmbito do DSS	44
Figura n.º 24 - DSS-C2 incorporado num TDR	45
Figura n.º 25 - Conjuntos de Redes e Disseminação de Informação	46
Figura n.º 26 - Distribuição da experiência dos inquiridos - BMS e DSS-C2	47
Figura n.º 27 - Ambiente de contacto com sistema C2 reportado pelos inquiridos .	48
Figura n.º 28 - Versão do sistema utilizada pelos inquiridos.	48
Figura n.º 29 - Perceção dos utilizadores relativamente à utilidade do BMS	49
Figura n.º 30 - Percentagem de inquiridos que receberam formação do sistema.....	50

Figura n.º 31 - Tipologia de formação frequentada pelos utilizadores do sistema ..	51
Figura n.º 32 - Perceção dos inqueridos quanto à formação ministrada	51
Figura n.º 33 - Composição da Blue Force	57
Figura n.º 34 - Composição da Red Force	58
Figura n.º 35 - Esquema do cenário do ARTEX24	58
Figura n.º 36 - Acoplamento do RBE no drone	59
Figura n.º 37 - Radio HR5000.....	60
Figura n.º 38 - Primeiro Teste Efetuado.....	61
Figura n.º 39 - Levantamento do drone.....	62
Figura n.º 40 - Perde de Comunicações com o PC.....	62
Figura n.º 41 - Restabelecimento das Comunicações com o PC.....	62
Figura n.º 42 - Restabelecimento das Comunicações com o PC.....	62
Figura n.º 43 - Terceiro Teste Efetuado	63
Figura n.º 44 - Quarto Teste Efetuado.....	64
Figura n.º 45 - Quinto Teste Efetuado.....	64
Figura n.º 46 - Restabelecimento das comunicações com o PC.....	65
Figura n.º 47 - Frequência das Ideias-Chave Identificadas nas Entrevistas	66
Figura n.º 48 - Configuração do Comandante (Zona Posterior)	XX
Figura n.º 49 - Configuração do Comandante (Zona Anterior)	XX
Figura n.º 50 - Rádio de Baixo Escalão	XXI
Figura n.º 51 - Terminal de Dados Robustecido	XXII
Figura n.º 52 - Rádio Individual (EID TWH-104R4)	XXII
Figura n.º 53 - EID TWH-101W1 PTT WIRELESS	XXIII
Figura n.º 54 - Headset Binaural Tático	XXIII

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela n.º 1 - Classificação dos drones em função do n.º de braços e motores.....	15
Tabela n.º 2 - Classificação NATO para drones militares	16
Tabela n.º 3 - Especificações DJI S900.....	18
Tabela n.º 4 - Ideias-Chave da perceção dos inqueridos/utilizadores acerca do valor funcional do BMS	49
Tabela n.º 5 - Ideias-Chave das propostas de melhoria referidas pelos inqueridos .	52

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro n.º 1 - Documentação Oficial Consultada	31
Quadro n.º 2 - Comparação entre tipologias de entrevistas	32
Quadro n.º 3 - Fases de experimentação do exercício ARTEX24	56
Quadro n.º 4 - Tarefas Específicas dos Diversos Módulos	59
Quadro n.º 5 - Níveis de comunicação pré-estabelecidos	60
Quadro n.º 6 - Configuração do Comandante	XIX
Quadro n.º 7 - Configuração do Soldado	XXI

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Guião do inquérito para entrevistas exploratórias.....	I
Apêndice B - Declaração de Consentimento Informado.....	III
Apêndice C - Informações genéricas sobre os entrevistados.....	IV
Apêndice D - Síntese da entrevista exploratória.....	V
Apêndice E - Síntese das ideias-chave das entrevistas exploratórias.....	X
Apêndice F - Inquérito por Questionário.....	XII
Apêndice G - Carta de Aceitação WORLDCIST 2025.....	XVII
Apêndice H - Carta de Aceitação MICRADS 2025	XVIII

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Configuração do Comandante.....	XIX
Anexo 2 - Configuração do Comandante (Zona Posterior)	XX
Anexo 3 - Configuração do Comandante (Zona Anterior)	XX
Anexo 4 - Configuração do Soldado	XXI
Anexo 5 - Rádio De Baixo Escalão (R&S Handheld TR-5000H -SDHR)	XXI
Anexo 6 - Terminal De Dados Robustecido	XXII
Anexo 7 - Rádio Individual (EID TWH-104R4)	XXII
Anexo 8 - EID TWH-101W1 PTT WIRELESS	XXIII
Anexo 9 - Headset Binaural Tático	XXIII

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

A	
AgrISTAR	Agrupamento ISTAR
AM	Academia Militar
ARTEX	<i>Army Technological Experimentation Exercise</i>
B	
BIPes	Batalhão de Infantaria Pesado
BMS	<i>Battlefield Management System</i>
BTID	Base Tecnológica Industrial de Defesa
C	
CB	Campo de Batalha
CEMTE _x	Centro de Experimentação e Modernização Tecnológica do Exército
CNR	<i>Combat Net Radios</i>
CNPC	<i>Control and Non-Payload Communications</i>
COP	<i>Common Operational Picture</i>
C2	<i>Command and Control</i>
C3	<i>Command, Control, and Communications</i>
C4I	<i>Command, Control, Communications, Computers, and Intelligence</i>
D	
DSS-C2	<i>Dismounted Soldier System for Command and Control</i>
DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>
E	
ECOSF	Elementos da Componente Operacional do Sistema de Forças
EUA	Estados Unidos da América
F	
FANET	<i>Flying Ad Hoc Network</i>
FFAA	Forças Armadas
FOB	<i>Forward Operating Base</i>

H	
HT	Hélice Tripla
I	
I&D	Investigação e Desenvolvimento
IoT	<i>Internet of Things</i>
IST	Instituto Superior Técnico
L	
LPD	<i>Low probability of detection</i>
LPI	<i>Low probability of interception</i>
M	
MANET	<i>Mobile Ad Hoc Network</i>
MDN	Ministério da Defesa Nacional
N	
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i>
NEP	Norma de Execução Permanente
O	
OI	Objetivos de Investigação
ONGs	Organizações Não-Governamentais
P	
PC	Posto de Comando
PelAt	Pelotão de Atiradores
PelSistAerNTrip	Pelotão de Sistemas Aéreos Não-Tripulados
Q	
QDAS	Software de Análise de Dados Qualitativos
QI	Questões de Investigação
R	
RA5	Regimento de Artilharia N.º 5
RBE	Rádio de Baixo Escalão
RI14	Regimento de Infantaria n.º 14
RM	Rádio multifuncional
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
RTL	Rádio Telefonista
RCA	República Centro Africana

S	
SA	<i>Situation Awareness</i>
SATCOM	<i>Satellite communications</i>
SCS	Sistema de Combate do Soldado
SCTN	Sistema Científico e Tecnológico Nacional
SecMiniUAV	Secções Mini-UAV
SICCE	Sistema de Comando e Controlo do Exército
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
T	
TO	Teatro de Operações
TTP	Técnicas, Táticas e Procedimentos
U	
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UAS	<i>Unmanned Aircraft System</i>
UE	União Europeia
UIG	Universidades – Indústria – Governo
U/E/O	Unidade / Estabelecimento / Órgão
V	
VANET	<i>Vehicular Ad Hoc Network</i>

INTRODUÇÃO

O incremento da digitalização do campo de batalha constitui-se na atualidade como um pilar fundamental da modernização das forças armadas (FFAA) uma vez que associado a este fenómeno estão inerentes cada vez mais ameaças assimétricas, estando estas associadas a um maior grau de complexidade tecnológica. Estas ameaças denotam uma exponencial imprevisibilidade dos diversos Teatros de Operações (TO), impondo às forças terrestres a necessidade de desenvolver e integrar sistemas avançados de Comando e Controlo (C2). Posto isto, é possível denotar que a indústria da defesa se encontra num momento crucial para o seu desenvolvimento e consolidação, sendo da responsabilidade de todas as entidades envolvidas, *stakeholders*¹, trabalharem em função de um novo modelo que permita potenciar a rentabilidade do sistema científico-tecnológico industrial nacional, numa perspetiva de aproximação progressiva às capacidades das Forças Armadas e às necessidades operacionais da defesa nacional.

Como tal, ao longo desta investigação abordamos os diversos modelos de inovação, desde a Hélice Tripla (HT) até ao conceito “n-hélice”, uma vez que segundo Reis et al. (2023) estes assentam na premissa de que a inovação, que tem uma importância cada vez maior nos ecossistemas em evolução (centrados no conhecimento), exerce uma influência significativa na formação das sociedades. Contudo, embora o futuro da inovação militar se baseie cada vez mais no domínio da Hélice Quíntupla (Reis et al. (2023)), a contínua relação entre o meio Académico, Industrial e Estadual está prestes a alterar-se para um paradigma com especial enfoque na tecnologia e nas considerações ambientais.

No que concerne ao conceito de tecnologia, temática em que se insere esta investigação, Grübler (2015) destaca a multiplicidade de ligações e interdependências entre tecnologias, dando origem a sucessivos *clusters*² tecnológicos. Neste contexto, surgem então os sistemas *Command, Control, Communications, Computers and Intelligence* (C4I), que assumem um papel preponderante na condução de operações militares, principalmente nos baixos escalões. No que toca ao C4I e às aquisições que têm sido efetuadas pelo Exército Português, fruto das lições aprendidas retiradas do TO da Ucrânia, torna-se possível garantir

¹ Todos os indivíduos, grupos ou organizações que têm interesse direto ou indireto nos resultados de uma decisão, projeto ou política.

² Este conceito refere-se a um conjunto de tecnologias interligadas que evoluem de forma coordenada e interdependente, promovendo inovações complementares e reforçando mutuamente o seu impacto.

uma infraestrutura de comunicação robusta, eficiente e segura de modo a fazer face a possíveis tentativas de disrupção das comunicações (Exército Português, 2024, p. 49).

O Exército Português, consciente desta evolução tecnológica, tem vindo a investir e a implementar uma arquitetura digital nos seus batalhões de Infantaria, com especial enfoque no *Battlefield Management System* (BMS), e no *Dismounted Soldier System for Command and Control* (DSS-C2). Estes sistemas inserem-se no âmbito mais vasto do programa nacional de modernização do Sistema de Combate do Soldado (SCS), não só para aumentar a letalidade e a sobrevivência das forças apeadas, mas sobretudo para reforçar a capacidade de Comando e Controlo através de comunicações seguras, partilha de dados em tempo real e acesso a uma *Common Operational Picture* (COP) dinâmica e fiável (Exército Português, 2023, p. 17).

Posto isto, e com base na tipologia dos atuais conflitos, como no caso do leste da Europa (Ucrânia), que é caracterizada por intensos confrontos entre forças convencionais de larga escala, predominantemente em áreas urbanas, incluindo combate de trincheira, com recurso a *Unmanned Aerial Vehicles* (UAVs), sistemas de defesa aérea sofisticados, guerra eletrónica e ciberguerra (Exército Português, 2024, p. 49). No entanto, no âmbito desta investigação damos especial ênfase aos UAVs, que segundo o Major General Vieira Borges (2024, p. 22) são claramente os protagonistas desta guerra. No seguimento destas tendências operacionais, denota-se que a integração destas plataformas aéreas não tripuladas é cada vez mais frequente, sendo alvo de várias aplicações na componente operacional, no entanto, o foco desta investigação passou por obter respostas acerca da capacidade operacional destes sistemas na extensão das redes de voz e dados e aumentar/assegurar a cobertura das comunicações em ambientes operacionais complexos, onde os obstáculos naturais e/ou artificiais podem ser comprometedores.

De forma a avaliar a extensão das redes de voz e dados com recurso a um UAV e realizar testes ao SCS e à interoperabilidade entre o BMS e o DSS-C2, integramos o exercício ARTEX24, que reuniu múltiplos atores civis e militares de forma a testar estas soluções inovadoras, tornando possível testar estas soluções em contexto operacional e retirar conclusões das suas potencialidades e vulnerabilidades.

Esta investigação teórico-prática encontra-se inserida no ciclo de estudo do Mestrado Integrado em Ciências Militares, na especialidade de Infantaria, da Academia Militar (AM), tendo como objetivos de investigação (OI): 1) Analisar o contributo do sistema BMS para a eficácia do Comando e Controlo no escalão de Batalhão e explorar as perspetivas dos utilizadores relativamente à futura integração do DSS-C2 no âmbito do SCS; 2) Validar a

capacidade de extensão de rede de voz e dados com emprego de rádios de baixo escalão (RBE) do C4I com UAV. Portanto, e de acordo com os nossos Objetivos de Investigação (OI), formulámos as seguintes Questões de Investigação (QI):

- **QI1:** De que forma o sistema BMS tem contribuído para a eficácia do Comando e Controlo no escalão de Batalhão, e quais são as perceções dos utilizadores quanto à futura integração do DSS-C2 no contexto do Sistema de Combate do Soldado (SCS)?
- **QI2:** Quais são as capacidades de extensão de rede de voz e dados com emprego de RBE do C4I com UAV?

A pertinência desta investigação advém da constante necessidade de modernização das capacidades de C2 nas forças armadas, uma vez que os TO se encontram em constante mutação, sendo cada vez mais complexos e dinâmicos, principalmente no domínio tecnológico. Ao testar no terreno a interoperabilidade entre o BMS e o DSS-C2, em simultâneo com o potencial emprego de UAVs com RBE integrados, torna-se possível compreender o impacto operacional destas tecnologias em UEB. Estas soluções contribuem para responder a um desafio operacional concreto: Estender a capacidade de extensão de rede de voz e dados com emprego de rádios de baixo escalão (RBE) do C4I com UAV visando garantir comunicações em ambientes adversos e com limitações topográficas. Posto isto, esta investigação assume-se como um contributo relevante não só para a doutrina nacional de C4I, bem como, para o aperfeiçoamento das capacidades operacionais dos batalhões de Infantaria, com base nas evidências empíricas providenciadas ao longo desta investigação.

Relativamente à estrutura do presente trabalho, este encontra-se dividido em quatro capítulos, conclusões e referências bibliográficas. Este trabalho inicia-se com uma introdução ao tema da investigação, na qual se faz um enquadramento teórico-prático da mesma, abordando a motivação e a pertinência subjacente à escolha desta temática, bem como, a definição dos objetivos de investigação. No Capítulo 1 abordamos os conceitos fundamentais para a perceção da problemática explanada ao longo do trabalho, fazendo uma revisão de literatura associada à temática em estudo. No Capítulo 2, detalhamos o percurso metodológico adotado, incluindo os objetivos e questões de investigação, o desenho e a estratégia de investigação, a abordagem metodológica, os métodos e técnicas de recolha de dados, os critérios de amostragem, bem como os procedimentos de análise e tratamento da informação recolhida. No capítulo 3, serão abordados dois dos sistemas em utilização por parte do Exército Português, nomeadamente, o BMS e o DSS-C2 bem como, a

interoperabilidade entre ambos, terminando com uma análise aos inquéritos por questionário realizados. No Capítulo 4, é efetuada, numa primeira instância, a contextualização da 2ª edição do ARmy Technological EXperimentation (ARTEX), e posteriormente, a apresentação de todos os testes empíricos realizados ao longo das diversas fases do exercício bem como a análise de conteúdo das entrevistas efetuadas neste âmbito, sendo esta a componente fundamental da investigação. Por fim, apresentamos as conclusões e contribuições teórico-práticas da nossa investigação, as limitações da mesma, e numa última instância, deixamos alguns desafios para futuras investigações.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo visa apresentar os conceitos fundamentais para a percepção da problemática explanada ao longo do trabalho. Inicialmente, será feito um enquadramento no âmbito da indústria da defesa, abordando conceitos mais específicos, tais como: a digitalização do campo de batalha e a evolução do sistema C4I. De seguida, serão abordados os diversos modelos de inovação, fornecendo os conceitos básicos para discussão ao descrever os conceitos da N-hélice, ou seja, o modelo da Hélice Tripla, concebido por Etzkowitz e Leydesdorff (1998, 2000), a Hélice Quádrupla e Quíntupla de Carayannis et al. (2012) e a N-Hélices por Leydesdorff (2012), fazendo uma correlação com um caso prático específico: o exercício ARTEX24. Posteriormente, é feito um enquadramento acerca dos UAVs bem como, da sua caracterização. Por fim, terminamos este capítulo com uma abordagem às diversas tipologias de comunicações inerentes a estes sistemas.

1.1. A Indústria da Defesa, a Digitalização do Campo de Batalha e o Sistema C4I

A indústria da defesa é considerada um instrumento central, tanto para a soberania nacional como para a condução da política externa dos Estados (Sezal & Giumelli, 2022; Simões et al., 2020) e tem como principal objetivo equipar as forças armadas à escala global de forma a poderem cumprir as suas missões. Missões estas que, além da missão constitucional e fundamental que é a defesa militar da República no domínio terrestre, marítimo e aéreo, incluem também missões relacionadas com a proteção civil. Contudo, é essencial estar ciente que este enquadramento não é estático e que estas missões estão em constante adaptação às mudanças do ambiente geoestratégico e do próprio interesse nacional.

Apesar da paz ter sido predominante em toda a parte ocidental da Europa nas últimas décadas, a História mostra-nos que nos últimos mil anos as guerras foram uma constante, continuando a existir bastantes focos de tensão e conflitos que requerem forças armadas devidamente equipadas e com soldados prontos a atuar (Alves & Nunes, 2021). Esta necessidade de defesa e de segurança denota a importância da indústria da defesa, mesmo em países onde as ameaças parecem ser pouco evidentes.

Desde o final da Guerra Fria (de 1949 a 1989), a indústria da defesa tem sido alvo de uma transformação significativa, impulsionada pelas mudanças geopolíticas e pela crescente necessidade de inovação tecnológica, uma vez que a natureza da guerra transitou de grandes arsenais para sistemas de armas altamente inovadores e de alta precisão (Mészáros, 2024),

afirmando-se cada vez mais o poder da ciência e do conhecimento, no qual se enquadra a ciência tecnológica e industrial, que também se adapta (Figueiredo Lopes, 2023). No entanto, segundo Reis (2021, p.11) não existe uma relação direta entre a natureza da guerra e o desenvolvimento das Indústrias de Defesa, apesar de se verificar que a Indústria de Defesa contribui para a estratificação do poder político, funcionando como um instrumento de política internacional e afirmação da soberania nacional (Reis, 2021, p.11).

Durante décadas, após este conflito, assumiu-se que a paz tinha sido alcançada, não havendo previsões de voltar a existir conflitos de larga escala na Europa, o que levou a um déficit nos investimentos em equipamentos militares e nas cadeias de abastecimento da defesa (PwC, 2005). Assim, a indústria da defesa teve de se adaptar a esta realidade para sobreviver, reduzindo custos e expandindo a sua influência, enquanto o Estado diminuía progressivamente o seu envolvimento na defesa (Reis, 2023), envolvimento este que deve ser visto como o preço a pagar pela segurança e defesa nacional, mas também como um investimento racional e estratégico do dinheiro público, dado os relevantes benefícios macroeconómicos decorrentes das despesas militares numa perspetiva de desenvolvimento e de sustentabilidade da base tecnológico-industrial nacional.

Posto isto, as empresas sentiram a necessidade de formar corporações multinacionais e estabelecer redes transnacionais, expandindo-se além das fronteiras dos Estados e, em algumas situações, substituindo a cooperação intergovernamental, levando a que muitas das inovações militares fossem transferidas para a sociedade civil (Reis, 2023).

No entanto, em 2022, com a eclosão da guerra entre a Rússia e a Ucrânia, verificou-se uma intensificação da relevância estratégica da indústria de defesa europeia, consolidando o seu papel no atual cenário geopolítico e expondo a vulnerabilidade estratégica dos países europeus, o que desencadeou um aumento significativo no investimento e no desenvolvimento da indústria da defesa. Deste modo, quando se reconhece que este conflito é uma ameaça séria à segurança, não só da Europa, mas também dos Estados Unidos da América (EUA) e à segurança Euro-Atlântica, esta não pode deixar de ter um impacto substancial, não só na arquitetura de segurança e defesa nacional e europeia, mas também na capacidade de resposta do setor tecnológico industrial de defesa e, naturalmente, nos orçamentos das Forças Armadas (Lopes, 2023).

Segundo Tilford (2021), um dos principais fatores que impulsionaram a mais recente revolução na indústria da defesa foram os rápidos avanços tecnológicos associados aos sistemas de defesa inteligentes, que têm acelerado a passagem da Era Industrial para a Era da Informação, redefinindo a natureza dos conflitos e das estratégias militares.

No entanto, segundo Figueiredo Lopes (2023), a relação entre tecnologia e capacidade militar é intrínseca à própria criação das forças armadas, uma vez que a história demonstra que muitos saltos tecnológicos resultaram precisamente da área militar, visto que a constante necessidade de responder ao inimigo leva ao desenvolvimento de melhores capacidades, para as quais o produto tecnológico e a investigação científica e tecnológica têm um papel fundamental.

Este incremento nos avanços associados aos sistemas de defesa inteligentes está a abrir caminho para indústrias de defesa altamente tecnológicas. Tecnologias como a robótica (Ha et al., 2019; Lin et al., 2021), a inteligência artificial (Mori, 2018) e a *Internet of Things*³ (IoT) (Mariani et al., 2021) estão a provocar mudanças e impactos consideráveis nas indústrias de defesa (Payal et al., 2021). Estas tecnologias são conhecidas por terem a capacidade de desenvolver sistemas inteligentes autónomos, cada vez mais concebidos para aplicações militares, e capazes de operar eficientemente em áreas de conflito.

Posto isto, existe uma tendência cada vez maior para o aumento da digitalização do campo de batalha, sendo que, com este aumento pretende-se, sobretudo, o aumento da compreensão situacional dos militares no terreno bem como, o aumento da recolha de dados do campo de batalha. Esta digitalização constitui-se como uma das atuais tendências tecnológicas no setor da defesa, focando-se na recolha, processamento, disseminação e aplicação da informação em tempo quase real, com vista à obtenção da superioridade informacional (NATO, 2018), integrando tecnologias cada vez mais sofisticadas, redes seguras de comunicações, sensores avançados, sistemas de gestão da informação e algoritmos de apoio à decisão, promovendo a superioridade ao nível da informação como fator decisivo nas operações militares modernas (Alves, Rodrigues e Pinto, 2023). A Figura n.º 1 ilustra de que forma é estabelecida a relação de partilha de informação, de acordo com a doutrina da NATO.

³ Este conceito refere-se à interligação, através da *internet*, de dispositivos informáticos incorporados em objetos do quotidiano, permitindo-lhes a comunicação e troca de dados em tempo real sem necessidade de intervenção humana. No contexto da defesa, a IoT é aplicada em sensores, veículos autónomos, sistemas de vigilância e dispositivos de comando e controlo, otimizando a eficiência operacional e reforçando a consciência situacional no campo de batalha.

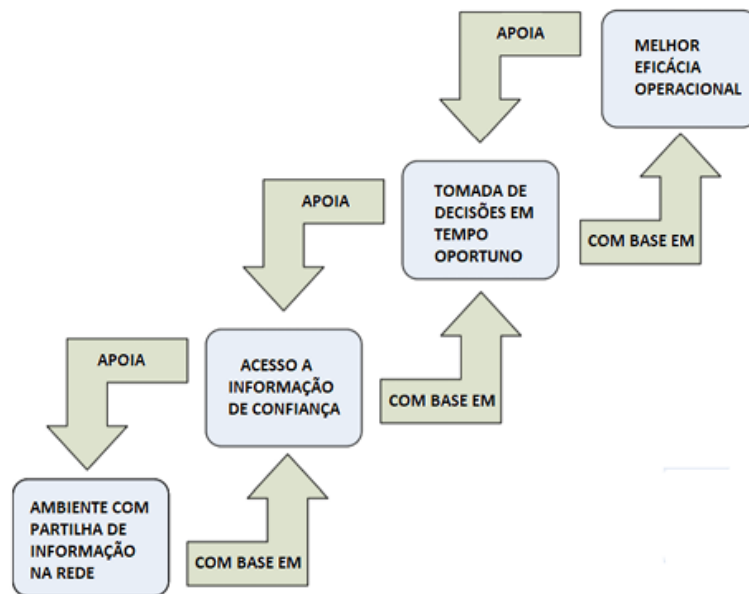


Figura n.º 1 - Relação entre partilha de informação numa rede e melhor eficácia operacional defendida pela NATO
 Fonte: NATO (2018)

Este ambiente centrado em rede aumenta a colaboração entre todos os níveis do organograma do Exército e reforça a capacidade de sincronização entre os diversos intervenientes (Ferreira, 2022). Posto isto, torna-se possível acelerar a designada velocidade de comando, isto é, o tempo de reação entre a tomada de decisão e a execução das mesmas, na adaptação à exigência de cada cenário. Segundo Barroso (2008), o estado final deste ciclo reflete-se num aumento contínuo de capacidades e numa maior eficácia no cumprimento da missão.

Neste âmbito surgem então os sistemas C4I, que permitem o tratamento e a rápida disseminação da informação aos vários escalões, bem como, a disponibilização de uma maior quantidade de informação e de melhor qualidade de serviços (voz, dados e imagem). No entanto estes sistemas exigem comunicações mais robustas, eficientes e com maior largura de banda para disponibilizar a informação necessária às exigências dos utilizadores.

A utilização de sistemas como o BMS e o DSS-C2, posteriormente abordados no Capítulo 3 desta investigação, permite garantir o fluxo de informação no campo de batalha. Desta forma, a COP fica assim mais reforçada (Exército Português, 2021, p. 15).

No caso específico do Exército Português, esta digitalização será uma realidade num futuro próximo, através da introdução do DSS-C2, havendo uma tendência para o aumento da quantidade de dados recolhidos (incluindo dados biométricos) de forma automática e transmitidos através dos vários escalões (Exército Português, 2021, p. 15).

No atual ambiente operacional multinacional, a interoperabilidade destes sistemas entre forças aliadas reveste-se de extrema importância no que toca ao sucesso das operações. Neste sentido, a NATO tem promovido após a Guerra-Fria uma série de documentos orientadores de forma a alcançar uma padronização. Padronização esta, que permite que diferentes sistemas C4I funcionem de forma coordenada, garantindo não só a eficácia tática, mas também a coerência estratégica das operações.

1.2. Modelos de Inovação

1.2.1. Hélice Tripla, Hélice Quádrupla, Hélice Quíntupla e o conceito N-Hélice

Segundo Carayannis et al. (2022), existe um consenso na comunidade científica de que a Hélice Tripla representa um modelo central para a produção de conhecimento e inovação.

A HT é amplamente reconhecida na literatura como uma ferramenta concetual que procura promover a inovação e o empreendedorismo através de uma melhor compreensão, cooperação e interação entre a universidade, a indústria e as instituições governamentais, apoiando o crescimento económico e a conceção de políticas de inovação (Cai & Lattu, 2022; Jovanović et al., 2022). Entretanto, a relação entre universidades-indústria-governo e os seus indicadores tem evoluído nos últimos anos, dando origem a novos paradigmas (Leydesdorff, 2012), que vamos abordar de seguida.

De acordo com Leydesdorff e Ivanova (2016), o modelo de inovação TH contempla três pilares fundamentais: a educação, a economia e a política, conforme ilustrado na Figura n.º 2. Estes são representados por três agentes que são, respetivamente:

- 1) as Universidades, responsáveis pela investigação científica e pela formação de recursos humanos qualificados, funcionando como um motor do conhecimento e da transferência tecnológica para a sociedade (Etzkowitz, 2008);
- 2) a Indústria, que se foca na aplicação do conhecimento produzido pelas universidades, convertendo-o em inovação comercial e tecnológica para o desenvolvimento económico e competitividade (Leydesdorff, 2012);
- 3) o Governo, que atua como regulador e facilitador da inovação, estabelecendo políticas de incentivo à investigação, promovendo financiamento e criando um ambiente regulatório adequado para o desenvolvimento tecnológico (Ranga & Etzkowitz, 2013);

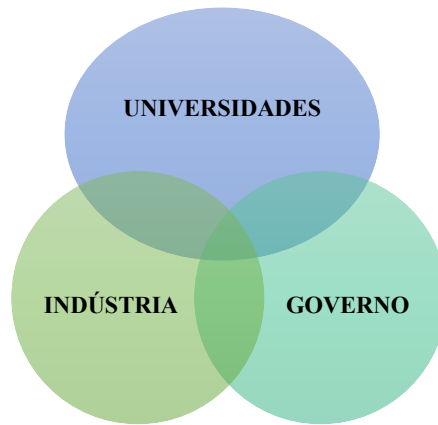


Figura n.º 2: Pilares Fundamentais da HT
Fonte: Adaptado de Carayannis et al. (2012)

De acordo com esta perspectiva, Etzkowitz e Leydesdorff (2000) sustentam que a inovação não é um processo linear conduzido apenas pela iniciativa privada ou pelo setor público, mas sim um fenómeno resultante da interdependência e colaboração entre estas três esferas.

No entanto, as relações entre universidades-indústria-governo (UIG) têm evoluído nos últimos anos, dando origem a novos paradigmas (Leydesdorff, 2012) sendo que, a colaboração entre estas três esferas tem permitido avanços significativos em áreas como a inteligência artificial, os sistemas autónomos e a cibersegurança (Leydesdorff & Ivanova, 2016).

Contudo, este modelo evoluiu para adaptações mais complexas, como a Quádrupla Hélice, que inclui a sociedade civil como uma quarta esfera, conforme ilustrado na Figura n.º 3, evidenciando o papel dos utilizadores e consumidores no desenvolvimento de inovação, composta por cidadãos, organizações sociais, Organizações Não-Governamentais (ONGs) e meios de comunicação, contribuindo para a aceitação e disseminação da inovação (Carayannis & Campbell, 2012).

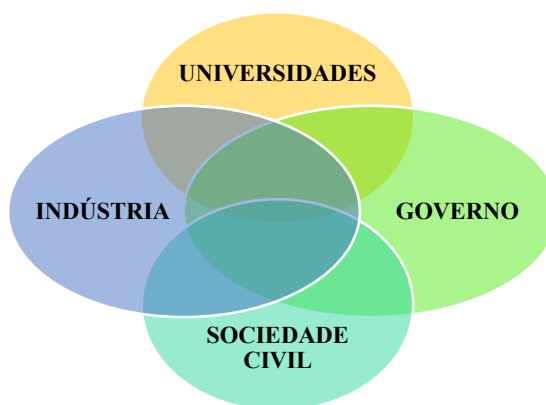


Figura n.º 3: Pilares Fundamentais da Quadrupla Hélice
Fonte: Carayannis e Campbell (2012).

Enquanto a TH se foca na interação UIG, a Quádrupla Hélice sustenta que a inovação não pode ser desassociada das necessidades sociais e da participação ativa da população.

O modelo da Quíntupla Hélice surge então após uma evolução dos modelos de inovação anteriormente apresentados, ao incorporar uma quinta esfera essencial: o meio ambiente e a sustentabilidade, que amplia a interação UIG e sociedade civil, sustentando que os desafios da inovação no século XXI não podem ser dissociados das questões ambientais e ecológicas. A Figura n.º 4 ilustra a interação entre os cinco elementos que compõem o modelo de Quíntupla Hélice, proporcionando a compreensão da interdependência entre estes atores.



Figura n.º 4: Pilares Fundamentais da Quíntupla Hélice
Fonte: Carayannis e Campbell (2012).

A sustentabilidade e a economia verde tornam-se, assim, fatores fundamentais no âmbito da inovação e no desenvolvimento tecnológico da indústria da defesa (Carayannis &

Campbell, 2012), onde surge a necessidade de estabelecer um equilíbrio entre progresso tecnológico com responsabilidade ambiental (Carayannis et al., 2012).

Este modelo de inovação é o mais abrangente, uma vez que incorpora os ambientes naturais da sociedade (Carayannis et al., 2012), conforme evidencia a Figura n.º 5.



Figura n.º 5: Modelos de Hélice Tripla, Quádrupla e Quintupla
Fonte: Adaptado de Carayannis et al. (2022) and Carayannis e Campbell (2012)

Mais tarde, Leydesdorff (2013) apresentou também o seu modelo N-Hélice, que pode ser interpretado de diferentes maneiras. Segundo Reis et al. (2021) este modelo pode ser visto como uma meta-reflexão e comparação de diferentes abordagens às hélices de forma a permitir conceções e novas elaborações criativas, e simultaneamente, também possui e expressa uma questão “abstrata” (Carayannis et al., 2022).

Este modelo revela-se mais flexível e dinâmico uma vez que dependendo do contexto socioeconómico e tecnológico em que se insere, sustenta que pode existir um número variável de atores (Carayannis & Campbell, 2012). Em comparação com os modelos previamente abordados, que apresentavam um número fixo de hélices (atores), o modelo N-Hélice pressupõe um ecossistema aberto, onde diversos atores podem ser incorporados por forma a combater a complexidade dos processos de I&D. O modelo N-Hélice reveste-se de uma extrema importância em setores altamente tecnológicos, particularmente, no da defesa.

Segundo Reis et al. (2022) a atividade industrial assenta numa hélice quintupla, com um envolvimento profundo das universidades e do governo na inovação. No entanto, cada vez mais, as inovações militares estão a ser transferidas para a sociedade civil, com cada vez mais atenção ao fator ambiente e sustentabilidade. Exemplo disso, é o exercício ARTEX24,

que contou com a participação de 19 instituições civis, incluindo empresas e universidades, que realizaram um total de 35 testes nos diversos sistemas⁴. Este é um exemplo de que a inovação na defesa não ocorre de forma isolada, mas sim num ambiente de colaboração mútua entre os setores públicos e privados, sociedade civil e diversos organismos (nacionais e internacionais), evidenciando a necessidade de um desenvolvimento sustentável neste setor.

1.3. *Unmanned Aerial Vehicles*, Conceito de *drone* e a sua Aplicação no Exército Português e no Exercício ARTEX24

Segundo Reis et al. (2021) e com base nos modelos de inovação apresentados no subcapítulo anterior, a indústria da defesa assenta num processo de realização progressiva e contínua de investigação e desenvolvimento de sistemas de defesa autónomos em vários domínios, nomeadamente: espaço, ciberespaço, ar, mar e terra. No entanto, neste subcapítulo vamos cingir-nos ao domínio aéreo, mais especificamente nos UAVs, que, de acordo com Solomentsev et al. (2015), podem ser considerados um subsistema dos *Unmanned Aerial Systems* (UAS), uma vez que são equipamentos essencialmente eletrónicos com inúmeras capacidades e valências.

Durante a última década existiu um aumento exponencial das capacidades tecnológicas militares, que esteve diretamente interligado à evolução e aquisição de sistemas cada vez mais sofisticados (Petrovski & Radovanovic, 2021). Sistemas como os drones, em contextos militares, são cada vez mais essenciais para acompanhar os avanços tecnológicos atuais (Hassanalian & Abdelkefi, 2017) e exigem um trabalho de colaboração entre vários setores.

Segundo Reis et al. (2021), embora os drones sejam amplamente utilizados em todos os níveis da guerra, incluindo contextos estratégicos, operacionais e táticos, um subconjunto específico conhecido como UAVs tende a apresentar níveis mais baixos de automatização. Este baixo nível de automatização inerente a estes sistemas torna-os particularmente adequados para funções tático-operacionais (Atanásio et al., in press).

Os UAVs têm-se revelado valiosos ativos em várias operações militares, principalmente devido à sua capacidade de reduzir custos em comparação com as forças

⁴ Informação retirada de <https://www.iddportugal.pt/exercicio-artex-24-solucoes-tecnologicas-para-o-exercito-portugues/>, no dia 17 de novembro de 2024.

militares convencionais, bem como por serem uma alternativa fidedigna às aeronaves tripuladas, uma vez que operam em condições mais perigosas e com maior autonomia associada (Fatima et al., 2023). Estes equipamentos têm sido adquiridos e estão a ser constantemente utilizados pelas Forças Armadas de diversos países em missões de reconhecimento e vigilância do campo de batalha, missões de combate, bem como para serem utilizados como veículos de reabastecimento, sem necessidade de colocar tropas em risco (Reis et al., 2022) , uma vez que operam em condições mais perigosas com maior autonomia e podem ser muito rentáveis quando comparadas com as aeronaves tripuladas (NATO, 2017), facto esse que faz dos mesmos uma tecnologia “apetecível” a que nenhum país pode estar alheio.

A evolução destes sistemas leva ao desenvolvimento de diversas tipologias de veículos, com um número cada vez maior de fornecedores diferentes, onde cada um possui especificações e características próprias (NATO, 2017). Esta diversidade resulta numa dificuldade em termos de interoperabilidade entre veículos heterogéneos, sendo que, na maioria das vezes, as operações atuais com múltiplos veículos e países são como se vê na Figura n.º 6.

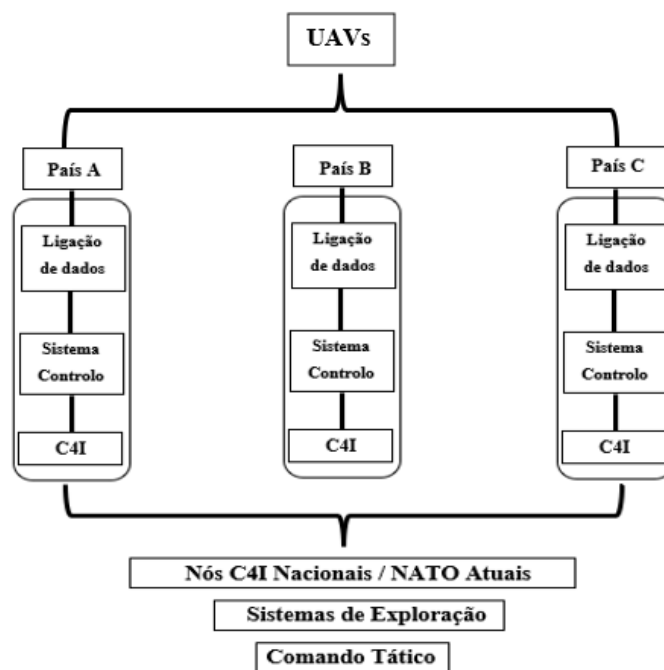


Figura n.º 6: Exemplo de Operações com UAVs na Atualidade
 Fonte: Elaboração Própria baseado em STANAG 4586

Estes sistemas, que incluem o UAV, a *Ground Control Station* (GCS), os sistemas de comunicação e os sensores embarcados, desempenham missões cada vez mais complexas (NATO, 2017) e integradas com diversas plataformas tecnológicas. Associado a estas missões de elevado grau de complexidade surge então a necessidade de adquirir mecanismos que possibilitem incrementar sistemas mais automatizados e adequados aos utilizadores que os operam, surgindo assim os drones (Vergouw et al., 2016, pp. 23-25).

De acordo com as contribuições teóricas e empíricas existentes, os *drones* são caracterizados por serem aeronaves que podem ser pilotadas remotamente ou de forma autónoma, através de frequências rádio ou com uma rota pré-programada, de forma a executar uma determinada missão (Kardasz & Doskocz, 2016, p.1), podendo fazer uso de comunicações por satélite quando a zona de operações ou o alvo que pretendem atingir se situa para além do alcance visual. No entanto, a sua utilização apresenta alguns desafios, tais como o curto período de voo, uma vez que estes equipamentos dependem diretamente de uma bateria, estando inerente à sua utilização a necessidade de carga da mesma. Este é um grande obstáculo à utilização de *drones*, no entanto, existem cada vez mais projetos relacionados com a sua mitigação.

Segundo Kardasz e Doskocz (2016), os *drones* são compostos por dois sistemas principais: o Sistema de Movimento e o Sistema de Controlo; no entanto, o elemento básico de um drone é a sua estrutura, que deve ser o mais leve possível. A classificação da construção da estrutura baseia-se, principalmente, no seu número de braços. Em função do número de braços e dos motores utilizados, os drones podem ser divididos em diversas categorias, conforme apresentado na Tabela n.º 1.

Tabela n.º 1: Classificação dos *drones* em função do número de braços e motores

Bicópteros	Dois Motores
Tricópteros	Três Motores
Quadrocópteros	Quatro Motores
Hexacópteros	Seis Motores
Octocópteros	Oito Motores

Fonte: Kardasz e Doskocz (2016, p. 1)

É geralmente reconhecido que a construção que apresente mais braços permite um voo mais estável, sendo que as hélices e os motores constituem o sistema principal de propulsão de um *drone* e estão sujeitos às cargas mais elevadas, pelo que a sua durabilidade

é muito importante. Associado a este sistema de propulsão surge o tempo de permanência do objeto no ar, que depende tanto do tipo de motor como da tipologia de alimentação elétrica (Bogusz et al., 2015).

Barros et al. (2024, p. 84) realizaram uma divisão dos drones entre: drones militares e drones civis, com base na sua aplicabilidade e nos seus parâmetros funcionais. No entanto, no âmbito desta investigação vamos apenas focar-nos nos drones militares uma vez que se trata de uma investigação associada às Ciências Militares.

No quadro da UE, os *drones* militares são uma tecnologia considerada prioritária, dada a sua reconhecida eficácia e potencial na condução de operações militares, podendo estes serem agrupados em três diferentes tipologias consoante o seu empenhamento normal, nomeadamente, os estratégicos, os operacionais e os táticos. No entanto, segundo Barros et al. (2024) não existe consenso na comunidade científica acerca da divisão dos drones, uma vez que estes autores reconhecem a ausência de consenso na divisão dos *drones* militares, tanto nos parâmetros a utilizar, como nos valores de referência para os mesmos. Como tal, vamos seguir a classificação NATO (2016), apresentada na Tabela n.º 2, abaixo apresentada.

Tabela n.º 2 -Classificação NATO para drones militares

Classe	Categoria	Empenhamento Normal	Altitude Operacional	Raio de Missão	Escalão
Classe III (>600 kg)	Strike/Combat	Estratégico / Nacional	Até 65.000 pés	Ilimitado (BLOS)	Teatro
	HALE	Estratégico / Nacional	Até 65.000 pés	Ilimitado (BLOS)	Teatro
	MALE	Operacional / Teatro	Até 45.000 pés	Ilimitado (BLOS)	JTF
Classe II (150 Kg – 600 Kg)	Tactical	Formação Tática	Até 18.000 pés	200 km (LOS)	Brigada
Classe I (<150 Kg)	Small (>15Kg)	Unidade Tática	Até 5000 pés AGL	50 km (LOS)	Regimento, Batalhão
	Mini (<15Kg)	Subunidade Tática (Lançamento Manual)	Até 3.000 pés AGL	25km (LOS)	Companhia, Pelotão, Esquadra
	Micro (<66J)	Subunidade Tática (Lançamento Manual)	Até 200 pés AGL	5km (LOS)	Pelotão, Esquadra

Fonte: Adaptado de NATO (2016)

Contudo, como para esta investigação delimitamos a nossa abordagem ao escalão Batalhão, iremos apenas cingir-nos à Classe I desta classificação, ou seja, aos *drones* militares táticos.

No caso específico do Exército Português, as unidades responsáveis pelas diversas missões inerentes à utilização de *drones* estão organicamente dependentes do Agrupamento ISTAR⁵ (AgrISTAR), que tem como missão “preparar-se para executar operações em todo o espectro das operações militares, no âmbito nacional ou internacional, de acordo com a sua natureza.” (Estado-Maior do Exército [EME], 2015, p. 3). Como tal, o AgrISTAR tem a capacidade de projetar forças, nomeadamente Secções Mini-UAV (SecMiniUAV), organicamente inseridas no Pelotão de Sistemas Aéreos Não-Tripulados (PelSistAerNTrip), conforme a Figura n.º 7, com a finalidade de produzir informação acerca da Ameaça e do Ambiente em que se insere, sendo esta necessária à tomada de decisão do Estado-Maior.

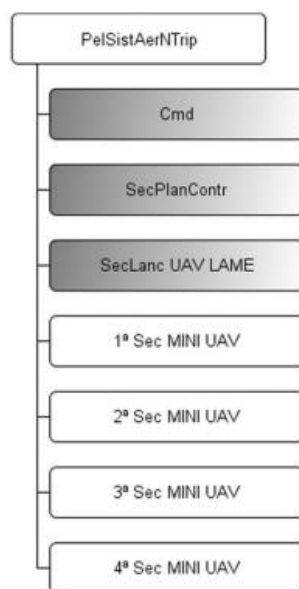


Figura n.º 7 - PelSistAerNTrip
Fonte: EME (2015)

Estas Secções, atualmente, são aprontadas no Regimento de Artilharia N.º5 (RA5) e integram dois dos Teatros de Operações (TO) em que o Exército Português se insere, nomeadamente na República Centro Africana (RCA) (onde Portugal está inserido na inserido na Missão Multidimensional Integrada das Nações Unidas para a Estabilização da

⁵ Designação anglo-saxónica "*Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*" (ISTAR), cuja tradução para a língua portuguesa corresponde a "Informação, Vigilância, Aquisição de Alvos e Reconhecimento".

República Centro Africana desde 2017) e na Roménia (como parte da missão da NATO de proteção do flanco leste da Aliança Atlântica desde 2022).

Atualmente, o Exército Português tem utilizado diversos UAVs (entre eles o AR4 e o RQ-11B Raven) na execução de operações nos TO acima referidos, adaptando-se às necessidades específicas de cada missão.

Contudo, no âmbito desta investigação, o *drone* utilizado durante o trabalho de campo, era por base um DJI S900 (conforme ilustrado na Figura n.º 8), um *drone* hexacóptero desenvolvido pela DJI, umas das principais empresas mundiais no mercado de *drones* ⁶.



Figura n.º 8: *Drone* utilizado no decorrer do Trabalho de Campo
Fonte: Elaboração Própria

As especificações deste equipamento encontram-se na Tabela n.º 3, abaixo apresentada, sendo importante referir que algumas especificações foram alvo de modificações por parte dos alunos e docentes do IST.

Tabela n.º 3: Especificações DJI S900

Especificação	Detalhes
Tipologia	Hexacóptero (6 hélices)
Peso (Sem Carga)	Aproximadamente 3,3Kg
Carga Máxima	Até 8,2Kg (Incluindo Bateria e <i>Payload</i>)
Autonomia de Voo	Entre 20 a 30 minutos
Distância máxima de controlo	Até 2Kms, dependendo do sistema de controlo
Velocidade Máxima	Aproximadamente 80Km/h

Fonte: Elaboração Própria

⁶ Informação retirada de <https://www.dji.com/pt/spreading-wings-s900> em 19 de março de 2025.

Segundo a classificação NATO (2016) este *drone* encontra-se enquadrado na Classe I, estando inserido na categoria dos Mini *drones*, ideais para operar nos escalões Companhia, Pelotão e Secção, de acordo com o efetuado no trabalho de campo desta investigação.

Em termos da sua carga útil e da tipologia das missões, estes *drones* são considerados como uma tecnologia suficientemente flexível e adaptável, ao ponto de poderem ser empregues em múltiplas tarefas, tais como, no restabelecimento de comunicações. Desta forma, torna-se essencial abordar as diferentes tipologias de comunicações entre UAVs.

1.4. *Unmanned Aerial Vehicles Communications*

Apesar da importância dos drones tático-operacionais, as suas comunicações, muitas vezes consideradas transmissões de baixo nível (Bălcescu et al., 2016), têm sido negligenciadas, possivelmente devido a essa mesma característica. Esta negligência evidencia a necessidade de aprofundar esta área académica das comunicações dos UAVs, que desempenham um papel fundamental, uma vez que facilitam a comunicação entre várias entidades, tudo isto sem necessidade de infraestruturas fixas, uma vez que funciona sem fios (Nawaz et al., 2021).

Um dos principais desafios associados à conceção de sistemas multi-UAV são as comunicações, que são cruciais para a cooperação entre os diferentes UAVs. Uma possibilidade de comunicação entre UAVs é através da utilização de uma infraestrutura, que em terminologia militar é designada por GCS, tornando possível controlar e monitorizar simultaneamente um VANT a partir de qualquer local remoto, utilizando diferentes tipos de ligações, tais como ligações por satélite (SATCOM) (Li et al., 2013). No entanto, esta arquitetura baseada na GCS acaba por se restringir bastante às capacidades dos sistemas multi-UAV, uma vez que as áreas urbanas, associadas a edifícios e estruturas, e a própria configuração do terreno podem afetar a qualidade da comunicação, bloqueando os sinais rádio entre o UAV e a GCS (Atanásio et al., in press).

Surgiram então as redes *Ad-Hoc*, que podem solucionar alguns destes problemas decorrentes da utilização de uma rede UAV totalmente baseada em infraestruturas. Estas redes permitem alargar a área de cobertura e fazer com que os UAVs e as GCS cooperem através de uma rede *Ad-Hoc* sem fios, designada *Flying Ad-Hoc Networks* (FANET) (Li et al., 2013).

Para além das FANET, existem ainda dois tipos de redes *Ad-Hoc*: a *Mobile Ad Hoc Network* (MANET), que por definição é constituída maioritariamente por dispositivos móveis como computadores, smartphones ou qualquer outro dispositivo que possa comunicar sem fios; e, a *Vehicular Ad Hoc Network* (VANET), que é uma rede *Ad-Hoc* constituída maioritariamente por veículos como carros, camiões, entre outros, que comunicam entre si e com a infraestrutura rodoviária (Naaz et al., 2024).

Segundo Ghamari et al. (2022), uma FANET pode ser vista como uma subclassificação das MANET e das VANET, conforme demonstrado na Figura n.º 9, sendo que esta classificação é baseada nas diferenças que surgem no domínio aéreo e nas restrições impostas por este ambiente dinâmico com maior grau de mobilidade, mudanças no terreno e condições de canal, por exemplo.

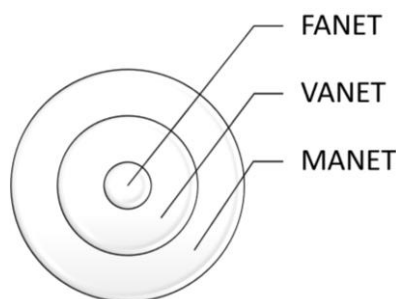


Figura n.º 9: Comparação entre MANET, VANET e FANET
Fonte: Adaptado de Pires et al. (2016) e Bekmezci et al. (2013).

Associada à modernização de novos ativos e sistemas, surgiu a necessidade de organizar os UAS segundo uma classificação universal (Barros et al., 2024). A literatura evidencia que esta é a única forma de superar os principais desafios destes sistemas, nomeadamente a capacidade de manutenção do Comando, Controlo e Comunicações (C3), bem como a regulamentação e legalização da sua utilização (NATO, 2017).

Desta forma, um UAS é composto por diversos subsistemas desenvolvidos para cumprir missões e operações militares (Klimkowska, Lee, & Choi, 2016; Ramesh & Jeyan, 2020). De acordo com Ramesh e Jeyan (2020, p.5), os subsistemas que constituem um SANTS são os seguintes: a aeronave propriamente dita (designada UAV), a carga útil (*payload*), a interface humana, a estação de lançamento e recuperação, a estação de controlo, os sistemas de apoio técnico e o *datalink*. A classificação dos diferentes subsistemas de um UAS é essencial para compreender a necessidade de desenvolvimento conjunto de dois ou mais subsistemas (Atanásio et al., in press) conforme discutido posteriormente.

O UAV é um dos subsistemas dos UAS, dotado de várias capacidades e funcionalidades, sendo principalmente utilizado para tarefas de reconhecimento, vigilância e retransmissão de comunicações (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Ramesh & Jeyan, 2020). Assim, para além da carga útil, a aeronave necessita de incorporar um equipamento rádio para estabelecer comunicações com os outros subsistemas e transmitir dados, garantindo assim a capacidade C3 (Mangiameli et al., 2013; Ramesh & Jeyan, 2020).

Os sistemas de comunicações, também conhecidos como *datalink*, são, portanto, elementos cruciais para garantir a segurança, flexibilidade e integridade do UAV, especialmente quando este opera em espaço aéreo partilhado com outras aeronaves (Klimkowska, Lee, & Choi, 2016). Além disso, o *datalink* assegura a comunicação com a ECT, permitindo, simultaneamente, o controlo e a monitorização de um UAV a partir de qualquer local remoto, utilizando diferentes tipos de ligações, como SATCOM (Ghamari et al., 2022; Kerczewski & Griner, 2012; Klimkowska, Lee, & Choi, 2016). A ligação de comunicações entre a GCS e o UAV é designada *Control and Non-Payload Communications (CNPC) link* (Kerczewski & Griner, 2012).

A utilização de UAS é cada vez mais comum nas atuais operações militares, essencialmente ao nível tático e operacional, para recolha de informação do campo de batalha (NATO, 2020). Neste sentido, a aeronave destes sistemas, ou seja, o UAV, aumenta as competências e as capacidades das forças militares em que é empregue, nomeadamente, através do aumento do alcance das comunicações e da obtenção de informação mais fidedigna e com um menor custo associado (comparativamente a satélites e aviões), apoiando a tomada de decisão dos comandantes das forças/unidades militares (Atanásio et al., in press; Reis et al., 2021).

Associado à utilização destes equipamentos está um vasto conjunto de desafios e questões, essencialmente éticas e morais, incluindo a legalidade da sua utilização, bem como a capacidade de operar em territórios mais hostis (Hassanalian & Abdelkefi, 2017). Como tal, existe a necessidade de desenvolver componentes e equipamentos para integrar nos UASs e nos UAVs, respetivamente, de forma a ultrapassar esses desafios (Naaz et al., 2024).

Em termos de comunicações, os UASs devem ter a capacidade de comunicar eficazmente entre si, uma vez que as comunicações representam um dos elementos mais críticos numa operação militar (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Ramesh & Jeyan, 2020). Ao mesmo tempo, os sistemas de comunicação dos UASs podem também estabelecer ligação com outros subsistemas dos UASs, nomeadamente com a GCS, para transmissão de voz e/ou dados (Li, Zhou, & Lamont, 2013).

No que diz respeito às transmissões de voz e/ou dados, o seu alcance pode ser aumentado modificando a arquitetura da rede de comunicações, sem necessidade de alterações significativas no equipamento, ou seja, nos rádios (Ramesh & Jeyan, 2020; Nawaz, Ali, & Laghari, 2021; Sonalkar & Horn, 2008). Por outras palavras, é possível aumentar o alcance das transmissões rádio até dezenas de quilómetros de duas formas: utilizando emissores a grande altitude ou redes terrestres com nós de retransmissão (Ghamari et al., 2022; Sonalkar & Horn, 2008).

A principal vantagem de ter um retransmissor de rádio numa plataforma UAS de alta altitude é a capacidade de estender o horizonte e aumentar o alcance da linha de vista⁷ (Quamar et al., 2023). Por outro lado, as redes terrestres com nós de transmissão consistem na retransmissão do sinal através de antenas de retransmissão ou aeronaves específicas para este efeito (Naaz et al., 2024; Sonalkar & Horn, 2008; Mistri et al., 2023).

No que diz respeito à transmissão de dados, esta é efetuada através de bandas de rádio de baixa frequência via satélite (Mistri et al., 2023), possibilitando a transferência de imagens, dados e voz com maior velocidade, garantindo uma rede robusta, segurança dos dados e alta resolução (Li, Zhou, & Lamont, 2013).

Durante uma operação militar, pode ser utilizado mais do que um UAV, sendo que cada um pode ter atribuídas diferentes tarefas. Isto significa que, por exemplo, um UAV pode ser responsável pela aquisição de imagens ou vigilância, enquanto outro pode estar encarregado da retransmissão de imagens e/ou sinais (Li, Zhou, & Lamont, 2013).

Se houver um UAV e/ou uma GCS responsável pela retransmissão, ou seja, se forem utilizados como nós de retransmissão, essa rede é designada rede *Ad-Hoc* UAV (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Hentati & Fourati, 2020). Assim, Li et al. (2013) descrevem a rede de UAVs utilizada numa operação militar com base no sistema de comunicações da rede, que pode ser centralizado ou descentralizado.

Os sistemas de comunicações descentralizados apresentam novos desafios em relação aos sistemas centralizados, principalmente porque os UAVs não possuem uma ligação direta ao satélite (Reis et al., 2021; Nawaz, Ali, & Laghari, 2021; Quamar et al., 2023). De acordo com Quamar et al. (2023), a Tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) surge como a solução para este tipo de sistema de comunicações, uma vez que permite a utilização de pontos de passagem⁸ durante a navegação pré-programados por um operador para executar tarefas específicas (Quamar et al., 2023; Mistri et al., 2023; Sonalkar & Horn, 2008).

⁷ No original lê-se: “*Line of Sight*” (Atanásio et al., in press).

⁸ No original lê-se: “*waypoints*” (Atanásio et al., in press).

Esta tecnologia contribui para reduzir significativamente os custos e o tempo, ao mesmo tempo que aumenta a precisão e veracidade das imagens e dos dados adquiridos em tempo real (Quamar et al., 2023; Mistri et al., 2023; Sonalkar & Horn, 2008).

O processo de tomada de decisão é um passo intermédio entre o recetor do sinal GPS do subsistema UAS (onde um determinado UAV está inserido) e o Navegador GPS, operado por um militar (Reis et al., 2021; Quamar et al., 2023; Sonalkar & Horn, 2008). Assim, se as comunicações forem centralizadas, significa que existe um nó central de comunicações, ou seja, o controlo e os comandos são emitidos a partir da GCS diretamente para um ou mais UAVs ($n =$ número ilimitado), sem que interfiram entre si (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Naaz et al., 2024), conforme ilustrado na Figura n.º 10.

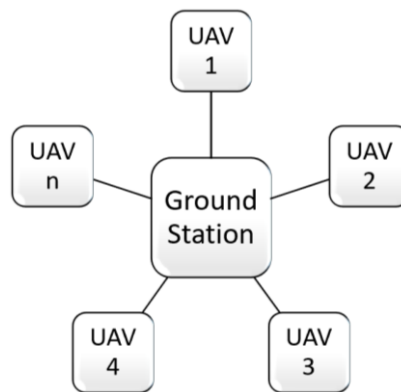


Figura n.º 10: Rede centralizada UAV
Fonte: Adaptado de Li et al. (2013)

Por outro lado, se a rede de comunicações utilizada durante uma operação militar for descentralizada, significa que existem comunicações que não dependem exclusivamente de um único nó de comunicações, como descrito no uso de FANETs (Hassanalian & Abdelkefi, 2017; Nawaz, Ali, & Laghari, 2021). Neste sentido, é essencial compreender os canais de comunicação entre UAVs, ou seja, os canais que operam em bandas de frequência de baixo nível e que possibilitam a comunicação direta de UAV para UAV (Pires et al., 2016; Zeng, Zhang, & Lim, 2016). Ao mesmo tempo, existe também a possibilidade de utilizar um sistema híbrido, que combina comunicações UAV-UAV e UAV-GCS (Nawaz, Ali, & Laghari, 2021; Quamar et al., 2023).

Dessa forma, para a topologia de rede FANET, torna-se necessário criar uma rede *Ad-Hoc* independente de infraestrutura, onde cada UAV gere um fluxo de dados para os restantes UAVs da mesma rede (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Hassanalian & Abdelkefi, 2017; Hentati & Fourati, 2020). Isto significa que é criada um *Backbone* UAV, responsável pela

retransmissão de voz e/ou dados dos UAVs para a GCS, permitindo uma expansão significativa da área de cobertura da rede, conforme ilustrado na Figura n.º 11, abaixo apresentada (Atanásio et al., in press).

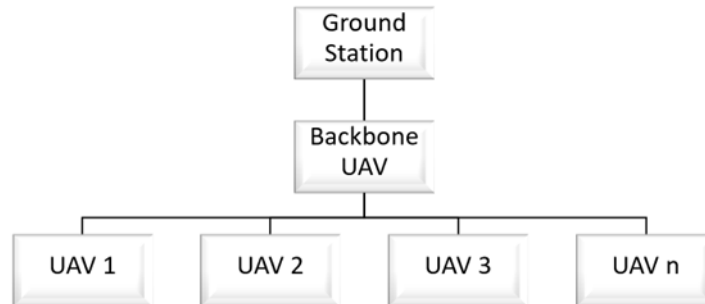


Figura n.º 11: Backbone UAV e rede Ad Hoc
Fonte: Adaptado de Li et al. (2013) e Ghamari et al. (2022)

Relativamente à utilização do SIG no contexto das comunicações, este sistema desempenha um papel crucial no apoio às operações (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Reis et al., 2021). Isto porque as rotas e os planos de navegação dos UAVs são pré-programados com base em pontos de passagem⁹, reduzindo significativamente as imprecisões de distância (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Reis et al., 2021; Quamar et al., 2023). Assim, a rede de comunicações entre UAVs pode ser estruturada em dois tipos principais de arquitetura de comunicações: *Multi-Group UAV Network* ou *Multi-Layer Ad-Hoc UAV Network* (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Reis et al., 2021; Nawaz, Ali, & Laghari, 2021).

A Rede *Multi-Group* de UAVs consiste na ligação de um ou mais *backbones* de UAVs diretamente à GCS (n = número ilimitado), conforme ilustrado na Figura 4. Este tipo de comunicação é particularmente adequado para operações militares em cenários complexos, onde o ambiente da missão envolve um grande número de UAVs com diferentes características de voo e comunicação (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Reis et al., 2021; Nawaz, Ali, & Laghari, 2021; Quamar et al., 2023)

⁹ No original lê-se: “waypoints” (Atanásio et al., in press).

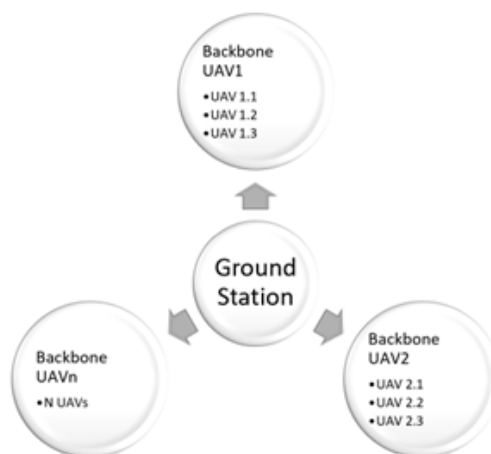


Figura n.º 12: Multi-Group UAV Network
 Fonte: Adaptado de Li et al. (2013) e Ghamari et al. (2022)

Por outro lado, quando a rede descentralizada de comunicações é composta por múltiplos *backbones* de UAVs interligados, com um *backbone* UAV mestre responsável pela retransmissão de imagens e dados para a GCS, configura-se uma *Multi-Layer Ad-Hoc UAV Network*, ilustrada na Figura n.º 13. Este modelo de comunicação é especialmente utilizado em missões onde os UAVs necessitam de colaborar entre si, bem como em cenários onde a infraestrutura de rede tradicional está indisponível ou é impraticável (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Reis et al., 2021; Nawaz, Ali, & Laghari, 2021; Quamar et al., 2023).

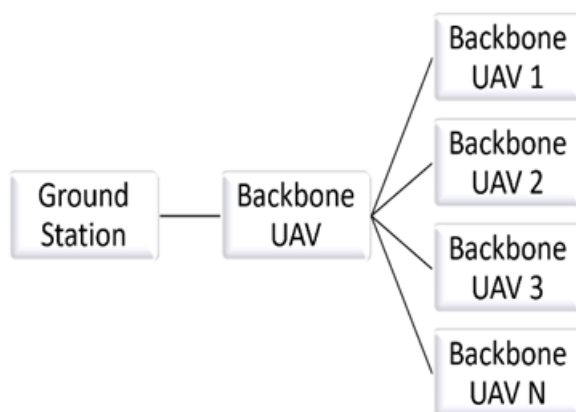


Figura n.º 13: Multi-Layer Ad-Hoc UAV Network
 Fonte: Adaptado de Li et al. (2013) e Ghamari et al. (2022)

Nas operações militares, a arquitetura do sistema de comunicações dos UAVs pode ser configurada em função dos objetivos operacionais, assegurando um fluxo de informação adequado consoante as exigências da missão (Nawaz, Ali, & Laghari, 2021; Hubbard et al.,

2017). Fatores determinantes, como a cobertura das comunicações, a transmissão de voz e/ou dados, e a ligação com satélites de posicionamento, nomeadamente o GPS, devem ser considerados na conceção e implementação destes sistemas (Ghamari et al., 2022; Hentati & Fourati, 2020).

A integração de tecnologias avançadas, como os SIG, tem demonstrado um impacto significativo na redução de imprecisões no posicionamento dos UAVs, contribuindo para a eficiência e precisão das operações (Li, Zhou, & Lamont, 2013; Sonalkar & Horn, 2008; Hognogi et al., 2021).

No que concerne ao alcance das comunicações, este pode ser expandido e otimizado através da implementação de arquiteturas de comunicação dinâmicas, tais como a *Multi-Group UAV Network* e a *Multi-Layer UAV Ad-Hoc Network*, que permitem uma maior resiliência e redundância das comunicações em cenários operacionais complexos (Ghamari et al., 2022; Quamar et al., 2023; Prisacariu & Muraru, 2016; Mohsan et al., 2023; Jawhar et al., 2017).

De acordo com Atanásio et al. (in press), a investigação contínua das arquiteturas de comunicação associadas aos UAVs é fundamental para assegurar a sua aplicabilidade, garantindo a sua adaptação às exigências operacionais, o que permitirá otimizar estas infraestruturas, promovendo maior eficiência e interoperabilidade nos sistemas de comunicação. No entanto, no futuro, Atanásio et al. (in press) recomendam uma análise mais aprofundada de forma a avaliar a necessidade de adaptar ou aperfeiçoar os critérios apresentados nesta investigação. Esta investigação contínua garantirá que o estudo destas diferentes tipologias de comunicações se mantenha relevante e atualizado na paisagem dinâmica da tecnologia associada aos UAVs.

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA, MÉTODOS E MATERIAIS

O presente capítulo aborda o percurso metodológico adotado ao longo desta investigação científica, detalhando todas as opções tomadas em cada uma das etapas do processo de investigação. Foram definidos os objetivos e as questões orientadoras da investigação, seguido pela explicação do desenho da investigação, da estratégia e do método empregue. Procede-se, ainda, à caracterização da abordagem metodológica adotada, bem como à identificação dos métodos e técnicas de recolha de dados, do processo de amostragem e dos procedimentos utilizados para o tratamento e análise dos dados obtidos.

É também importante referir que a elaboração deste capítulo, e da investigação na sua íntegra, foi conduzida em conformidade com as diretrizes estabelecidas na Norma de Execução Permanente (NEP) 522/2.^a, de 2024, da Academia Militar (AM).

2.1. Desenho da Investigação

O desenho da presente investigação foi delineado de forma a garantir a coerência necessária entre os objetivos propostos e as opções metodológicas que foram adotadas, de forma a assegurar o rigor científico ao longo de todas as fases da investigação. Esta investigação segue uma abordagem de natureza mista, uma vez que conjuga métodos qualitativos e quantitativos, permitindo uma visão mais ampla e aprofundada da temática em causa.

Contudo, no decorrer desta investigação optou-se por não seguir métodos tradicionais focados na formulação de um objetivo geral singular, associado a um conjunto de perguntas derivadas. Esta decisão baseou-se na orientação metodológica de Yin (2018, p. 29), que valoriza a formulação de QI robustas e diretamente associadas aos OI como elemento estruturante da investigação. Assim, estes OI e as respetivas QI assumem um papel central na condução da investigação. Neste sentido, o percurso metodológico desenvolveu-se em torno dos dois OI pré-estabelecidos, sendo eles:

- **OI 1:** Analisar o contributo do sistema BMS para a eficácia do Comando e Controlo no escalão de Batalhão e explorar as perspetivas dos utilizadores relativamente à futura integração do DSS-C2 no âmbito do SCS;
- **OI 2:** Validar a capacidade de extensão de rede de voz e dados com emprego de rádios de baixo escalão (RBE) do C4I com UAV;

Estes OI deram origem às duas QI, conforme ilustrado na Figura n.º 14, que abordam as dimensões operacionais, tecnológicas e ambientais do tema, sendo eles:

- **QI 1:** De que forma o sistema BMS tem contribuído para a eficácia do Comando e Controlo no escalão de Batalhão e quais são as perspetivas dos utilizadores quanto à futura integração do DSS-C2 no contexto do Sistema de Combate do Soldado (SCS)?
- **QI 2:** Quais são os principais desafios e oportunidades associados ao emprego de Rádios de Baixo Escalão (RBE) do sistema C4I com UAVs no reforço da capacidade de Comando e Controlo no escalão de Batalhão?

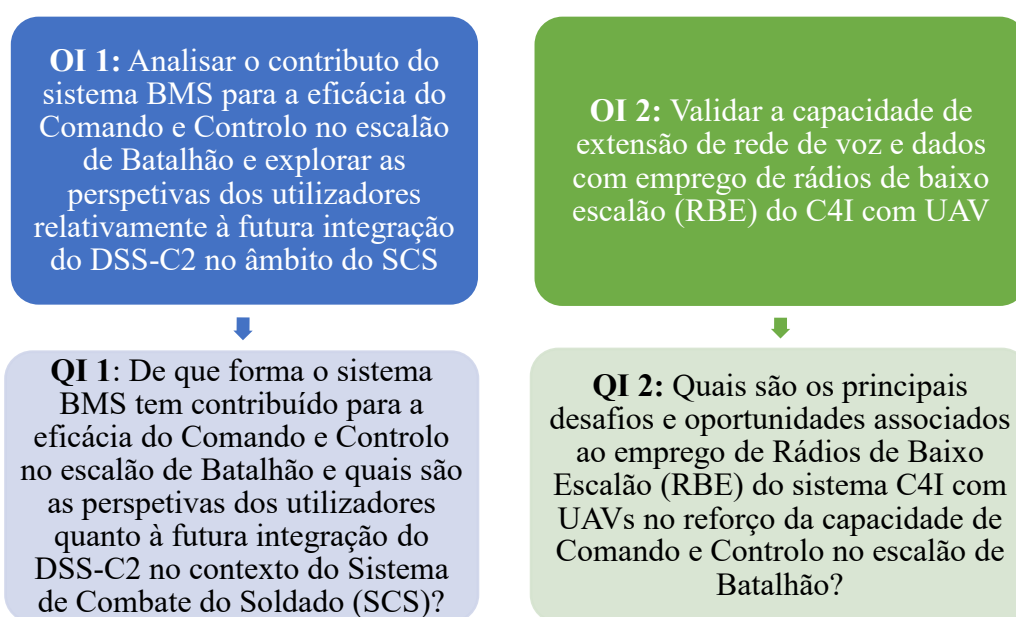


Figura n.º 14 - Objetivos e Respetivas Questões de Investigação
Fonte: Elaboração Própria

De forma a responder à QI1 foi realizado um inquérito por questionário distribuído a diversos militares do Exército Português que integraram FNDs na RCA e que tenham tido contacto com os sistemas BMS e/ou DSS-C2. Para responder à QI2 foi realizado o trabalho de campo, abordado no Capítulo 4, e um inquérito por entrevista, onde foram entrevistados todos os intervenientes no trabalho de campo realizado (militares e civis).

Tendo em consideração a complexidade deste tema, recorreu-se a uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), complementada pelo trabalho de campo realizado no contexto do Exercício ARTEX24, onde foi possível recolher dados primários junto dos operadores e especialistas envolvidos.

2.2. Método e Estratégia de Investigação

O presente trabalho de investigação teve por base a realização de um inquérito por entrevista semiestruturada que seguiu uma metodologia qualitativa, que segundo Yin (2016) é uma maneira de estudar o significado das experiências das pessoas em contextos reais, numa tentativa de compreender os fenómenos em profundidade.

Adicionalmente foi efetuado um inquérito por questionário, que seguiu uma metodologia quantitativa de forma a explorar e compreender uma determinada realidade num grupo social, sendo que os dados recolhidos possam ser posteriormente interpretados pelo investigador de forma a que este possa relatar a complexidade e importância da temática em estudo de uma forma mais individual (Creswell, J. & Creswell, D., 2018, p. 51).

Como tal, a presente investigação adota uma estratégia de investigação mista, com uma predominância maioritariamente qualitativa, sendo esta complementada por técnicas de recolha de dados de natureza quantitativa. Contudo, esta estratégia é mais do que apenas recolher e analisar ambas estas tipologias de dados, uma vez que ao combinar estas duas abordagens obtemos uma maior compreensão da questão central do presente trabalho (Creswell, 2017).

2.3. Métodos de recolha de dados

No âmbito da recolha de dados efetuada na presente investigação, destacamos dois momentos distintos, nomeadamente o enquadramento teórico, maioritariamente constituído pelo Capítulo 1 e 2, e a parte empírica, destacada no Capítulo 3 e 4.

De acordo com Rosado (2017), poderá recorrer-se junto de três categorias de fontes bibliográficas, tais como: fontes primárias (textos originais); fontes secundárias, onde se inserem as interpretações de outros autores; fontes terciárias (textos que reúnem um misto de informações de várias fontes primárias e/ou secundárias). Deste modo, para elaboração deste trabalho foi necessário consultar diversas fontes primárias e secundárias relacionadas com as temáticas do presente trabalho.

Numa primeira instância, durante a elaboração do enquadramento teórico, a recolha de dados incidiu na análise documental de fontes primárias, constituída por documentos institucionais e fontes secundárias, obtidas através da consulta de revistas científicas, artigos científicos, livros e *e-books*. A consulta das fontes secundárias baseou-se em bibliotecas e em plataformas *on-line*, como a Elsevier Scopus.

A Scopus foi selecionada por ser a maior plataforma internacional e multidisciplinar de indexação de manuscritos revistos por pares (Scopus, 2022). Um argumento adicional que justifica o uso da Scopus é a sua ampla cobertura na área das Ciências Naturais e Engenharia (Reis et al., 2022b), áreas que estão diretamente associadas à indústria de defesa.

A recolha de dados neste tipo de investigação caracteriza-se pela sua natureza detalhada e pode ser realizada por diferentes métodos, que segundo Yin (2018, p.178), podem incluir a análise de documentos, registos de arquivos, realização de entrevistas, observação participante e artefactos físicos, sendo que estas devem ser complementadas entre si, devendo o investigador recorrer ao maior número de fontes de recolha de dados.

No que concerne às fontes de recolha de dados no contexto desta investigação, recorreu-se às seguintes metodologias: a) Análise documental, incluindo artigos científicos e publicações doutrinárias; b) Observação direta, no contexto dos testes efetuados no decorrer do exercício ARTEX24; c) Realização de entrevistas semiestruturadas com militares e civis que participaram no ARTEX24; d) Realização de Inquérito por questionário aos militares que contactaram com os sistemas BMS e/ou DSS-C2.

2.3.1. Documentação

No decorrer desta investigação, grande parte da informação foi recolhida através de documentação uma vez que Yin (2018, p. 179) sustenta que esta é uma fonte de recolha de dados estável, discreta, específica e ampla.

No decorrer da Revisão da Literatura, baseamo-nos em artigos científicos recentes e credíveis que abordavam estes conceitos, nomeadamente os artigos de Reis, et al. (2021), Reis et al. (2022a) e em dois *papers* de autoria própria, sendo que estes tiveram um papel preponderante ao longo da investigação.

Durante a elaboração dos Capítulos 3 e 4 procurou-se recorrer a fontes de documentação oficial das FFAA e em específico do Exército Português. Dentro deste leque de documentação oficial destacamos a que se encontra apresentada no quadro abaixo apresentado:

Quadro n.º 1 - Documentação Oficial Consultada

Título do Documento	Fonte	Ano
Quadro Orgânico (QO) 09.02.15. Companhia de Sistemas de Vigilância (CSV) Vendas Novas	EME	2015
STANAG 5527 – <i>Friendly Force Tracking</i>	NATO	2017
ATP-3.3.8.1.1, <i>'UAS Tactical Pocket Guide</i>	NATO	2016
STANAG 4586 Ed. 3: <i>Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability.</i>	NATO	2012

Fonte: Elaboração Própria

2.3.2. Entrevistas

Como é sabido, as entrevistas são uma fonte de recolha de dados que reúne grande consenso dentro da comunidade científica, principalmente quando realizadas em estudos qualitativos (Yin, 2018, pp. 183-186). Como tal, no desenrolar desta investigação optámos por recorrer às entrevistas como fonte de recolha de dados principal, uma vez que são a fonte de recolha de dados mais direccionada para os tópicos do estudo de caso, podendo fornecer informações e explicações de carácter mais individual, nomeadamente através dos contributos e conhecimentos dos diferentes entrevistados (Yin, 2018, p. 179).

Segundo Rosado (2017, p. 125) existem três tipologias de entrevistas: estruturadas (que englobam uma sequência fechada de perguntas a colocar ao interlocutor); não estruturadas (que englobam alguns temas gerais a abordar ao longo da entrevista); semiestruturadas (que englobam uma combinação dos dois tipos anteriormente referidos).

O Quadro n.º 2, abaixo apresentado, estabelece uma correlação entre estas diferentes tipologias de entrevistas.

Quadro n.º 2 - Comparação entre tipologias de entrevistas

Tipo de Entrevista	Vantagens	Desvantagens
Estruturadas	Permite fazer uma comparação entre respostas; facilita a análise quantitativa;	Constituída por um conjunto de questões estandardizadas, colocadas de forma inflexível, pressupõe que o entrevistado dê respostas relativamente curtas a questões não ambíguas
Semiestruturadas	Segue um guião, mas as questões são colocadas de forma flexível, permitindo manter o fluxo da conversa sendo possível colocar questões não previstas	Pode tornar-se mais difícil de analisar, face às entrevistas estruturadas; transcrição e interpretação dos dados podem levar mais tempo em comparação com entrevistas estruturadas.
Não Estruturadas	Maior autonomia do entrevistador e maior liberdade para o entrevistado.	Análise dos resultados pode ser mais demorada e complexa; não existe um guião de referência.

Fonte: Elaboração Própria

Para esta investigação, recorreremos às entrevistas semiestruturadas uma vez que segundo Yin (2018), esse tipo de entrevista é particularmente útil em estudos qualitativos, pois possibilita ao entrevistador seguir um roteiro previamente definido, ao mesmo tempo em que oferece margem para aprofundar aspetos relevantes que possam surgir durante a interação. Além disso, as entrevistas semiestruturadas tornam-se eficazes na captação de percepções, experiências e interpretações dos participantes, elementos essenciais para compreender a complexidade da questão em estudo.

É importante referir que os tópicos e questões foram previamente definidos através da elaboração de um guião de entrevista (Apêndices A e B).

No âmbito destas entrevistas, foram selecionados inquiridos que pudessem descrever o fenómeno a partir de diferentes perspetivas sendo que, seleccionámos os inquiridos através de amostragem por conveniência (Etikan, 2016; Marshall, 1996) e amostragem em bola de neve (Parker et al., 2020) de áreas académicas/científicas, industriais e militares. Especificamente, entrevistámos: 1) Alunos e Docentes do IST; 2) Engenheiros especialistas da empresa EID; 3) Militares com habilitações e experiência relevante à investigação.

A técnica de amostragem em bola de neve caracteriza-se por um processo em que cada participante indica novos sujeitos para o estudo, permitindo a expansão progressiva da amostra com base em redes de contacto pré-existentes (Berndt, 2020). Posto isto, após o término das entrevistas questionámos os entrevistados acerca de possíveis sugestões de futuros entrevistados. Posteriormente, com base em algumas indicações, procurámos realizar novas entrevistas, de forma a ampliar a nossa amostra.

Esta investigação foi realizada ao abrigo da Declaração de Helsínquia, ou seja, os entrevistados assinaram um formulário de consentimento informado, onde concederam a sua autorização, previamente à sua participação na investigação. Em alguns casos excepcionais e pontuais, constatou-se que a discussão abordava tópicos sensíveis, pelo que os entrevistados permaneceram anónimos e nenhuma destas informações foi incluída numa posterior análise, no entanto, foram tidas em conta.

Antes de proceder ao início das entrevistas, tanto o Consentimento Informado como o Guião de Entrevista, apresentados nos Apêndices A e B, foram refinados tendo em conta os contributos do meu orientador e do meu coorientador. Posto isto, o Guião de Entrevista foi posteriormente sujeito a pequenos ajustes após a realização da primeira entrevista, uma vez que o E1 sugeriu o reajuste de duas das questões do guião antes de responder. Desta forma, procedeu-se ao refinamento deste Guião e posteriormente deu-se início às entrevistas.

O período de realização das entrevistas iniciou-se no dia 16 de outubro de 2024 e teve o seu término a 16 de abril de 2025 com a realização da entrevista ao E4.

Após a conclusão do método de determinação da saturação teórica no decorrer das entrevistas, traduzido na comparação contínua de dados e na alocação dos temas e tipos de enunciados num quadro estruturado por categorias, subcategorias e códigos, verificou-se que as informações fornecidas pelos entrevistados se tornavam redundantes e não acrescentavam novos contributos para a nossa investigação (Nascimento et al., 2018, pp. 229-230). Ou seja, atingiu-se um ponto de saturação teórica.

A apresentação e descrição das informações genéricas dos entrevistados supramencionados encontram-se no Apêndice E, ao passo que os resultados das mesmas se encontram no Capítulo 4.

2.3.3. Inquérito por Questionário

De forma a adquirir uma perceção fidedigna da utilização dos sistemas BMS e DSS-C2 por parte dos seus utilizadores, foi aplicado um inquérito por questionário de forma a alcançar o maior número possível de população alvo (Creswell, 2017). Este inquérito por questionário foi realizado através da plataforma *Google Forms* e distribuído via e-mail, sendo este constituído por questões de resposta aberta (onde o inquirido demonstra a sua opinião de forma livre) e de resposta fechada (onde o inquirido apenas pode seleccionar a opção que melhor representa a sua opinião) (Garcia-Marques & Bárto-lo-Ribeiro, 2020; Feitosa et al., 2022).

No que toca a este inquérito por questionário, a população-alvo foram os militares com funções de comando na FND/RCA, nomeadamente: comandantes de pelotão, comandantes de companhia e comandantes da força, bem como, militares com conhecimento e experiência (de configurador e/ou operador) suficiente acerca dos sistemas em estudo.

Posto isto, após a análise das 35 respostas obtidas ao inquérito por questionário, especialmente nas perguntas de natureza aberta, considerámos que foi atingida a saturação teórica. Esta saturação teórica, segundo Fusch e Ness (2015), ocorre quando os dados recolhidos são suficientes para sustentar as interpretações teóricas, não sendo necessário recolher mais dados. Neste caso específico, identificou-se uma repetição padronizada nas respostas obtidas, o que indicia que os dados recolhidos abrangem adequadamente a diversidade de perspetivas dentro do universo estudado.

2.3.4. Observação Direta

Yin (2018, p. 187) defende que a observação direta é uma técnica de recolha de dados bastante utilizada em investigações qualitativas, uma vez que permite ao investigador enquadrar-se e inserir-se na realidade e contexto da temática em estudo.

Esta tipologia de recolha de dados fornece informações adicionais à investigação, possibilitando que estas possam posteriormente ser confirmadas através de documentação e/ou inquéritos por entrevista, de forma a adotar o método da triangulação defendido por Yin (2018, p. 384). No caso específico da nossa investigação, realizámos a observação direta (técnica de recolha primária) nos 3 dias que estivemos inseridos no exercício ARTEX24, que permitiu contactar com os diversos meios e equipamentos bem como, realizar na prática os testes necessários para a investigação. Desta forma, tornou-se possível usufruir de todas

as vantagens desta técnica, obtendo conteúdos e informações em tempo real, algo que nos proporcionou uma compreensão individualizada acerca da realidade da temática em estudo (Yin, 2018).

Posteriormente, foram realizados os inquéritos por entrevista (fonte de recolha secundária) de forma a validar e recolher testemunhos verídicos de quem também presenciou a execução destes testes, complementando os dados obtidos durante a observação direta e permitindo uma triangulação de informação, de forma a efetuar uma análise mais robusta.

Torna-se relevante salientar que os procedimentos adotados nesta técnica de recolha de dados desempenharam um papel importante ao estabelecer uma correlação entre a teoria e a prática, permitindo alcançar uma análise crítica da aplicabilidade dos conceitos teóricos num contexto operacional.

2.4. Análise e Tratamento de dados

Após ter sido efetuada a recolha de dados através dos diferentes métodos, acima abordados, tornou-se fundamental efetuar a sua análise e o seu tratamento. No que concerne aos dados recolhidos através das entrevistas, foi realizada uma síntese dos conteúdos através de sinopses analíticas, apresentadas no Apêndice D, como etapa preliminar do processo de codificação e análise qualitativa. Estas sinopses revelaram ser bastante úteis em reunir as ideias-chave de todos os entrevistados, tendo facilitado a sua futura comparação.

Por outro lado, os dados associados ao inquérito por questionário foram tratados através da plataforma *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) (versão 28.0.1.0, IBM, SPSS), de forma a complementar os dados obtidos pelo *Google Forms*.

Em suma, esta análise e tratamento de dados possibilitou retirar conclusões pertinentes no âmbito desta investigação, uma vez que de acordo com Yin (2018, p. 384), a triangulação de diversas fontes e métodos contribui diretamente para um incremento na validade dos dados, fortalecendo a fiabilidade dos resultados e potenciando a replicabilidade da investigação. Desta forma, tornou-se fundamental adotar diferentes fontes e técnicas – documentação, entrevistas, questionários e observação direta – de forma a conferir maior robustez e credibilidade à investigação.

CAPÍTULO 3 – PROJETO C4I DO SISTEMA DE COMBATE DO SOLDADO: O PAPEL DO BMS E DO DSS-C2

Como é sabido, encontramos-nos na era da informação e a digitalização do campo de batalha desempenha um papel crucial no apoio à tomada de decisão por parte do comando. Posto isto, surgiu então a necessidade de desenvolver sistemas de C4I, que possibilitem o tratamento e a rápida disseminação da informação aos vários escalões para apoio à tomada de decisão. Como tal, neste capítulo serão abordados dois dos sistemas em utilização por parte do Exército Português, nomeadamente, o BMS e o DSS-C2 bem como, a interoperabilidade existente entre ambos. Este capítulo termina com a análise dos inquéritos por questionário realizados relativamente á utilização do BMS em contexto operacional e à perceção dos utilizadores do DSS-C2, uma vez que o DSS-C2 e os equipamentos inerentes a este ainda se encontram em fase de distribuição a unidades para formação e ambientação.

Neste âmbito, o Exército Português focou-se na modernização da capacidade de C4I, através de um investimento substancial nas comunicações e nos sistemas de informação, nos diversos escalões, conforme apresentado na Figura n.º 15, permitindo a rápida fluidez bidirecional da informação, potenciando a qualidade da tomada de decisão aos diversos escalões e a célere atuação das forças. No entanto, para esta investigação, vamos apenas cingir-nos aos sistemas BMS e DSS-C2, uma vez que a investigação se encontra delimitada ao escalão Batalhão e porque foram os sistemas utilizados no trabalho de campo realizado.

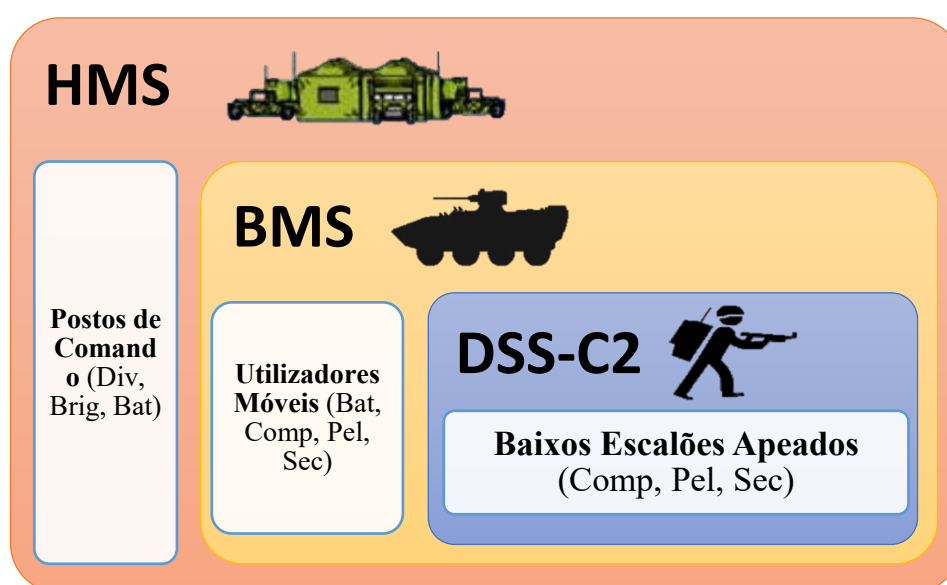


Figura n.º 15 - Sistemas do C4I do Exército Português
Fonte: Elaboração Própria

Fruto do acompanhamento dos congéneres aliados na modernização de Sistemas de Combate do Soldado (SCS), surge o então o programa do Exército Português, C4I/SCS, dedicado a três áreas específicas: a Letalidade, a Sobrevivência e o C4I, conforme Figura n.º 16.

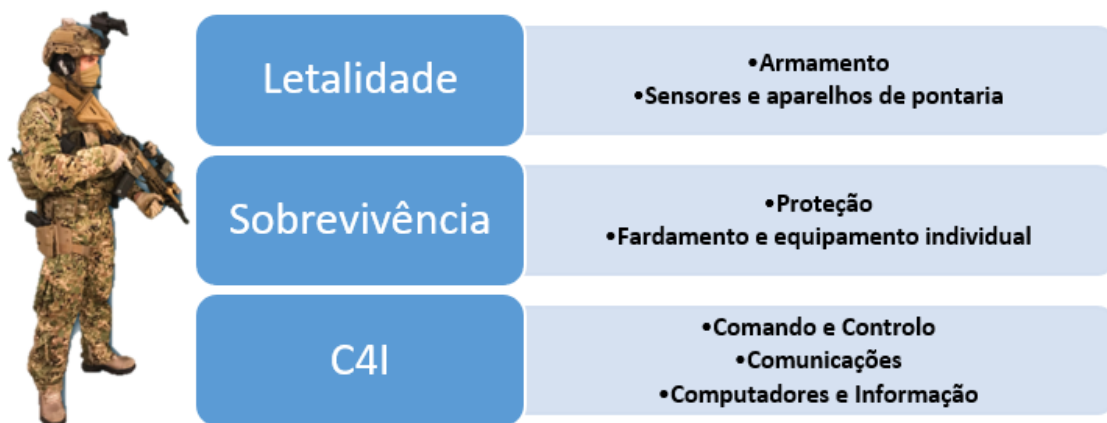


Figura n.º 16- Áreas Específicas do C4I/SCS
Fonte: Elaboração Própria

Este programa visa dotar as forças apeadas de um sistema integrado de comunicações e informação, concebido para assegurar uma transmissão segura de voz e dados, bem como, contribuir para a SA, procurando uma arquitetura integrada, incremental, aberta e interoperável, que possibilite a inclusão de novos equipamentos (inerentes à função do soldado) e a integração de novas tecnologias (Exército Português, 2023, p. 17). A finalização deste processo de modernização dos sistemas de comunicações dos baixos escalões prevê-se que esteja concluído em 2026.

De forma a implementar esta arquitetura foram elaboradas duas configurações distintas:

- A configuração para Comandante (de Companhia, de Pelotão e de Secção) que inclui uma componente de comunicações (rádios), que assegura o transporte dos dados e acesso seguro, uma componente de Sistemas de Informação que garante o acesso à COP e contribui para a SA, e um integrador de dados e energia que, entre outras funções, permite a interligação a sensores externos;
- A Configuração para Soldado, mais simples, que inclui a componente de comunicações (rádio) e permite encaminhar dados recolhidos de sensores.

A Figura n.º 17 e 18, abaixo apresentadas, e os Anexos n.º 1, 2 e 3 detalham, de forma específica, as diferenças entre ambas as configurações, evidenciando as suas funcionalidades e capacidades no desempenho operacional das forças apeadas.

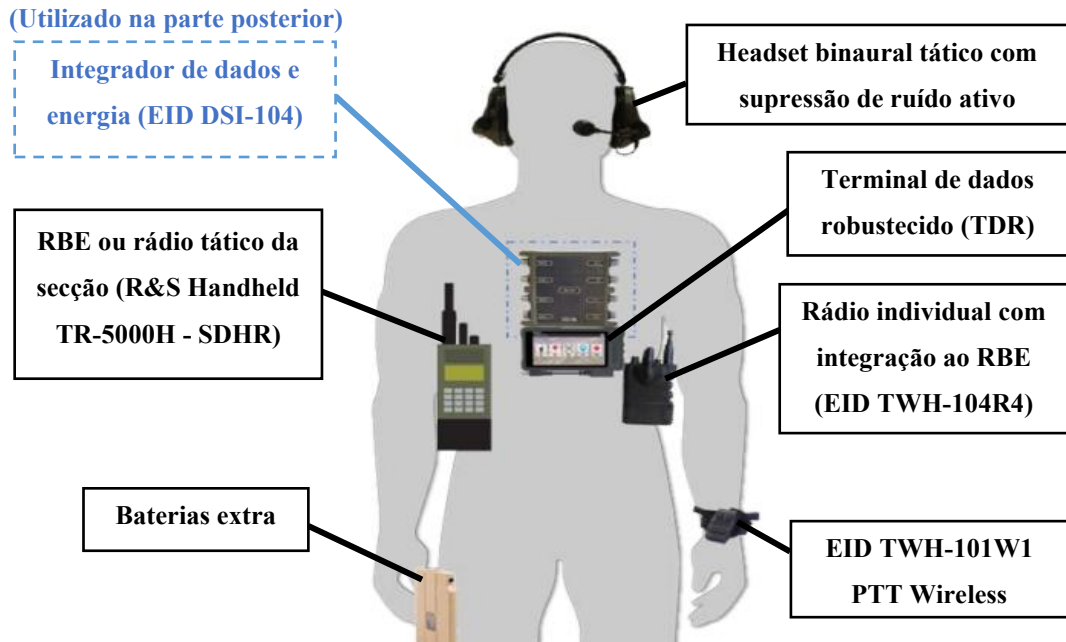


Figura n.º 17 - Configuração do Comandante
Fonte: Elaboração Própria

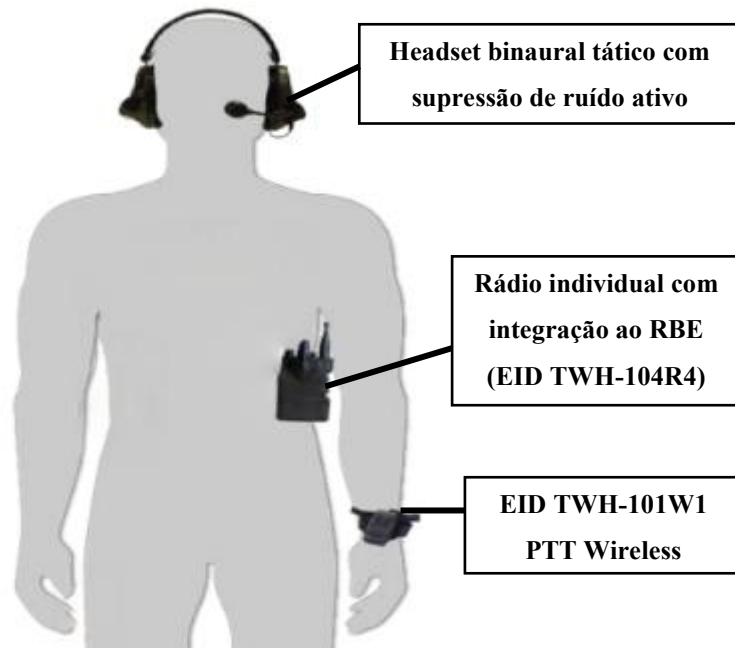


Figura n.º 18 - Configuração do Soldado
Fonte: Elaboração Própria

Como é sabido, a família de rádios 525 é uma linha de rádios multifuncionais, que possibilitam efetuar comunicações táticas seguras e interoperáveis entre diferentes forças e sistemas (como o C4I), sendo amplamente utilizados no Exército Português.

Na Lei de Programação Militar 2023-2024, a aquisição de Rádios Individuais (RInd) até 04 Unidade de Escalão Batalhão (UEB), tem como objetivo dotar os militares apeados com RBE SDHR HR 5000 da R&S e RInd TWH-104R4. O RBE (SDHR HR 5000) atualmente utiliza a forma de onda TNW50¹⁰, que permite rede *multi-hop*, ou seja, utilização de MANET. Este tipo de onda possibilita ainda, o salto de frequência com taxas muito elevadas, o que confere uma transmissão segura capaz de evitar o *jamming*¹¹. Posto isto, torna-se possível executar uma transmissão segura e fiável em ambientes hostis. O rádio individual (TWH-104R4), por sua vez, tem funcionalidades que evitam a deteção por Guerra Eletrónica, como a sua forma de onda com *Low probability of interception* (LPI), *Low probability of detection* (LPD) e o *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) e AES256 que permite atribuir segurança na transferência de áudio e dados (Exército Português, 2024, p. 48).

Posto isto, este sistema permite a integração das redes táticas do C4I com os *Combat Net Radios* (CNR) baseados no rádio multifuncional GRC-525, através da integração com rádio multifuncional (RM) apeado e veicular. A integração com RM apeado é feita através do *gateway* EID TWH-104G3, ligado ao PRC-525 versão *man-pack*, frequentemente transportado pelo radiotelefonista (RTL) do Pelotão (Exército Português, 2023, p. 19). A figura n.º 19 representa a arquitetura de C4I num Pelotão apeado.

¹⁰ Esta forma de onda traduz-se num protocolo de comunicação que suporta a criação de redes MANET, permitindo que rádios militares estabeleçam ligações diretas e dinâmicas entre si, sem depender de infraestrutura fixa, o que é essencial para operações táticas que requerem mobilidade e flexibilidade nas comunicações.

¹¹ *Jamming* refere-se à interferência deliberada de sinais de rádio para bloquear ou degradar comunicações.

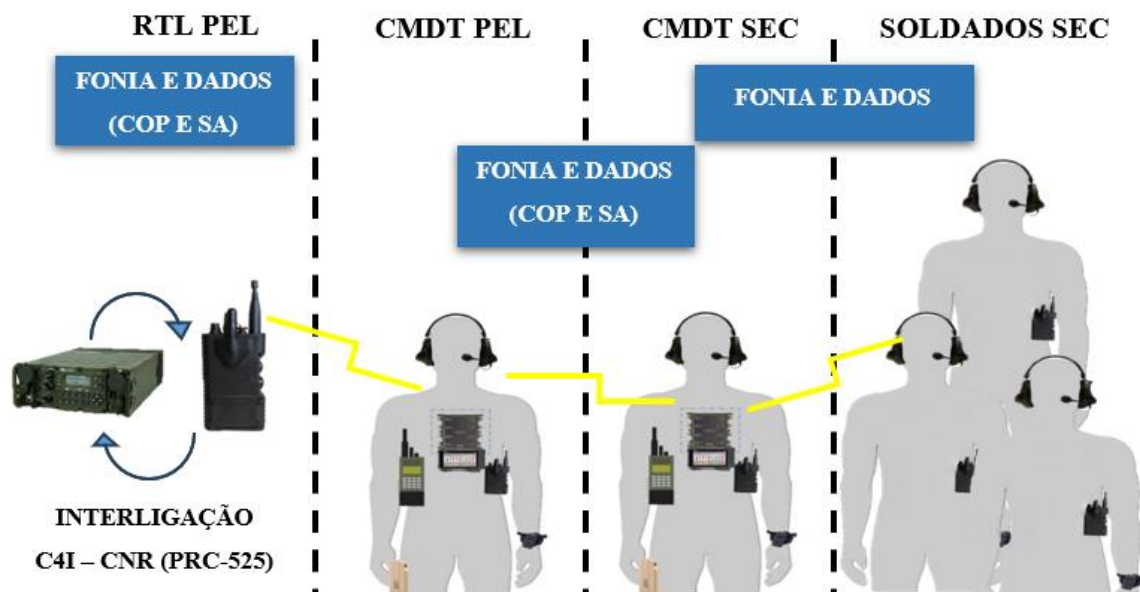


Figura n.º 19 - Arquitetura C4I em Pelotão Apeado
 Fonte: Adaptado de Exército (2023)

Esta configuração do SCS permite obter comunicações apeado e montado (veicular). A integração com RM apeado é feita através do *gateway* EID TWH-104G3, ligado ao PRC-525 versão *man-pack*, frequentemente transportado pelo radiotelefonista (RTL) do Pelotão (Exército Português, 2023, p. 19).

O *gateway* EID TWH-104G2 instalado numa viatura e ligado ao respetivo sistema de comunicação centrado no rádio multifuncional GRC-525, permite efetuar a integração com o RM veicular (Exército Português, 2023, p. 20).

Desta forma, torna-se possível efetuar comunicações com uma Secção quando esta apeia da viatura para realizar uma determinada tarefa tática. As figuras n.º 20 e 21 demonstram os dois cenários possíveis com a utilização da integração veicular.

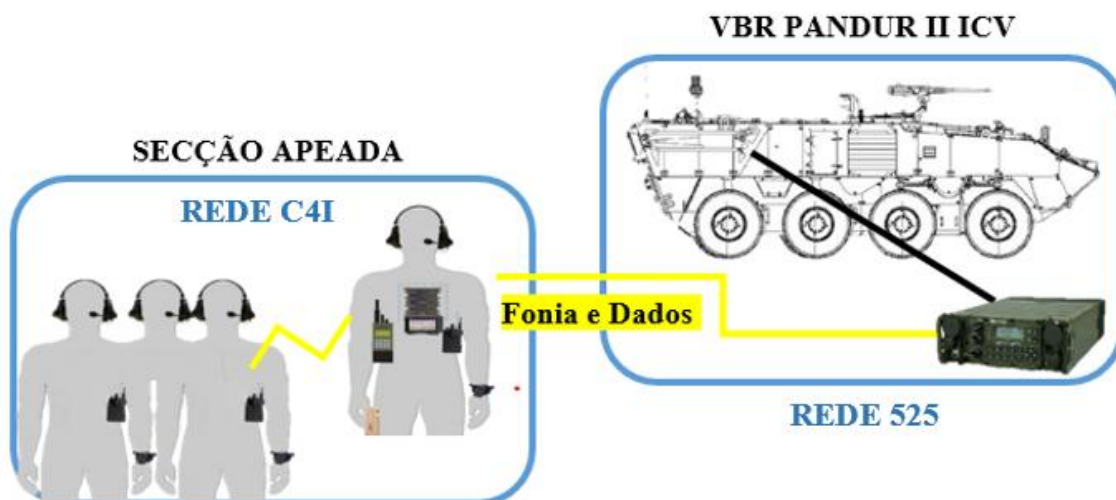


Figura n.º 20 - Cenário 1: Permitir ao Comandante de Secção, afastado da viatura com a sua unidade, comunicar com elementos na viatura equipados com o rádio GRC-525
 Fonte: Adaptado de Exército (2023)

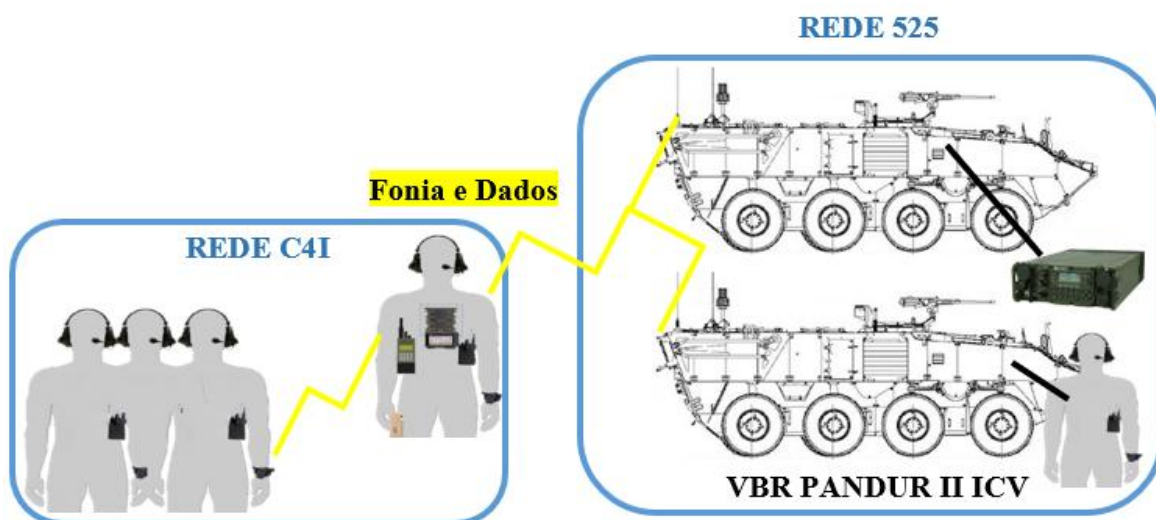


Figura n.º 21 - Cenário 2: Permitir ao Comandante de Secção, com meios do sistema C4I, comunicar com o Comandante de Pelotão que integra a rede rádio baseada em GRC-525 ou, se necessário, para a rede de Companhia
 Fonte: Adaptado de Exército (2023)

Este projeto, é um projeto estruturante do Exército Português, dotando a função de combate manobra, particularmente nos baixos escalões, de forças apeadas, de equipamentos modernos e sofisticados que lhe permitirão aumentar o ritmo das operações, expandir o espaço de batalha e melhorar a sua perceção situacional aos diversos níveis de comando dos Elementos da Componente Operacional do Sistema de Forças (ECOSF) (Exército Português,

2023, p. 20). Contudo, o êxito deste projeto dependerá essencialmente da formação e do treino adequados aos seus principais utilizadores, os combatentes, devidamente alicerçados no processo de lições aprendidas do Exército, uma vez que a distribuição destes equipamentos já se encontra a ser efetuada para as diversas U/E/O do Exército Português.

3.1. *Battlefield Management System (BMS)*

O BMS, desenvolvido através de um Protocolo entre o consórcio constituído pelo Exército, Critical Software, Marinha, Autoridade Marítima Nacional, INESC-ID Lisboa e o MDN, representa um exemplo de parceria tecnológica, entre as Forças Armadas, o Sistema Científico Tecnológico Nacional e as empresas da BTID. Este sistema funciona através da rede rádio na banda VHF (30MHz e os 300MHz), no modo seguro. Desta forma, no Exército Português, os únicos meios rádio que cumprem estes requisitos são a família de rádios do modelo E/R GRC-525 (EID, 2017).

A utilização deste sistema é vocacionada para viaturas, no entanto também pode ser aplicada em PC fixos nas *Forward Operating Base (FOB)* de forma a receber informação das suas forças no terreno e a constituir a COP, contribuindo esta para o conhecimento situacional (SA) (Sequeira, V, 2020).

Esta temática reveste-se de extrema importância, uma vez que estes sistemas equipam as principais plataformas táticas (Leopard2 A6, Pandur II 8x8, Viaturas Táticas Ligeiras Blindadas). Exemplo disso foi a sua implementação em Teatros de Operações (TO), tendo iniciado com a 7ª FND/MINUSCA da RCA, integrando as viaturas táticas ligeiras blindadas 4X4, URO VAMTAC ST5, e posteriormente nas FNDs na Roménia, integrando as viaturas Pandur II 8x8. Esta integração permite desde então a utilização deste sistema por parte dos comandantes de pelotão, do comandante de companhia e do comandante da força em contexto operacional.

Este sistema de informação geográfica garante o acesso e atualização permanente da COP, permitindo obter uma melhor perceção do panorama situacional, tendo sido desenhado para ser utilizado em operações militares. Este sistema é compatível a nível de comunicação com o sistema DSS-C2, que iremos abordar de seguida, e apresenta uma integração com sistemas de C2 ao nível do comando da operação. Contudo, no caso do Exército Português, este apresenta integração com o Sistema de Comando e Controlo do Exército (SICCE) ao nível do batalhão.

O BMS permite a criação e a partilha de vários tipos de objetos para operar sobre os gráficos do terreno (Figura n.º 22), sendo que a interface de utilização desta aplicação foi desenvolvida com intuito de ser prática e amigável do utilizador (*user friendly*¹²).

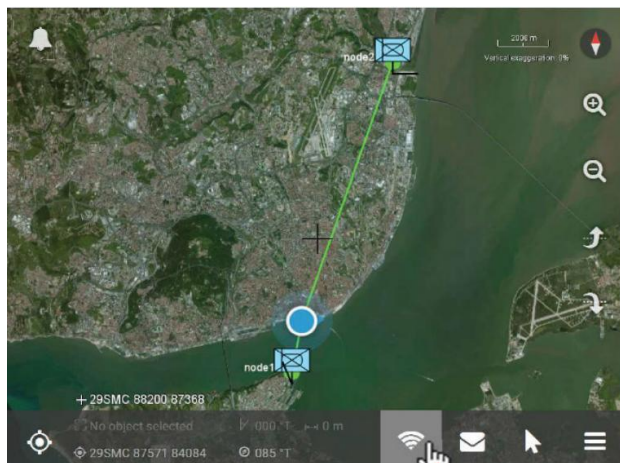


Figura n.º 22 - Representação das Unidades na aplicação BMS.
Fonte: Exército (2024)

Durante as operações na RCA, e segundo a experiência dos militares da 10ª e 16ª FND/RCA (que obtivemos através de conversas informais) a utilização do sistema BMS, instalado nas viaturas URO VAMTAC, demonstrou-se altamente eficaz e funcional, sobretudo quando associado ao terminal BGAN (*Broadband Global Area Network*). Este equipamento permite o acesso à internet via satélite, o que possibilita aos operadores partilhar em tempo real a sua posição com o escalão superior (comandante de companhia e/ou comandante da força), mesmo em zonas remotas da RCA. Esta capacidade contrasta com a realidade nacional, onde a ausência de BGAN limita a transmissão da posição após aproximadamente 30 km, ficando apenas dependente do rádio GRC-525 e do GPS local. Apesar da conexão ser relativamente lenta, o sistema permite aos comandantes de pelotão inserir fotografias georreferenciadas, percursos, linhas de fase, entre outros elementos, sendo que estes são disseminados automaticamente para toda a rede, poupando tempo em comunicações ao rádio.

Este sistema apresenta funcionalidades integradas para envio de relatórios (SitRep, 9Line, entre outros), e é considerado bastante intuitivo na sua utilização. No entanto, foi identificado que o domínio do sistema ainda não está plenamente consolidado entre os utilizadores, sendo comum o recurso a soluções alternativas como ficheiros KMZ (*Google*

¹² Expressão em inglês utilizada para descrever sistemas, interfaces ou equipamentos desenhados para serem intuitivos, de fácil utilização e acessíveis ao utilizador, mesmo que este não possua conhecimentos técnicos avançados.

O funcionamento deste sistema é em tudo semelhante ao do BMS, funcionando como um sistema de apoio tático-operacional. Ou seja, atua como complemento ao BMS, mas mais portátil e voltado ao combatente individual, conforme Figura n.º 24.

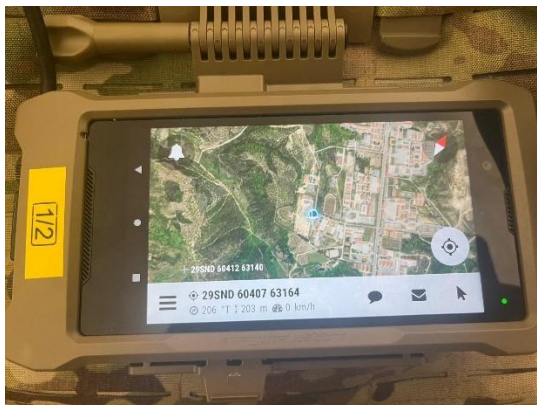


Figura n.º 24 - DSS-C2 incorporado num TDR
Fonte: Elaboração Própria

3.3. Interoperabilidade BMS/DSS-C2

Tanto o BMS como o DSS-C2 cumprem os requisitos da *North Atlantic Treaty Organization* (NATO), garantindo a interoperabilidade com os meios de comunicações dos países membros da aliança NATO, através da norma STANAG 5527 – *Friendly Force Tracking* (NATO, 2017).

A interoperabilidade entre o BMS e o DSS-C2 constitui-se como um elemento fundamental da arquitetura C4I moderna, ao assegurar a coesão funcional entre os diferentes escalões e as capacidades do SCS. O desenvolvimento destes sistemas, que operam ao nível tático, visa fornecer uma COP fidedigna, incrementar as capacidades de C2 e de apoio à decisão, empregando o STANAG 4677 (*Dismounted Soldier Systems Standards and Protocols for Command, Control, Communications and Computers Interoperability*) de forma a permitir a troca de informação normalizada entre sistemas C2 segundo as normas NATO (Barroso, 2008). Estes sistemas foram concebidos com compatibilidade mútua de comunicação, permitindo efetuar um intercâmbio contínuo de informação, nomeadamente

de posições georreferenciadas, objetos táticos (segundo norma APP6-D¹⁴ da NATO), mensagens estruturadas (APP-11¹⁵), alertas, etc.

Para o funcionamento destes sistemas é estabelecido um conjunto de redes para os vários escalões (geralmente implica o comandante de um escalão fazer parte de mais de uma rede), onde cada unidade compõe o seu panorama situacional através das informações recebidas pela rede e contribui com a sua informação para a rede, sendo que esta é disseminada horizontalmente e verticalmente, conforme a Figura n.º 25.

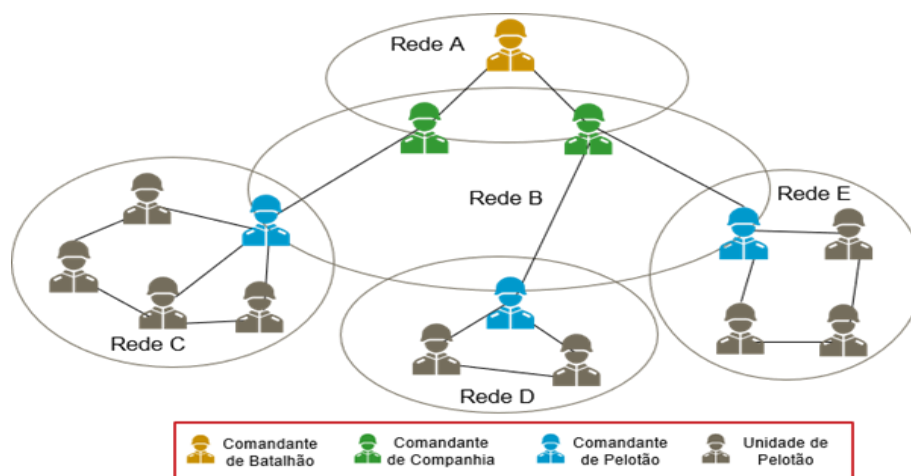


Figura n.º 25 - Conjuntos de Redes e Disseminação de Informação
Fonte: Critical Software (2018)

De forma sucinta, o BMS é essencialmente orientado para a coordenação e gestão de unidades táticas (como pelotões e companhias), proporcionando aos seus utilizadores (comandantes de batalhão) uma visão geográfica das unidades táticas em tempo real, tanto das nossas forças, como do inimigo (caso seja detetado). Já o DSS-C2, é concebido para soldados apeados, providenciando diversas funcionalidades, tornando-se assim um sistema complementar ao BMS no apoio direto às forças no terreno.

Esta interoperabilidade entre os dois sistemas possibilita a constante atualização da COP, assegurando a coerência da informação partilhada horizontalmente entre pares (ex. esquadras, secções) e verticalmente ao longo da cadeia de comando (ex. companhia, batalhão)

¹⁴ APP-6(D) é a norma da NATO que define os símbolos gráficos táticos usados para representar unidades, equipamentos, instalações, atividades e alvos militares em mapas operacionais.

¹⁵ APP-11 é a norma que estipula o formato das mensagens militares estruturadas entre sistemas de comando e controlo (C2), facilitando a troca de informações de forma padronizada e eficiente.

e contribui para uma melhor percepção da posição das unidades (essencial a qualquer comandante) e para uma melhor coordenação das mesmas.

Em suma, esta interoperabilidade entre o BMS e o DSS-C2 constitui-se como um vetor essencial de eficácia operacional e de superioridade de informação no campo de batalha contemporâneo.

3.4. Resultados e Discussão

O principal intuito da realização do inquérito por questionário traduziu-se na recolha de dados empíricos que permitissem aferir o grau de utilização, o nível de conhecimento técnico e as percepções dos militares em relação ao BMS e ao DSS-C2, em contexto operacional. Em contrapartida, procurou-se também identificar os principais constrangimentos existentes, as necessidades formativas e as oportunidades de melhoria que permitam alcançar uma implementação mais eficaz destes sistemas.

Neste âmbito, obtivemos um total de 35 respostas por parte dos inqueridos, dos quais 23 tiveram apenas contacto com o sistema BMS e 12 contactaram com ambos os sistemas, conforme indicado na Figura n.º 26. Este resultado evidencia o que já era previsto, um maior número de inqueridos com experiência de utilização no BMS, uma vez que o DSS-C2 ainda se encontra numa fase inicial.

Identifique os sistemas com os quais já estabeleceu contacto no exercício das suas funções, especificando, se possível, a designação e o contexto de utilização

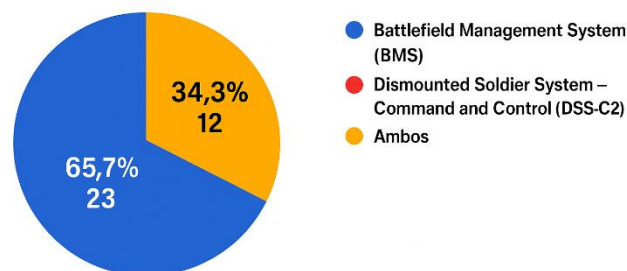


Figura n.º 26 -Distribuição da experiência dos inquiridos com os sistemas BMS e DSS-C2
Fonte: *Google Forms*

3.4.1. Perceção dos Utilizadores Relativamente ao BMS

Com base na Figura n.º 27, infra apresentada, a esmagadora maioria da utilização do BMS ocorreu em contexto tático (RM) uma vez que maioria dos inqueridos (28, ou seja, 80%) utilizou este sistema em FND, ao passo que os restantes (7, ou seja, 20%) tiveram apenas contacto em ambiente operacional (rede fixa ou laboratorial), o que evidencia que o BMS tem sido sobretudo utilizado no terreno em contexto operacional.

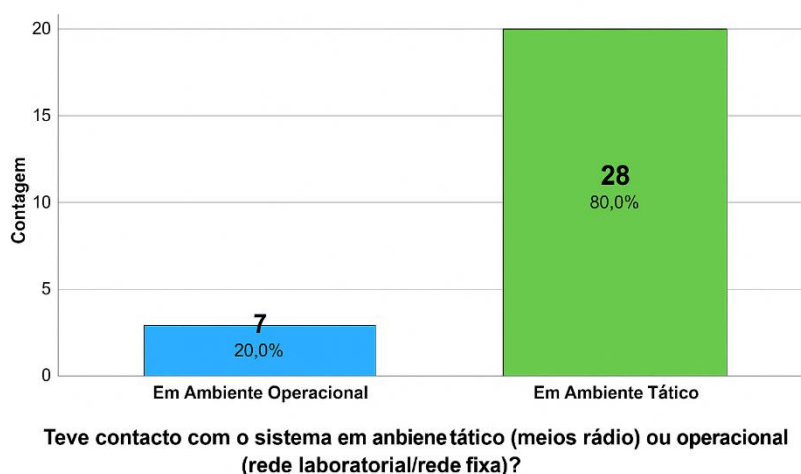


Figura n.º 27 - Ambiente de contacto com o sistema C2 reportado pelos inquiridos
Fonte: SPSS

Relativamente à versão do BMS utilizada pelos inqueridos, a maioria (23, ou seja, 65,7%) afirmou ter utilizado a versão mais atualizada (2024) deste sistema, enquanto os restantes 12 (34,3%) apenas contactaram com a versão anterior, conforme apresentado na Figura n.º 28, abaixo apresentada.

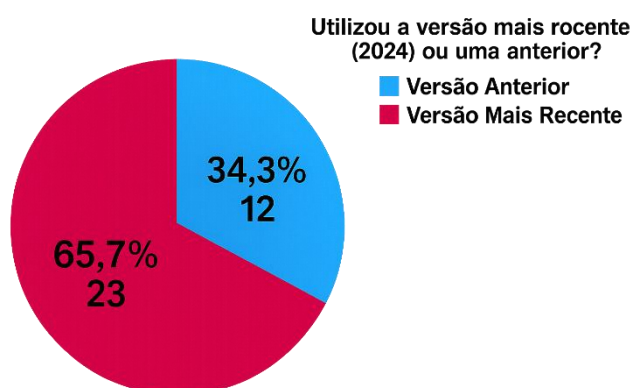


Figura n.º 28 - Versão do sistema utilizada pelos inquiridos.
Fonte: SPSS

Por outro lado, no que toca à percepção dos utilizadores acerca da utilidade deste sistema, denotou-se que 97,1% (34) dos inqueridos destacam a sua utilidade, havendo uma opinião convergente e unânime relativamente à utilidade do BMS em operações militares, como é possível averiguar na Figura n.º 29, onde apenas um inquerido manifestou uma opinião controversa, constituindo-se como uma exceção neste universo de amostras.

Considera o sistema útil?

	Frequência	Porcentagem	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
Válido	1	2,9	2,9	2,9
Sim	34	97,1	97,1	100,0
Total	35	100,0	100,0	—

Figura n.º 29 - Percepção dos utilizadores relativamente à utilidade do BMS
Fonte: SPSS

Posteriormente, de forma a obter uma percepção dos inqueridos/utilizadores acerca do valor funcional do BMS, foi-lhes colocada uma questão aberta relativamente às capacidades deste mesmo sistema. As respostas foram posteriormente analisadas e codificadas com base na técnica de análise de conteúdo a partir do sistema *SPSS* onde foram identificadas as ideias-chave mais recorrentes, como é possível constatar na Tabela n.º 4.

Tabela n.º 4 -Ideias-Chave da percepção dos inqueridos/utilizadores acerca do valor funcional do BMS

Categoria	Frequência (n)	Porcentagem (%)	Porcentagem Acumulada (%)
Comunicações entre Escalões / Troca de info.	16	23,5	23,5
Situational Awareness / Georreferência	14	20,6	44,1
Capacidade de C2 / Maior Coordenação	12	17,6	61,8
Interoperabilidade / Partilha de info.	10	14,7	76,5
Planeamento e Apoio à decisão	7	10,3	86,8
Mobilidade e Maior rapidez de resposta	5	7,4	94,2
Segurança e Proteção	4	5,9	100

Fonte: Elaboração Própria baseada em SPSS

Uma das questões procurou perceber quais os meios rádio utilizados com o BMS e se na ótica dos utilizadores a capacidade do rádio limita o desempenho do sistema na componente tática. Neste contexto, concluiu-se que todos os inqueridos que utilizaram o BMS em ambiente tático referiram o PRC-525 como o principal meio de transmissão de dados do sistema, por vezes em conjunto com outros sistemas.

No que toca às limitações impostas por este rádio, foi possível averiguar que a capacidade do rádio PRC-525 é a maior limitação do sistema, o que leva a que este sistema não seja uma ferramenta válida na maior parte das operações. Associado a isto, vários foram os inqueridos que afirmaram que para retirar o máximo rendimento do sistema teria de se utilizar meios com maior largura de banda, uma vez que ao utilizar os rádios convencionais o sistema acaba por ter um *delay*¹⁶ significativo na atualização de posições e no envio de mensagens e/ou relatórios, podendo até *crashar*¹⁷ se houver excesso de viaturas ligadas à mesma rede. Estas falhas de funcionamento, segundo alguns inqueridos, podem resultar em consequências em muitas situações, tais como fratricídio ou decisões erradas por parte dos comandantes.

Com o intuito de perceber se algumas das falhas de funcionamento poderiam estar subjacentes a falta de conhecimento/formação procurou-se saber quantos dos inqueridos possuíam formação acerca do BMS, sendo que 68,6% dos inqueridos (24) possuía formação acerca deste sistema, conforme a Figura n.º 30.

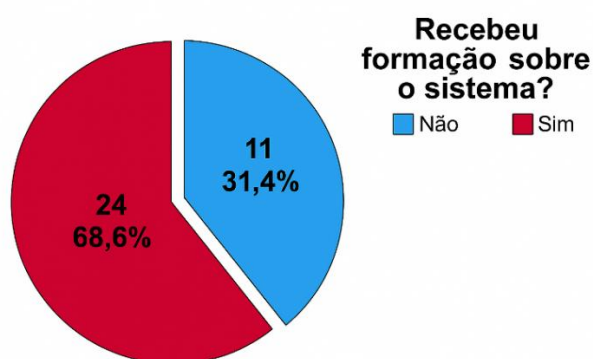


Figura n.º 30 - Percentagem de inqueridos que receberam formação sobre o sistema
Fonte: SPSS

¹⁶ O termo "*delay*" refere-se a um atraso ou demora no processamento ou na execução de uma ação. Em contextos tecnológicos, é frequentemente utilizado para descrever o tempo de resposta ou a latência entre a solicitação e a execução de uma tarefa.

¹⁷ O termo "*crashar*" é um anglicismo derivado da palavra inglesa "*crash*" e é utilizado para descrever a falha ou interrupção repentina de um sistema, aplicativo ou dispositivo normalmente associada ao desligar inesperado do sistema.

Contudo, segundo o que apurámos, existem duas formações distintas remetentes ao BMS, de operador e de configurador, sendo que neste universo de amostras a maior parte dos inqueridos possuía formação de operador, de acordo com a Figura n.º 31.

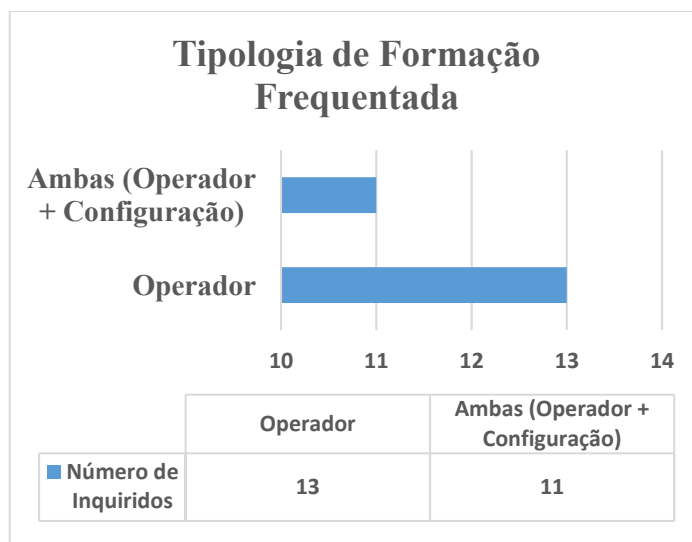


Figura n.º 31 - Tipologia de formação frequentada pelos utilizadores do sistema
Fonte: Elaboração Própria baseada em SPSS

Neste âmbito, tornou-se pertinente saber qual a perceção dos utilizadores que tiveram formação neste sistema (tanto de operador como de configurador) relativamente ao nível da formação recebida. Com base nas respostas obtidas, como disposto na Figura n.º 32, grande parte da amostra (70,8%), dos 24 inqueridos que possuíam formação, considerou a formação suficiente para operar o sistema em contexto operacional e retirar o máximo proveito do mesmo.

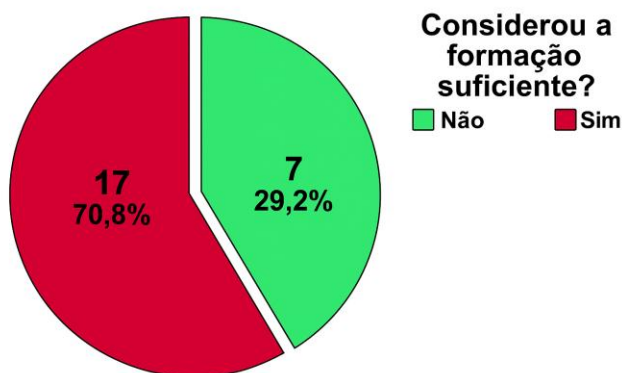


Figura n.º 32 - Perceção dos inqueridos quanto à formação ministrada
Fonte: SPSS

Independentemente desta formação ser ministrada, foi praticamente unânime a premissa de que a falta de conhecimentos técnicos dos militares que contactam com este sistema, aliada à ausência de procedimentos rádio bem definidos, pode comprometer diretamente a eficácia da utilização do BMS. Neste âmbito, denota-se que existe uma concordância na amostra, uma vez que 88,6% dos inqueridos (31) corroboram com o que se encontra acima apresentado, sustentando que muitos dos problemas com o BMS não advém do *software* em si, mas sim da falta de conhecimento dos utilizadores.

Associados a estes problemas, surgem as propostas de melhoria evidenciadas pelos inqueridos, cuja análise qualitativa das respostas permitiu identificar cinco categorias de sugestões, como é possível averiguar na Tabela n.º 5, onde os dados estão organizados por categoria temática, com respetiva frequência absoluta e percentagem sobre o total de respostas (n=35).

Tabela n.º 5 - Ideias-Chave das propostas de melhoria referidas pelos inqueridos

Categoria	Frequência (n)	Percentagem (%)	Percentagem Acumulada (%)
Cobertura e fiabilidade das comunicações (rádios, satélite, rede)	15	31,3	27,1
Desempenho Técnico (atrasos, falhas, estabilidade)	13	27,1	58,3
Formação e Capacitação	6	12,5	70,8
Utilização/Interface (gráficos, elementos no mapa)	4	8,3	79,1
Interoperabilidade com sistemas aliados	4	8,3	87,4
Sem sugestões válidas (NTR, branco, etc.)	6	12,5	100

Fonte: Elaboração Própria baseada em SPSS

As críticas em torno das comunicações focaram-se essencialmente nas limitações do rádio PRC-525, considerado pelos inqueridos como insuficiente no que toca ao suporte contínuo de fluxos de dados, especialmente em comunicações seguras ou quando as viaturas operam em simultâneo. Outras opiniões sugerem outras alternativas, como rádios de banda larga, ligações a telefones satélite ou VPNs dedicadas, considerando-as mais fidedignas em contexto operacional. Esta perceção dos utilizadores corrobora os resultados obtidos numa

das perguntas fechadas do questionário, onde os inqueridos sustentam que as limitações dos meios rádio comprometiam a eficácia do BMS.

Por outro lado, 32% dos participantes destacaram problemas de desempenho técnico, como atrasos na atualização da posição das forças amigas, falhas regulares e a saturação dos terminais utilizados. Estas limitações, segundo os relatos dos inqueridos, afetam diretamente a SA e a eficácia do C2, sendo recomendado pelos utilizadores uma otimização do software e do hardware deste sistema, de forma a garantir uma maior capacidade de resposta.

Adicionalmente, a formação dos utilizadores foi apontada por 20% dos inquiridos como um aspeto a melhorar, uma vez que foram identificadas lacunas no que toca ao conhecimento técnico dos utilizadores deste sistema, com vários militares a sugerir um reforço na instrução, sobretudo no escalão Pelotão.

Em síntese, evidenciaram-se também oportunidades de evolução ao nível da ergonomia e da interoperabilidade. Estes dados reforçam então a necessidade contínua de investimento e a capacitação dos utilizadores deste sistema em contexto operacional, assegurando uma utilização eficaz do BMS.

3.4.2. Perceção dos Utilizadores Relativamente ao DSS-C2

No grupo dos inquiridos familiarizados com o sistema DSS-C2 (12), todos declararam ter contacto direto com ambos os sistemas (DSS-C2 e BMS), como verificado na Figura n.º 26. Desta forma, procurou-se compreender as perceções dos utilizadores deste sistema, mesmo que o número de respostas seja bastante curto, o que já era expectável, uma vez que este sistema ainda se encontra numa fase inicial.

Neste âmbito, quanto ao ambiente de utilização, 9 dos inquiridos (75%) reportam ter tido contacto com este sistema em contexto tático, enquanto os restantes (3, ou seja, 25%) reportaram a utilização em ambiente operacional.

Contudo, todos consideram este sistema muito útil, demonstrando um consenso entre este universo de amostras. Tal também se verifica em relação capacidades do sistema, onde todos sustentam a importância das capacidades de georreferenciação de forças amigas, de cartografia (uma vez que é possível carregar mapas) e a versatilidade do sistema, que contribui diretamente para um incremento nas capacidades de comando e controlo.

No que toca aos meios rádios utilizados pelos inqueridos, à semelhança das perceções do BMS, destaca-se o PRC-525. Contudo, são referidos também os RBE e os RInd, uma vez que estes fazem parte do SCS, onde está intrinsecamente ligado o sistema DSS-C2.

Posto isto, neste universo de amostras foi unanime entre os inqueridos que a falta de conhecimentos técnicos dos militares que operam os meios de comunicações, bem como a ausência de procedimentos de rádio claramente definidos, compromete diretamente a utilização eficaz do sistema DSS-C2. Adicionalmente, destacam-se também algumas limitações, nomeadamente: a presença de demasiados cabos, como é possível visualizar no Anexo 2, algo que também foi denotado durante o trabalho de campo posteriormente apresentado, sendo a integração via WiFi ou *Bluetooth* uma possível solução; a falta de formação inerente a este sistema, à semelhança do relatado com o BMS e por fim, algumas opiniões relativas à utilização do *software*, sendo que este devia possuir uma interação *user-friendly*.

CAPÍTULO 4 – EXERCÍCIO ARTEX24

Neste capítulo é efetuada, numa primeira instância, a contextualização da 2ª edição do ARmy Technological EXperimentation (ARTEX24), exercício no qual estivemos inseridos no âmbito da presente investigação, onde se destacam os seus objetivos e finalidades, os seus contributos e as diferentes fases de experimentação bem como a apresentação daquele que foi o cenário tático delineado para o exercício, onde todos os participantes se enquadravam. Posteriormente, são apresentados todos os testes empíricos realizados ao longo das diversas fases do exercício, sendo esta a componente fundamental da investigação.

4.1. Enquadramento do exercício

O Exercício ARTEX, organizado pelo Exército Português e conduzido pelo Centro de Experimentação e Modernização Tecnológica do Exército (CEMTEEx), decorreu no Campo Militar de Santa Margarida de 17 de junho a 5 de julho de 2024.

Este exercício, aberto ao tecido empresarial, tecnológico e académico nacional, contou com a presença de 19 instituições, incluindo empresas e universidades, onde foram efetuados um total de 35 testes nos diversos sistemas. Este esforço conjunto com o objetivo de identificar soluções de forma a colmatar possíveis lacunas nas capacidades da força terrestre e continuar o processo de modernização do Exército, reforçando a interoperabilidade entre as capacidades militares e os projetos apresentados pelos parceiros do Exército Português (IdD Portugal, 2024), tendo igualmente como finalidade incrementar a ligação do Exército às entidades do SCTN e da BTID, contribuindo para as atividades de investigação e desenvolvimento e, simultaneamente, na dinamização da economia da Defesa nacional.¹⁸

De forma a ser possível a participação neste exercício, foi necessária a apresentação de uma candidatura, que foi posteriormente avaliada tendo por base os seguintes critérios: a) Aplicação Militar; b) Contribuição para a melhoria e desenvolvimento das atuais capacidades da força terrestre; c) Inovação e/ou originalidade das soluções tecnológicas a experimentar; d) Exequibilidade da realização das experimentações. Após uma posterior

¹⁸ Informação retirada de <https://www.exercito.pt/pt/informacaopublica/comunicacao/agenda?evento=128> em 14 de novembro de 2024.

aprovação dessa mesma candidatura, tornou-se possível a participação no exercício, onde marcamos presença nos dias 19, 20 e 23 de junho de 2024.

A realização do ARTEX encontrava-se subdividida em três fases de experimentação, cada uma com objetivos específicos, como se apresenta no Quadro n.º 3, infra apresentado.

Quadro n.º 3 - Fases de experimentação do exercício ARTEX24

Fase I	Numa primeira instância, o Exército disponibilizou o espaço terrestre e aéreo, bem como o espectro eletromagnético, onde os participantes de forma autónoma realizaram as experimentações pretendidas.
Fase II	Nesta fase, as soluções tecnológicas apresentadas por cada participante foram integradas num cenário tático, de forma a contribuírem para a execução de operações militares num cenário o mais aproximado possível da realidade.
Fase III	Nesta última fase, algumas entidades realizaram experimentações envolvendo fogos reais, com testes à integridade de proteção balística, testes com explosivos, testes de <i>loitering munitions</i> e testes com granadas de artilharia inertes.

Fonte: Elaboração Própria

Torna-se também importante referir, que foi constituído um grupo de trabalho com militares do CEMTE_x, em conjunto com a empresa portuguesa EID, que possui um longo historial de colaboração com o Exército e uma vasta experiência nas áreas da eletrónica, comunicações e comando e controlo. No decurso do exercício, uma equipa IST, também deu o seu contributo, possibilitando a interoperabilidade com vista à experimentação de uma solução combinada de uma plataforma aérea com equipamento rádio (Atanásio et al, in press).

Este grupo de trabalho apenas integrou as duas primeiras fases do exercício (I e II), uma vez que as experimentações que foram realizadas no âmbito desta investigação não tinham qualquer correlação com a terceira fase (III).

Na Fase I, foram efetuados três testes com o principal objetivo de estender o alcance das comunicações do sistema C4I através do acoplamento de um RBE com função de repetidor a um drone.

Na Fase II, o grupo de trabalho integrou-se no cenário do exercício e realizaram-se mais dois testes, com a mesma finalidade da fase anterior, mas desta vez com os meios e

equipamentos incorporados num Pelotão de Atiradores do BIPes, de forma a testar estas capacidades o mais aproximado possível da realidade.

4.2. Cenário do ARTEX24

Para efeitos de exercício, foi criado um cenário tático em que uma força amiga (*Blue Force*) teve a missão de conquistar um determinado objetivo, defendido por uma força inimiga (*Red Force*), de localização e capacidades desconhecidas, sendo que ambas integraram soluções tecnológicas das diversas entidades participantes.

A *Blue Force*, força em que estivemos enquadrados no Módulo de C4I, e constituída pelo BIPes da Brigada Mecanizada, integrou nas suas operações diversas soluções tecnológicas, propostas pelos diferentes parceiros nacionais, conforme apresentado na Figura n.º 33, comprovando o valor acrescentado que estas capacidades representam para a otimização do potencial de combate, assegurando, em simultâneo, a preservação e a segurança do elemento humano.

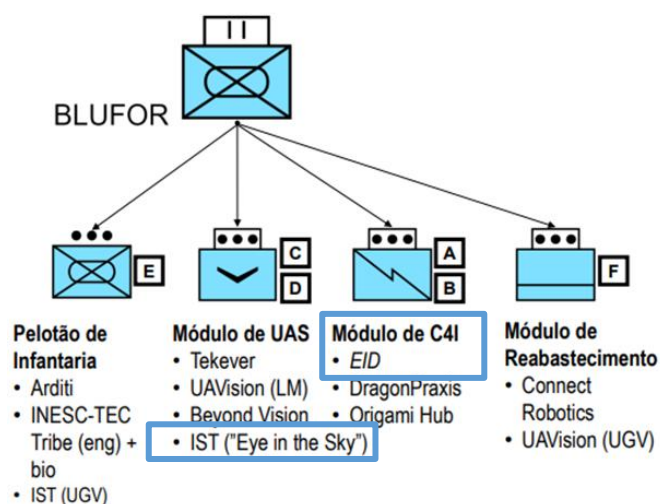


Figura n.º 33 - Composição da *Blue Force*
Fonte: CEMTE_x

Por sua vez, a *Red Force*, constituída por um Pelotão de Atiradores do RI14, em Viseu, integrou diversos sistemas não tripulados, aéreos e terrestres, nas suas várias operações em trincheira, bem como soluções tecnológicas que diminuía a sua assinatura visual, térmica e eletromagnética, perante os sensores da *Blue Force*, conforme apresentado na Figura n.º 34.

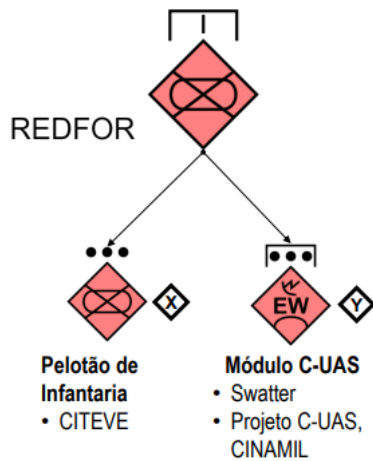


Figura n.º 34 - Composição da *Red Force*
 Fonte: CEMTE_x

A Figura n.º 35, ilustra a disposição espacial e funcional das forças e dos diversos módulos, bem como das respetivas interações entre todas estas plataformas, sistemas de comunicações e a forças de manobra no esquema do cenário.

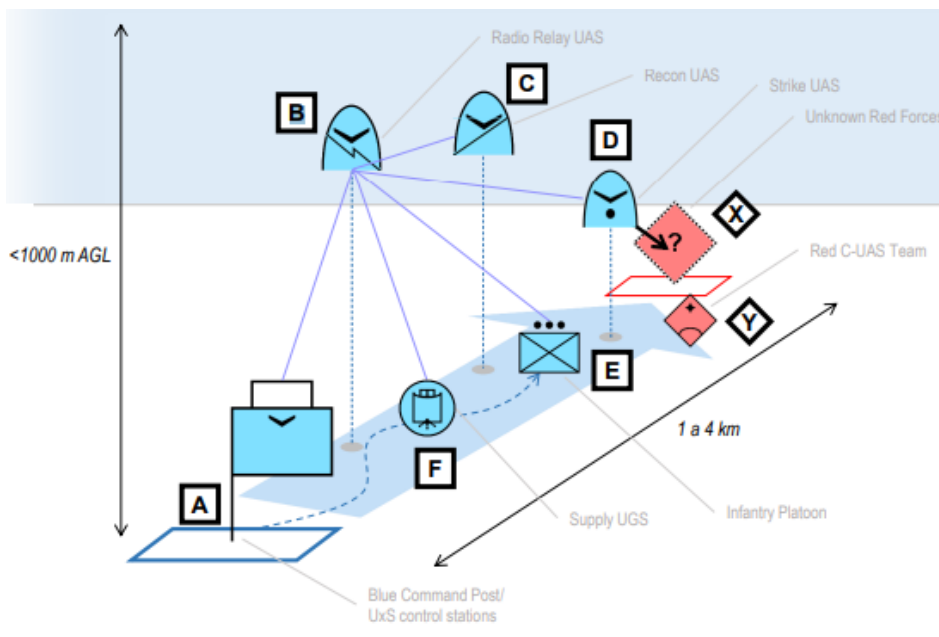


Figura n.º 35 - Esquema do cenário do ARTEX24
 Fonte: CEMTE_x

Para este cenário os diversos módulos tinham atribuídos a execução de uma tarefa específica, sempre sob a ameaça de deteção e neutralização por parte da *Red Force*, conforme disposto no Quadro n.º 4.

Quadro n.º 4 – Tarefas Específicas dos Diversos Módulos

A	Garantir comando e controlo
B	Garantir redes de comunicação
C	Detetar forças inimigas
D	Atacar forças inimigas
E	Conquistar posição inimiga
F	Reabastecer força terrestre
X	Evitar deteção
Y	Mitigar UAS

Fonte: Elaboração Própria

Associado a estas tarefas, procurou-se fazer uma avaliação (métrica) da execução de cada uma destas, no entanto para esta investigação apenas se deu ênfase à avaliação das tarefas A e B.

4.3. Trabalho de campo

Os testes realizados durante este exercício visaram validar a capacidade da C4I de estender a sua rede de voz e dados utilizando rádios de baixo nível com UAVs, onde um rádio de baixo nível com função de repetidor foi acoplado a um drone, conforme apresentado na Figura n.º 36.



Figura n.º 36 - Acoplamento do RBE no drone
Fonte: Elaboração Própria

O rádio em questão é o rádio tático multibanda Rohde Schwarz SOVE-RON HR5000, apresentado na Figura n.º 37, que foi adquirido com o objetivo de rentabilizar os recursos

existentes, uma vez que permite a esta família de rádios analógicos interoperar foneticamente com os rádios Individuais (RInd), RBE e P/PRC-525 (em modo seguro), rádios que são utilizados pelo Exército Português e que são capazes de transmitir dados em modo seguro, no âmbito da componente C4I do projeto SCS.



Figura n.º 37 - Radio HR5000
Fonte: R&S® HR5000 Tactical Handheld Radio User Manual

No âmbito do trabalho de campo efetuado tornou-se imprescindível garantir uma análise objetiva e padronizada dos resultados dos testes realizados, onde nos baseamos na escala de cinco níveis proposta por Atanásio et al (in press), que visa classificar o desempenho da capacidade de extensão de rede de voz e dados entre o PC e as forças no terreno, considerando a intensidade do sinal e a fiabilidade das comunicações, conforme apresentado no Quadro n.º 5. Esta escala possibilitou uniformizar a interpretação dos resultados obtidos durante a realização dos testes, assegurando que a interpretação dos diferentes níveis de qualidade das comunicações fosse efetuada de forma consciente entre o grupo de trabalho, de forma a que, os dados recolhidos pudessem ser posteriormente correlacionados com as variáveis experimentais, nomeadamente a altitude do drone e a orientação da antena do RBE.

Quadro n.º 5 - Níveis de comunicação pré-estabelecidos

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Sem sinais ou comunicações	Sinais muito fracos e pouco fiáveis, com interrupções frequentes	Sinais de intensidade moderada, com interferência mínima	Sinais estáveis com interferência mínima	Sinais fortes e claros, com uma comunicação clara e contínua

Fonte: Elaboração Própria

O primeiro teste a ser realizado, à data de 20 de junho de 2024, começou com a saída de uma viatura do PC com o intuito de perder as comunicações com o mesmo, sendo que esta perda ocorreu a cerca de 7500 metros de distância (em linha reta e destacado a vermelho na Figura n.º 38). Após esta perda de comunicações, parte do grupo de trabalho dirigiu-se até ao Delta Porco, zona de maior cota, onde posteriormente foi efetuado o levantamento do drone a cerca de 4700 metros do PC, destacado a verde na Figura n.º 38. Inicialmente, o drone ascendeu até uma altitude de 50 metros (em relação ao solo), com uma variação na orientação da antena do rádio, o que se traduziu em comunicações nulas, apresentado um nível de comunicações nível 1, com base na escala supra apresentada. Ao verificarem-se estes resultados, que não iam de acordo com o pretendido, efetuou-se novamente a ascensão do drone aos 50 e aos 100 metros de altitude, desta vez com a orientação correta da antena, verificando-se um resultado semelhante, sinais muito fracos e pouco fiáveis, com interrupções frequentes, ou seja, grau de comunicações nível 2.

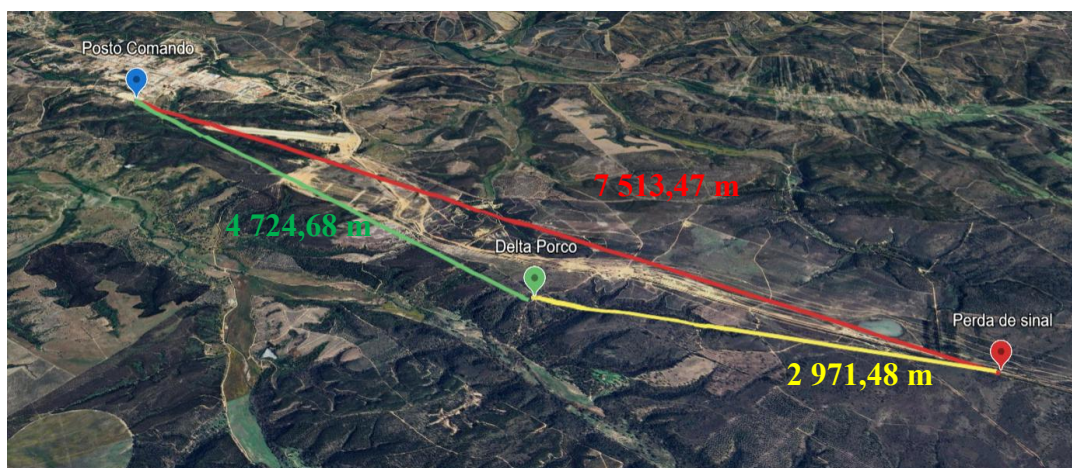


Figura n.º 38 : Primeiro Teste Efetuado
Fonte: Elaboração Própria

A Figura n.º 39 e a Figura n.º 40 ilustram dois momentos específicos da realização deste teste, destacando, respetivamente, a ascensão do drone nas imediações do Delta Porco e o momento em que se verificou a perda de comunicações com o PC.



Figura n.º 40 - Perde de Comunicações com o PC
Fonte: Elaboração Própria



Figura n.º 39 - Levantamento do drone
Fonte: Elaboração Própria

No segundo teste, enquadrado no mesmo cenário, a antena manteve-se fixa e na orientação correta, mas desta vez a altitude do drone atingiu os 200 metros e os resultados das comunicações estabelecidas foram de nível 4, caracterizadas por relativa estabilidade, mas ainda sujeitas a algumas perdas de sinal. Considerando que o objetivo era alcançar comunicações robustas e ininterruptas, a altitude do drone foi ajustada para 250 metros, com a orientação correta da antena, e foram conseguidas as desejadas comunicações de nível 5, fortes e nítidas.



Figura n.º 41 - Restabelecimento das Comunicações com o PC
Fonte: Elaboração Própria



Figura n.º 42 - Restabelecimento das Comunicações com o PC
Fonte: Elaboração Própria

No terceiro teste, efetuado sob as mesmas condições do teste anterior, apenas diferiu a localização do levantamento do drone que passou para a zona da Tribuna da Carreira de Tiro, situada a aproximadamente 2300 metros do PC e a uma cota ligeiramente superior à da zona anterior (Delta Porco), conforme ilustrado na Figura n.º 43. O drone numa primeira instância ascendeu a uma altura de 200 metros, tendo sido obtidas comunicações de nível 4. Face a esta classificação, a altitude variou para os 250 metros, resultando na obtenção de comunicações de nível 5, conforme pretendido.



Figura n.º 43 - Terceiro Teste Efetuado
Fonte: Elaboração Próprio

Chegando ao término da fase I do exercício, com a realização dos três testes suprarreferidos, iniciou-se a fase II, onde foram realizados os dois últimos testes, desta vez integrando um Pelotão de Atiradores no âmbito do cenário tático com o objetivo de avaliar a viabilidade das comunicações em condições operacionais mais perto do real, simulando uma força em deslocamento.

Nestes testes, a localização do PC foi alterada, uma vez que a *Blue Force* possuía um PC principal, localizado no BIPes. Durante o cenário tático do exercício, o Pelotão de Atiradores encontrava-se a cerca de 7,5 km do PC e as comunicações eram muito instáveis, dificultando a transmissão contínua de voz e dados. Para combater esta instabilidade nas comunicações, o drone foi elevado a uma altitude de 100 metros no mesmo local, mas não se registaram melhorias, mantendo-se as comunicações no nível 1. A altitude fixou-se nos 100 metros visto que o tempo disponível era muito limitado, uma vez que o Pelotão de Atiradores seguia uma determinada linha do tempo para a execução da sua missão no Vale da Sanguinheira. Estas limitações impediram a realização de testes com altitudes superiores, que poderiam ter proporcionado melhores resultados.

A Figura n.º 44, abaixo apresentada, representa uma visão aérea da posição do PC tático e da posição do PelAt num período anterior à execução da operação.



Figura n.º 44 - Quarto Teste Efetuado
Fonte: Elaboração Própria – Google Earth

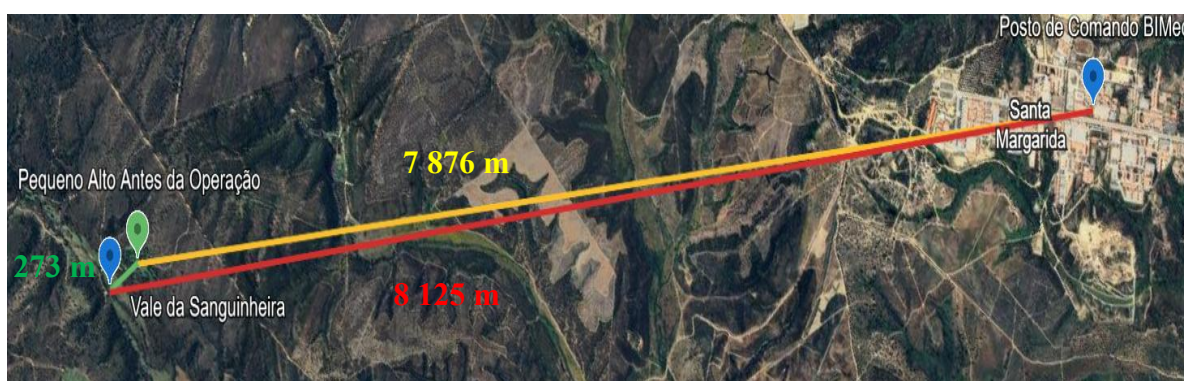


Figura n.º 45 - Quinto Teste Efetuado
Fonte: Elaboração Própria

No quinto e último teste, realizado numa zona de maior cota, situada a cerca de 270 metros de onde estava a decorrer a operação, no Vale da Sanguinheira, a cerca de 8100 metros do PC, conforme demonstrado na Figura n.º 45, verificaram-se desafios significativos no que toca à estabilidade das comunicações.

No decorrer da operação, ocorreu uma perda total das comunicações neste mesmo vale. Após esta perda total de comunicações, e com intuito de restabelecer as mesmas, elevou-se o drone a uma altitude de 200 metros, o que permitiu recuperar na integra todas as comunicações com o PC, obtendo sinais de nível 5 tanto no topo do vale como no meio do mesmo, um feito inédito até à data. A Figura n.º 46, infra apresentada, retrata o momento em que as comunicações com o PC foram restabelecidas.



Figura n.º 46 - Restabelecimento das comunicações com o PC
Fonte: Exército Português

4.4. Resultados e discussão

Ao longo deste subcapítulo, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos durante a fase empírica deste trabalho. Além disso, será também efetuada uma correlação com as temáticas apresentadas anteriormente no Capítulo I.

O decorrer desta fase analítica consistiu no tratamento de uma quantidade significativa de dados. Para o efeito, recorreremos à análise de conteúdo, uma técnica amplamente conhecida das ciências sociais (Scott et al., 2015), onde numa primeira instância procedemos à leitura de todo o conteúdo existente, nomeadamente, as transcrições das entrevistas, as notas de campo e os documentos oficiais consultados. De seguida, codificámos as frases em categorias e subcategorias (Wong, 2008). Ou seja, procurou-se identificar padrões nestes códigos bem como as ideias mais relevantes (Reis et al., 2022b), o que nos permitiu obter uma visão geral dos dados. Para tal, utilizámos softwares informáticos de análise de dados qualitativos (QDAS), nomeadamente o MS® Excel e o NVIVO 12 (Edhlund & McDougall, 2019). Estes softwares permitiram tratar todos os dados qualitativos obtidos através dos inquéritos por entrevista, reduzindo o tempo necessário para as tarefas de tratamento manual, aumentando a flexibilidade e a profundidade no tratamento dos mesmos bem como, proporcionar uma análise de dados mais rigorosa (John & Johnson, 2000).

Após a recolha de dados efetuada, foi necessário proceder ao seu tratamento, bem como à sua respetiva análise. Para os dados obtidos através das entrevistas exploratórias,

foram elaboradas sinopses, apresentadas nos Apêndices D e E, com o objetivo de reunir as ideias-chave comuns a todos os entrevistados, conforme apresentado na Figura n.º 47, facilitando a sua comparação e permitindo retirar conclusões bem fundamentadas.

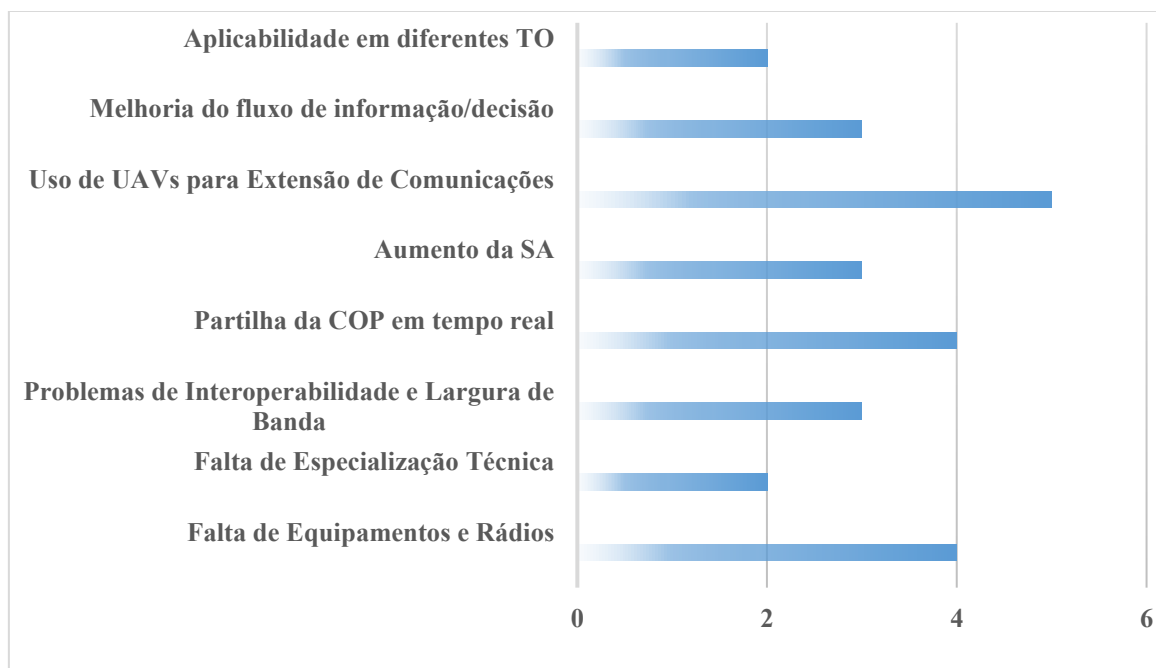


Figura n.º 47 – Frequência das Ideias-Chave Identificadas nas Entrevistas
Fonte: Elaboração Própria

Por fim, a fase de conclusão teve como principal objetivo interpretar, avaliar, descrever e discutir as evidências desta análise de dados. Neste contexto, procurámos identificar as limitações e potencialidades associadas ao emprego de RBE do C4I com UAVs bem como, do BMS e do DSS-C2 no decorrer do exercício ARTEX24.

4.4.1. Limitações ao nível das capacidades de C2

No que diz respeito às limitações ao nível das capacidades de C2 averiguadas no decorrer do exercício ARTEX 24 no Pelotão (-) equipado com o sistema C4I destacam-se alguns constrangimentos apontados pelos diferentes entrevistados. Em primeiro lugar (e com base nas respostas dos E1, E3 e E5) observou-se uma incompatibilidade entre sistemas e a insuficiência de meios de comunicações, uma vez que nem todos os militares empenhados no exercício estavam equipados com os devidos meios de comunicações, o que acabou por comprometer a integração vertical do C2 da operação. Em simultâneo, verificou-se uma limitação ao nível da cobertura do sistema, uma vez que apenas foi possível equipar uma secção quando estava previsto efetuar testes com uma unidade escalão Pelotão. Esta

limitação, de acordo com os E1 e E3, esteve diretamente relacionada com a falta de rádios e dispositivos BMS/DSS-C2. Acrescem ainda, os problemas de interoperabilidade e largura de banda, que segundo o E5 e o E6, acabaram por afetar a fluidez da informação. Por fim, destacam-se as dificuldades técnicas e estruturais na configuração dos diversos sistemas de comunicações, enumeradas pelo E4 e o E6.

4.4.2. Potencialidades ao nível das capacidades de C2

Relativamente às potencialidades ao nível das capacidades de C2 averiguadas no decorrer do exercício ARTEX 24 no Batalhão de Infantaria equipado com o sistema C4I evidenciaram-se, numa primeira instância pelos E1, E3 e E5, a partilha da COP em tempo real, associada a uma maior fluidez na tomada de decisão. De igual forma, o E2, E3 e E4, destacaram a possibilidade de visualizar as forças no terreno, sendo este um elemento que reforça substancialmente o C2 no decorrer de qualquer operação. Por outro lado, e com base nas respostas do E5 e do E6, a fusão de sensores e dados revelou ser um fator multiplicador da eficácia no decorrer da operação.

A interoperabilidade entre sistemas e UAVs, foi identificada pelo E1, E3, E5 e E6, como uma capacidade que permite não só melhorar exponencialmente a perceção da manobra das forças no terreno, bem como, recolher informação crítica em tempo real. Adicionalmente, esta interoperabilidade, segundo o E6, permite alcançar uma maior coordenação tática, mesmo com nível reduzido de detalhe. Por fim, destaca-se também o reforço da SA ao nível do pelotão e do comando (E2, E4).

4.4.3. Emprego de UAVs como Extensores de Rede

No que concerne ao emprego de um UAV como uma solução para o restabelecimento de comunicações, as opiniões dos diversos entrevistados foram unânimes, uma vez que todos consideraram que estes sistemas são um elemento fundamental para o restabelecimento das comunicações. A sua utilidade prática é notória, uma vez que já foi validada em contexto real, tanto em zonas urbanas como em zonas sem LoS (E3, E4 e E5).

Este emprego, segundo o E3 e o E6, permite alcançar um rápido restabelecimento da rede de comunicações em caso de falha, reduzindo a dependência de infraestruturas fixas ou de visibilidade direta (E1, E3). A sua aplicabilidade é generalizada nos diversos teatros de operações (E2, E5), uma vez que segundo o E1 e o E5, associado á utilização dos UAVs está

uma vasta gama de aplicações, dependendo da missão e do terreno. Como tal esta solução é vista por todos os entrevistados como eficaz e viável no incremento do alcance das capacidades de C2 uma vez que a integração UAV–BMS é considerada claramente vantajosa (E1, E3 e E5) e permite um acesso ampliado à COP, em tempo real.

Por outro lado, torna-se possível reduzir a dependência de relatórios manuais e de comunicação verbal (E3), o que está diretamente associado a um comando mais eficaz, bem como uma coordenação mais fluida ao nível da manobra das forças (E2, E6).

4.4.4. Limitações dos Sistemas BMS e DSS-C2

Associado à utilização do BMS e do DSS-C2, as principais limitações detetadas ao longo do exercício ARTEX 24 incidiram principalmente na falta de equipamento, que segundo os E1, E3 e E5, acabaram por comprometer a validação prática destes sistemas. Adicionalmente, a falta de conhecimento técnico por parte dos utilizadores, revelou-se um entrave à correta configuração e operação dos equipamentos (E4). Por outro lado, segundo o E5, a ausência de dispositivos nas secções, acabou por impedir o envio da respetiva localização, bem como, da partilha de informação, o levou a que a validação da solução neste cenário fosse condicionada pelos poucos recursos disponíveis.

Contudo, neste âmbito, foram enunciadas algumas propostas de melhorias futuras, vista a potenciar a eficácia destes sistemas em exercícios operacionais. Em primeiro lugar, foi reconhecida pelo E1 e pelo E3 a necessidade de avaliar os sistemas em condições ideais de emprego, mais próximas da realidade. Contudo, foi destacada por parte do E4 a necessidade de reforço do conhecimento técnico dos operadores, de forma a que estes possuam competências adequadas (configurador e/ou operador) para o desempenho das suas funções. Por fim, salientou-se a importância de garantir a dotação completa de equipamentos compatíveis nas secções (E3, E5), de forma a conseguir efetuar os mesmos testes, mas num pelotão devidamente equipado, o mais próximo de um cenário real.

4.4.5. Potencialidades dos Sistemas BMS e DSS-C2

Por fim, as principais potencialidades detetadas ao longo do exercício ARTEX 24 com a utilização do BMS e do DSS-C2 pelos entrevistados incidiram principalmente no aumento significativo da SA (E2 e E4), na melhoria do fluxo de informação entre escalões

e da capacidade de decisão (E1, E3) e na integração de UAVs no reforço às capacidades de C2 que segundo o E3, o E5 e E6 promovem uma maior eficácia ao nível tático. Por fim, foi reconhecida pelo E1 e pelo E5 a importância da interoperabilidade entre os diversos sistemas como uma vantagem crítica.

CONCLUSÕES

Esta investigação numa primeira instância assentou numa análise coerente da eficácia do BMS em Unidades de Infantaria escalão batalhão, nomeadamente na FND /MINUSCA da RCA, procurando compreender as perceções dos utilizadores deste sistema em contexto operacional, bem como, recolher perspetivas acerca da futura integração do DSS-C2 (integrado no SCS). Paralelamente, testou-se num cenário de exercício (ARTEX24) a capacidade de extensão da rede de comunicações (voz e dados) com recurso a uma utilização integrada de UAVs e RBE. Desta forma, procurou-se incrementar a capacidade de C2 dos batalhões de infantaria equipados com o sistema C4I, uma vez que nos encontramos num cenário cada vez mais tecnológico e imprevisível.

Relativamente aos resultados obtidos através do inquérito por questionário, estes permitiram alcançar importantes conclusões no que diz respeito aos sistemas BMS e DSS-C2. No que respeita ao BMS, a maioria dos inqueridos reconheceu o seu impacto na eficácia do C2, especificamente no incremento da *Situational Awareness*, da comunicação entre os diversos escalões e na obtenção de uma COP fidedigna e complementada. Contudo, foram igualmente evidenciadas algumas limitações técnicas, com especial enfoque para a insuficiência da capacidade do rádio PRC-525, que é a maior limitação do sistema, o que leva a que este sistema não seja uma ferramenta válida na maior parte das operações levadas a cabo na RCA. Associado a isto, vários foram os inqueridos que afirmaram que para retirar o máximo rendimento do sistema teria de se utilizar meios com maior largura de banda. Por outro lado, relativamente ao DSS-C2, os utilizadores que tiveram contacto direto com este sistema, que foram poucos (derivado à fase inicial em que este se encontra), apontaram ganhos evidentes ao nível da manobra, reconhecendo o seu potencial como ferramenta de apoio à decisão. Ainda assim, esta análise evidenciou constrangimentos relacionados com a escassez de equipamento compatível, a complexidade da interface e a carência de capacitação técnica por parte dos utilizadores, sendo à semelhança do BMS, necessário apostar na formação e na capacitação técnica dos seus utilizadores, para que consigam tirar o máximo rendimento destes sistemas em contexto operacional.

Posto isto, os resultados obtidos no decorrer dos testes efetuados no ARTEX24 evidenciam a eficácia da utilização de UAVs equipados com RBE como retransmissores. Sendo que, esta eficácia traduz-se no incremento da extensão do alcance das comunicações (voz e dados), o que possibilitou restabelecer comunicações em situações de perda das

mesmas com o PC, o que teve um impacto bastante positivo na continuidade do C2 e na fluidez das comunicações, assegurando um fluxo contínuo de informação para com o escalão superior. Simultaneamente, verificou-se também que a interoperabilidade entre os sistemas BMS e DSS-C2, testados no terreno, permitiram reforçar tanto a *Situational Awareness* como a coordenação tática das unidades de infantaria.

Face a estes resultados, esta investigação acrescenta vários contributos práticos e recomendações com elevado grau de importância para o Exército Português. Estes contributos, numa primeira instância, baseiam-se em assegurar a implementação do DSS-C2 em contexto operacional, integrando este sistema com os restantes sistemas associados à componente do C4I, já em uso. Desta forma, torna-se imprescindível investir na formação e no treino dos utilizadores, uma vez que muitos dos utilizadores inqueridos consideram a formação insuficiente para o desempenho das suas funções, de forma a tirar o máximo rendimento deste sistema e a maximizar o seu impacto nas capacidades de C2. Em segundo lugar, recomenda-se o emprego de UAVs como extensores de rede em ambientes complexos como complemento à rede de rádios terrestre. Contudo, para que este emprego seja sustentável, torna-se fundamental elaborar técnicas, táticas e procedimentos (TTP) específicas por forma a incrementar a robustez das comunicações aos diversos escalões, mantendo um fluxo de informação constante e seguro.

No que concerne às limitações da investigação, importa reconhecer que o inquérito por questionário dirigido aos utilizadores do BMS e do DSS-C2 obteve um número de respostas aquém do desejado, muito derivado à morosa difusão do mesmo pelo canal institucional. Paralelamente, denotou-se uma falta de familiarização por parte da maioria dos inqueridos em relação ao DSS-C2, o que seria de esperar uma vez que este ainda se encontra numa fase embrionária. Esta lacuna ao nível do conhecimento dos inqueridos limitou a profundidade de algumas análises, sobretudo nas expectativas, limitações e potencialidades deste sistema. Adicionalmente, constatou-se que a falta de equipamentos do SCS para dotar as subunidades envolvidas no decorrer dos testes realizados no exercício ARTEX24 acabaram por condicionar os testes de interoperabilidade entre o BMS e o DSS-C2, acabando por não tornar o cenário o mais próximo do real. Estes constrangimentos apontam para a necessidade desta temática ter um acompanhamento contínuo à medida que estes sistemas forem sendo integrados na orgânica do Exército.

Como proposta de desenvolvimento futuro, evidenciamos a pertinência de estudar a utilização do DSS-C2 assim que este estiver integrado nas U/E/O do Exército. Investigações subsequentes poderão avaliar o seu desempenho em TO, bem como, a sua integração com o

BMS e com os demais componentes do SCS. Este aprofundamento, associado ao estudo contínuo e ao seu acompanhamento ao nível de outras FFAA, garantirá que o Exército Português se mantenha na vanguarda do conhecimento e maximize o retorno destas capacidades, reforçando a eficácia e a interoperabilidade entre os diversos sistemas associados ao C2 dos seus Batalhões de Infantaria.

Por fim, torna-se importante efetuar uma breve reflexão ao nível pessoal e profissional acerca da experiência proporcionada por esta investigação. Ao nível pessoal, a conclusão deste TIA assinala não só o término de uma longa jornada, mas principalmente a concretização de um sonho, a entrada nos quadros permanentes do Exército Português como Oficial de Infantaria. Ao nível profissional, enalteço a importância das oportunidades que advieram desta investigação, ao adquirir conhecimento e experiência acerca da temática em causa. Em jeito de conclusão, considero que o esforço investido nesta investigação foi recompensado com os resultados obtidos e com as lições aprendidas que dela advieram, oferecendo um valor acrescentado ao Exército Português, no que toca às capacidades de C2 dos Batalhões de Infantaria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atanásio, F., Rosado, D. P., & Reis, J. (in press). *Battlefield communications range with unmanned aerial vehicles: A comprehensive literature review*. In Proceedings of the 2025 Multidisciplinary International Conference on Research and Innovation in Digital and Sustainable Systems (MICRADS). Springer. (Aceite para publicação)
- Atanásio, F., Barros, J., Melão, N., Rosado, D. P., Cavalieri, A., & Reis, J. (in press). *Unmanned aerial vehicles communication systems in military operations: A comprehensive literature review*. In Proceedings of the 2025 World Conference on Information Systems and Technologies (WorldCIST). Springer. (Aceite para publicação)
- Alves, M., Rodrigues, T., & Pinto, S. (2023). Transformação Digital nas Forças Armadas: Desafios e Oportunidades. *Revista Militar*, 275(1), 45–62. <https://www.revistamilitar.pt>.
- Barros, J., Henriques, J., Reis, J., Rosado, D. P., & Melão, N. (2024). *Unmanned Aerial Systems: A Systematic Literature Review*. In Á. Rocha et al. (Eds.), *Information Technology and Systems* (Vol. 932, pp. 82–93). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-54235-0_8.
- Barroso, M. J. (2008). *O sistema de informação e comunicações tático (SIC-T) do Exército Português: Implicações doutrinárias*. Instituto de Estudos Superiores Militares (IESM).
- Berndt, A. E. (2020). Sampling methods. *Journal of Human Lactation*, 36(2), 224–226. <https://doi.org/10.1177/0890334420906850>.
- Bogusz, P., Korkosz, M., Wygonik, P., Dudek, M., & Lis, B. (2015). Analysis of the impact of a supply source on the properties of a brushless DC motor with permanent magnets designed to drive a flying unmanned camera. *Przełąd Elektrotechniczny*, 5, 42–45.
- Bălcescu, N., Udeanu, G., Dobrescu, A., & Oltean, M. (2016). Unmanned aerial vehicle in military operations. *Scientific Research and Education in the Air Force*, 18(1), 199–206. <https://doi.org/10.19062/2247-3173.2016.18.1.26>.
- Cai, Y., & Lattu, A. (2022). Triple Helix or Quadruple Helix: Which model of innovation to choose for empirical studies? *Minerva*, 60(2), 257–280. <https://doi.org/10.1007/s11024-021-09453-6>.

- Carayannis, E. G., Barth, T. D., & Campbell, D. F. (2012). The Quintuple Helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>.
- Carayannis, E. G., Campbell, D. F. (2012). Editorial preface to the first volume of *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(1), 1-3. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-1>.
- Carayannis, E. G., Campbell, D. F. J., & Grigoroudis, E. (2022). Helix Trilogy: The Triple, Quadruple, and Quintuple Innovation Helices from a theory, policy, and practice set of perspectives. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(3), 2272–2301. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00813-x>.
- Creswell, J. W. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J., & Creswell, D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5^a ed.). SAGE Publications.
- Edhlund, B. M., & McDougall, A. G. (2019). *NVivo 12 essentials: Your guide to the world's most powerful data analysis software*. Form & Kunskap.
- Etikan, I. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>.
- Etzkowitz, H. (2008). *The triple helix: University-industry-government innovation in action*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203929605>.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4).
- European Defence Agency [EDA]. (2010). Extract from NEC vision report. In EU NEC VISION REPORT. Acedido a 07 de janeiro de 2025 em https://www.eda.europa.eu/docs/documents/Extract_from_NEC_Vision_Report.pdf.
- Exército Português. (2021). *Revista Infantaria*, n.º 6. Gabinete do Chefe do Estado-Maior do Exército.
- Exército Português. (2023). Sistema C4I e integração de redes táticas. *Jornal do Exército*, 736, 19.
- Exército Português. (2024). *Revista Azimute: Infantaria*, 9. Gabinete do CEME. <https://assets.exercito.pt/.../N.%209%20-%20Revista%20Azimute.pdf>

- Fatima, S., Abbas, S., Mir, I., Gul, F., & Forestiero, A. (2023). Flight dynamics modeling with multi-model estimation techniques: A consolidated framework. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 18(3), 2371–2381. <https://doi.org/10.1007/s42835-023-01376-4>.
- Feitosa, R. G. F., Esmeraldo, G. A. R. M., & Campos, G. A. L. (2022). Ontologias para recomendações rápidas na avaliação automática de respostas para questões abertas. In *Proceedings of the 15th Seminar on Ontology Research in Brazil (ONTOBRAS) and 6th Doctoral and Masters Consortium on Ontologies (WTDO)*
- Ferreira, A. F. S. (2018). *Comunicações táticas entre viaturas militares* [Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico]. Repositório Científico do IST. https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689244997258661/Dissertacao_SistemaFSO.pdf.
- Figueiredo Lopes, A. (2023). A dimensão estratégica das indústrias de defesa. In R. Costa & A. Reis (Eds.), *E-briefing paper: Economia de Defesa* (pp. 10–14). Instituto da Defesa Nacional. <https://www.idn.gov.pt>.
- Fusch, P. I., & Ness, L. R. (2015). *Are We There Yet? Data Saturation in Qualitative Research*. *The Qualitative Report*, 20(9), 1408–1416. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2015.2281>
- Garcia-Marques, T., & Bártolo-Ribeiro, R. (2020). O formato das questões de resposta fechada: Implicações para a natureza, validade e fiabilidade das medidas. *Análise Psicológica*, 38(2), 271–288. <https://doi.org/10.14417/ap.1659>.
- Ghamari, M., Rangel, P., Mehrubeoglu, M., Tewolde, G. S., & Sherratt, R. S. (2022). Unmanned aerial vehicle communications for civil applications: A review. *IEEE Access*, 10, 102492–102531. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3208571>.
- Ha, S., Bae, J., Kim, J., & Choi, J. (2019). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 6(3), 613–636. <https://doi.org/10.1007/s40684-019-00125-7>.
- Hassanalian, M., & Abdelkefi, A. (2017). Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. *Progress in Aerospace Sciences*, 91, 99–131. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2017.04.003>.
- Hentati, A. I., & Fourati, L. C. (2020). Comprehensive survey of UAVs communication networks. *Computer Standards & Interfaces*, 72, 103451. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2020.103451>.

- Hognogi, G., Pop, A., Marian-Potra, A., & Someșfălean, T. (2021). The role of UAS–GIS in digital era governance: A systematic literature review. *Sustainability*, 13(19), 11097. <https://doi.org/10.3390/su131911097>.
- Hubbard, S., Pak, A., Gu, Y., & Jin, Y. (2017). UAS to support airport safety and operations: Opportunities and challenges. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 6(1), 1–17. <https://doi.org/10.1139/juvs-2016-0020>.
- Jawhar, I., Mohamed, N., Al-Jaroodi, J., Agrawal, D. P., & Zhang, S. (2017). Communication and networking of UAV-based systems: Classification and associated architectures. *Journal of Network and Computer Applications*, 84, 93–108. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.02.008>.
- John, W. S., & Johnson, P. (2000). The pros and cons of data analysis software for qualitative research. *Journal of Nursing Scholarship*, 32(4), 393–397. <https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.2000.00393.x>.
- Jovanović, M., Savić, G., Cai, Y., & Levi-Jakšić, M. (2022). Towards a Triple Helix based efficiency index of innovation systems. *Scientometrics*, 127(5), 2577–2609. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04304-x>.
- Kardasz, P., & Doskocz, J. (2016). Drones and possibilities of their using. *Journal of Civil & Environmental Engineering*, 6(2), 233. <https://doi.org/10.4172/2165-784X.1000233>.
- Kerczewski, R., & Griner, J. (2012). Control and non-payload communications links for integrated unmanned aircraft operations. In NASA Technical Memorandum No. TM-2012-217344 (pp. 1–8). Acedido a 14 de fevereiro de 2025 em <https://ntrs.nasa.gov/citations/20120016398>.
- Klimkowska, A., Lee, I., & Choi, K. (2016). Possibilities of UAS for maritime monitoring. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B1, 885–891. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B1-885-2016>.
- Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory models for analyzing the knowledge-based economy? *Journal of the Knowledge Economy*, 3(1), 25–35. <https://doi.org/10.1007/s13132-011-0049-4>.
- Leydesdorff, L. (2013). N-Tuple of helices. In E. G. Carayannis (Ed.), *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship* (pp. 1400–1402). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3858-8_200002.

- Leydesdorff, L., & Ivanova, I. (2016). "Open innovation" and "Triple Helix" models of innovation: Can synergy in innovation systems be measured? *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 2(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40852-016-0039-7>.
- Li, J., Zhou, Y., & Lamont, L. (2013). Communication architectures and protocols for networking unmanned aerial vehicles. In *2013 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)* (pp. 1415–1420). IEEE. <https://doi.org/10.1109/GLOCOMW.2013.6825193>.
- Mangiameli, M., Muscato, G., Mussumeci, G., & Milazzo, C. (2013). A GIS application for UAV flight planning. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(30), 147–151. <https://doi.org/10.3182/20131120-3-FR-4045.00025>.
- Mariani, M., Borghi, M., & Cappa, F. (2021). Industry 4.0: What we know and what we need to know. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120494. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120494>.
- Marshall, M. N. (1996). Sampling for qualitative research. *Family Practice*, 13(6), 522–526. <https://doi.org/10.1093/fampra/13.6.522>.
- Mészáros, A. Á. (2024). Innovation in the defence industry from the end of the Cold War to the war in Ukraine. *Journal of Regional Security*, 19(1), 97–118. <https://doi.org/10.5937/jrs29-43125>.
- Mistri, R. K., Mahto, S. K., Singh, A. K., Sinha, R., Al-Gburi, A. J. A., Alghamdi, T. A. H., & Alathbah, M. (2023). Quad element MIMO antenna for C, X, Ku, and Ka-band applications. *Sensors*, 23(20), 8563. <https://doi.org/10.3390/s23208563>.
- Mohsan, S., Othman, N., Li, Y., Alsharif, M., & Khan, M. (2023). Unmanned aerial vehicles (UAVs): Practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. *Intelligent Service Robotics*, 16, 109-137. <https://doi.org/10.1007/s11370-022-00452-4>.
- Mori, J. A. (2018). Artificial intelligence and national security: The importance of ethical governance. *Defence Studies*, 18(4), 438–456. <https://doi.org/10.1080/14702436.2018.1543762>.
- Naaz, F., Nauman, A., Khurshaid, T., & Kim, S.-W. (2024). Empowering the vehicular network with RIS technology: A state-of-the-art review. *Sensors*, 24(2), 337. <https://doi.org/10.3390/s24020337>.
- Nascimento, L. D. C. N., Souza, T. V. D., Oliveira, I. C. D. S., Moraes, J. R. M. M. D., Aguiar, R. C. B. D., & Silva, L. F. D. (2018). Theoretical saturation in qualitative

- research: An experience report in interview with schoolchildren. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 71(1), 228–233. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2016-0616>.
- NATO. (2016). *Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations*. NATO Standardization Office.
- NATO. (2017). *AEP-84 Volume I: Standard interfaces of unmanned aircraft (UA) control system (UCS) for NATO UA interoperability – Interface Control Document*. NATO Standardization Office.
- NATO. (2017). *STANAG 4586: Standard interfaces of UAV control system (UCS) for NATO UAV interoperability* (Fourth Edition). NATO Standardization Office.
- NATO. (2018). *Allied Joint Doctrine for the Conduct of Operations (AJP-3)*. NATO Standardization Office.
- NATO. (2020). *Allied Joint Publication 2: Allied Joint Doctrine for Intelligence, Counterintelligence and Security*. NATO Standardization Office.
- Nawaz, H., Ali, H. M., & Laghari, A. A. (2021). UAV communication networks issues: A review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28(3), 1349–1369. <https://doi.org/10.1007/s11831-020-09418-0>.
- Parker, C., Scott, S., & Geddes, A. (2020). Snowball sampling. In *SAGE Research Methods Foundations*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781526421036831710>.
- Payal, K., Verma, R., & Tripathi, A. (2021). Impact of emerging technologies on the defence industry: A systematic review. *Defence Science Journal*, 71(6), 755–764. <https://doi.org/10.14429/dsj.71.16902>.
- Petrovski, A., & Radovanovic, M. (2021). Application of detection reconnaissance technologies use by drones in collaboration with C4IRS for military interested. *Contemporary Macedonian Defence* 21, 117–126.
- Pinheiro Alves, R., & Nunes, C. (2021). O enquadramento conceptual da economia de defesa. In C. Nunes & R. Pinheiro Alves (Coord.), *Economia de defesa em Portugal: A caminhar em direção ao futuro* (pp. 31–56). idD Portugal Defence.
- Pires, R. de M., Arnosti, S. Z., Pinto, A. S. R., & Branco, K. R. L. J. C. (2016). Experimenting broadcast storm mitigation techniques in FANETs. In *Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. CEUR-WS. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.726>.
- Prisacariu, V., & Muraru, A. (2016). Unmanned aerial system (UAS) in the context of modern warfare. *Scientific Research and Education in the Air Force*, 18(1), 177–184. <https://doi.org/10.19062/2247-3173.2016.18.1.23>

- PwC. (2005). *The defense industry in the 21st century*. PricewaterhouseCoopers. https://www.pwc.pl/en/publikacje/defense_industry_ads.pdf
- Quamar, M. M., Al-Ramadan, B., Khan, K., Shafiullah, M., & El Ferik, S. (2023). Advancements and applications of drone-integrated geographic information system technology—A review. *Remote Sensing*, *15*(20), 5039. <https://doi.org/10.3390/rs15205039>.
- Ramesh, P., & Jeyan, J. (2020). Comparative analysis of the impact of operating parameters on military and civil applications of mini unmanned aerial vehicle (UAV). *AIP Conference Proceedings*, 030034. <https://doi.org/10.1063/5.0033989>.
- Ranga, M., & Etzkowitz, H. (2013). Triple Helix Systems: An analytical framework for innovation policy and practice in the knowledge society. *Industry and Higher Education*, *27*(4), 237–262. <https://doi.org/10.5367/ihe.2013.0165>.
- Reis, J., Santo, P., & Melão, N. (2020). Impact of artificial intelligence research on politics of the European Union member states: The case study of Portugal. *Sustainability*, *12*(17), 6708. <https://doi.org/10.3390/su12176708>.
- Reis, J. (2021). Politics, power, and influence: Defense industries in the post-Cold War. *Social Sciences*, *10*(1), 10. <https://doi.org/10.3390/socsci10010010>.
- Reis, J., Cohen, Y., Melão, N., Costa, J., & Jorge, D. (2021). High-tech defense industries: Developing autonomous intelligent systems. *Applied Sciences*, *11*(11), 4920. <https://doi.org/10.3390/app11114920>.
- Reis, J., Melão, N., Costa, J., & Pernica, B. (2022a). Defence industries and open innovation: Ways to increase military capabilities of the Portuguese ground forces. *Defence Studies*, *22*(3), 354–377. <https://doi.org/10.1080/14702436.2022.2033117>.
- Reis, J., Rosado, D. P., Ribeiro, D. F., & Melão, N. (2022b). Quintuple Helix Innovation Model for the European Union defense industry — An empirical research. *Sustainability*, *14*(24), 16499. <https://doi.org/10.3390/su142416499>.
- Reis, J. (2023). *Development of an N-Helix innovation model for the Portuguese defense industry* [Doctoral Thesis, Instituto Universitário Militar]. Repositório do Instituto Universitário Militar. https://www.researchgate.net/publication/377696207_Development_of_an_N_Helix_Innovation_Model.
- Rosado, P. (2017). *Elementos essenciais de sociologia geral*. Gradiva.
- Scopus. (2020). *Data, curated, connected, complete*. Elsevier. <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>.

- Scott, R. A., Kosslyn, S. M., & Buchmann, M. (2015). *Emerging trends in the social and behavioral sciences: An interdisciplinary, searchable, and linkable resource*. Wiley. <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118900772>.
- Sequeira, V. (2020). Sistema de Comando e Controlo BMS – Battlefield Management System. *Revista Atoleiros*, 34, 52–55. <https://www.researchgate.net/publication/341576980>.
- Sezal, I., & Giumelli, F. (2022). The European defence fund: A step towards a single market for defence? *EU IDEA Policy Papers*, 24. <https://www.iai.it/en/publicazioni/european-defence-fund-step-towards-single-market-defence>.
- Simões, M., Marques, P., Ferreira, F., & Santos, C. (2020). *European defence industry: Challenges and opportunities for Portugal*. Instituto da Defesa Nacional. <https://www.idn.gov.pt>.
- Solomentsev, O. V., Melkumyan, V. H., Zaliskyi, M. Yu., & Asanov, M. M. (2015). UAV operation system designing. In *2015 IEEE International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)* (pp. 95–98). <https://doi.org/10.1109/APUAVD.2015.7346570>.
- Sonalkar, R., & Horn, J. (2008). Communication range extension for the Intelligent Munitions System. In *MILCOM 2008 – 2008 IEEE Military Communications Conference* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MILCOM.2008.4753352>.
- Tilford, E. (2021). *The revolution in military affairs: Prospects and cautions*. US Army War College. <https://www.jstor.org/stable/pdf/resrep11803.pdf>.
- Vergouw, B., Nagel, H., Bondt, G., & Custers, B. (2016). Drone technology: Types, payloads, applications, frequency spectrum issues and future developments. In B. Custers (Ed.), *The future of drone use* (Vol. 27, pp. 21–45). T.M.C. Asser Press. https://doi.org/10.1007/978-94-6265-132-6_2.
- Wong, L. (2008). Data analysis in qualitative research: A brief guide to using NVivo. *Malaysian Family Physician: The Official Journal of the Academy of Family Physicians of Malaysia*, 3(1), 14–20.
- Yin, R. K. (2016). *Qualitative research from start to finish* (2nd ed). The Guilford Press.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed). SAGE Publications.

Zeng, Y., Zhang, R., & Lim, T. J. (2016). Wireless communications with unmanned aerial vehicles: Opportunities and challenges. *IEEE Communications Magazine*, 54(5), 36–42. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.7470933>

APÊNDICES

APÊNDICE A - GUIÃO DO INQUÉRITO PARA ENTREVISTAS EXPLORATÓRIAS

GUIÃO

Nome:

Posto/ Função:

U/E/O:

Local:

Data:

1. **Quais as limitações ao nível das capacidades de comando e controlo (C2) averiguadas no decorrer do exercício ARTEX 24 no Pelotão (-) equipado com o sistema C4I?**
2. **Quais as potencialidades ao nível das capacidades de C2 averiguadas no decorrer do exercício ARTEX 24 no Batalhão de Infantaria equipado com o sistema C4I?**
3. **Considera que emprego de um *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) no restabelecimento de comunicações contribui para um maior alcance entre o Posto de Comando (PC) e as forças apeadas?**
 - a) **Em que situações?**
4. **Considera que o emprego de um *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) potencia as capacidades de C2?**
 - a) **De que forma?**
5. **Quais as principais limitações detetadas ao longo do exercício ARTEX 24 com a utilização do *Battlefield Management System* (BMS) e do DSS-C2 (*Dismounted***

Soldier System – Command and Control)?

a) Caso existam, quais poderiam ser futuras melhorias?

6. Quais as principais potencialidades detetadas ao longo do exercício ARTEX 24 com a utilização do *Battlefield Management System (BMS)* e do *DSS-C2 (Dismounted Soldier System – Command and Control)?*

Muito Obrigado pela sua Colaboração!

APÊNDICE B – CONSENTIMENTO INFORMADO

CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu, _____, aceito de minha livre vontade, participar nesta investigação intitulada de “Capacidades de Comando e Controlo dos Batalhões de Infantaria Equipados com o Sistemas C4I”, levada a cabo pelo Aspirante de Infantaria Francisco Couteiro Atanásio, em conformidade com o que me foi previamente explicado pelo mesmo.

Compreendi a explicação e os objetivos desta investigação na sua integra, em particular, que a recolha dos dados solicitados é única e exclusivamente para fins científicos e que todas as informações fornecidas serão tratadas de forma confidencial. Foi-me também dada a oportunidade de colocar as questões que julgasse necessárias referente à mesma.

Estou ciente de que os resultados desta investigação possam ser utilizados para efeitos de publicação, sendo que, fui também informado(a) de que após o tratamento dos dados facultados, todos os materiais (transcrições) serão destruídos.

Dou, desta forma, o meu consentimento para que todos os dados processados possam ser disponibilizados em fonte aberta. Sendo que, a minha identidade não será publicada, sem autorização prévia, e o anonimato será assegurado durante todo o processo de investigação.

Após a minha assinatura, irei receber uma cópia deste consentimento devidamente assinado por ambas as partes e não poderei revogar o mesmo.

Assinatura do Investigador
(Nome Completo do investigador)

Assinatura do Entrevistado

**APÊNDICE C – INFORMAÇÃO GENÉRICA ACERCA DOS
ENTREVISTADOS**

Entrevistado	Posto	Função	Unidade	Data
E1	TCor	Cmdt BIPes	BIPes/BrigMec	29/10/24
E2	Cap	Chefe da Equipa de Apoio em Engenharia - Projeto SIC-T Chefe da Equipa de Equipamentos Táticos (em acumulação)	DCI	09/03/25
E3	Cap	Chefe da Equipa de Apoio em Engenharia – Projeto SIC-T	DCI	12/01/25
E4	Cap	Chefe da Equipa de Apoio em Engenharia - Projeto SIC-T	DCI	16/04/25
E5	Alf	Cmdt PelAt / BIPes	BIPes/BrigMec	28/02/25
E6	Civil	Engenheiro de Sistemas	Empresa EID	16/10/24

APÊNDICE D – SÍNTESE DAS ENTREVISTAS EXPLORATÓRIAS

Questão n.º 1: Quais as limitações ao nível das capacidades de comando e controlo (C2) averiguadas no decorrer do exercício ARTEX 24 no Pelotão (-) equipado com o sistema C4I?	
Entrevistado	Resposta (Ideias Chave de cada resposta)
E1	Incompatibilidade entre os diferentes meios de comunicações/C2; Número insuficiente de equipamentos disponíveis, não cobrindo toda a Estrutura Orgânica do Batalhão de Infantaria Pesado (BIPes) no exercício. Esta limitação comprometeu a plena integração dos sistemas nos vários escalões envolvidos.
E2	Não participou diretamente na utilização dos sistemas BMS/DSS-C2 no ARTEX24. Refere que não pode apresentar limitações observadas por falta de envolvimento direto. Salienta a importância do envolvimento direto para uma avaliação mais rigorosa do desempenho dos sistemas.
E3	Limitação principal: insuficiência de equipamentos para equipar eficazmente o Pelotão (-). Os rádios e o DSS estavam planeados apenas até ao escalão de secção, o que comprometeu a cobertura em escalões superiores. A distância entre elementos no pelotão dificultou a comunicação, resultando em sinal fraco ou inexistente no posto de comando do comandante do pelotão (Cmdt Pel).
E4	Não participou diretamente na utilização dos sistemas BMS/DSS-C2 no ARTEX24. Refere que não pode apresentar limitações observadas por falta de envolvimento direto.
E5	Falta de meios e recursos adequados para equipar o pelotão (rádios, BMS); Atribuição limitada de rádios – apenas um rádio disponível, usado pelo Cmdt Pelotão; Uso do sistema Marconi pelas secções revelou-se inadequado para comunicações intersecção devido ao alcance reduzido. Limitações no uso do UAV, devido a uma difícil coordenação com o piloto do UAV, a um alcance limitado e à baixa autonomia da bateria do UAV e à necessidade frequente de reposicionamentos. Perde de ímpeto na progressão da força nas operações de limpeza de edifícios; Incapacidade de utilizar eficazmente o BMS e o DSS-C2, uma vez que os sistemas usados pelas secções não enviavam localização e os militares não dispunham de dispositivos do DSS-C2.
E6	Dificuldades na configuração dos sistemas de comunicações utilizados com o BMS. Problemas de interoperabilidade entre os sistemas rádio e o BMS. Restrições na largura de banda disponível, afetando o desempenho do sistema. Capacidade de resposta em tempo real insuficiente, comprometendo a eficácia do comando e controlo. Impacto negativo na fluidez da transmissão de informação crítica durante as operações.

Ideias chave	Incompatibilidade entre sistemas e insuficiência de meios de comunicações, comprometendo a integração vertical do C2. Cobertura limitada do sistema devido ao planeamento centrado no escalão secção, não abrangendo o pelotão. Falta de rádios e dispositivos BMS/DSS-C2 em quantidade adequada. Problemas de interoperabilidade e largura de banda, afetando a fluidez da informação. Dificuldades técnicas e estruturais na configuração dos sistemas de comunicações.
Questão n.º 2: Quais as potencialidades ao nível das capacidades de C2 averiguadas no decorrer do exercício ARTEX 24 no Batalhão de Infantaria equipado com o sistema C4I?	
E1	Potencialidades do sistema estão ligadas à: Fluidez e celeridade no processo de tomada de decisão; Partilha eficaz da COP; Melhoria da compreensão situacional por parte dos decisores.
E2	No exercício ARTEX24 foi experimentado pela primeira vez utilizar UAVs equipados com um RBE, a fim de realizar a função de MANET. Destaca o seu contributo para a gestão da manobra, com: Visualização da posição das forças próprias; Facilidade em comunicar e coordenar com os elementos no terreno.
E3	A principal potencialidade identificada foi a visualização da COP em tempo real. Essa capacidade permitiu ao Cmdt Pelotão ter uma perceção clara da manobra. Toda a informação era visível num PC através da utilização de um rádio repetidor acoplado num UAV.
E4	O sistema permite ao comandante visualizar a localização dos soldados em tempo real. Essa capacidade contribui diretamente para uma melhor coordenação e controlo das forças no terreno.
E5	Reconhece múltiplas potencialidades dos sistemas C4I. Destaca o papel do sistema na fusão de sensores e comunicações. Salienta que o sistema fornece ao Cmdt uma ferramenta com valor acrescentado na manobra e na condução das forças.
E6	Permite uma coordenação eficaz das ações, mesmo com nível de detalhe mínimo. Ajudou a manter uma COP partilhada entre o pelotão e escalão superior. Favorece a fluidez na condução da missão.
Ideias chave	Partilha da COP em tempo real e maior fluidez na tomada de decisão. Visualização das nossas forças, reforçando o C2. Fusão de sensores e dados como fator multiplicador da eficácia. Interoperabilidade entre sistemas e UAVs melhora a perceção da manobra. Coordenação tática eficaz, mesmo com nível reduzido de detalhe. Reforço da <i>situational awareness</i> (SA) ao nível do pelotão e do comando.
Questão n.º 3: Considera que emprego de um <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV) no restabelecimento de comunicações contribui para um maior alcance entre o Posto de Comando (PC) e as forças apeadas? a) Em que situações?	
E1	Sim. Considera que o sistema poderá ser útil em situações pontuais e específicas. A sua aplicabilidade depende do teatro de operações e da missão a desempenhar. Reflete uma visão condicional da utilidade da solução.

E2	Sim. Confirma a utilidade do sistema em situações reais. Considera que a capacidade de estender a rede de comunicações é relevante em todos os teatros de operações. A aplicabilidade da solução é vista como transversal e consistente.
E3	Sim. Confirma a eficácia da solução proposta. Refere que, quando as comunicações se perdiam temporariamente, a solução permitia reativar rapidamente a rede, possibilitando a retoma do comando e controlo. Valida a solução com base em experiência prática no terreno.
E4	Sim. Confirma que o sistema é útil. Em situações sem linha de vista e com obstáculos, a solução permite manter as comunicações, garantindo continuidade no comando e controlo.
E5	Sim. A solução foi testada durante o exercício ARTEX24, incluindo em zonas urbanas. A comunicação entre secções foi mantida através da rede Marconi, enquanto o Cmdt Pelotão manteve ligação com escalão superior. Demonstra uma experiência operacional positiva, mesmo com meios limitados.
E6	Sim. Confirma utilidade da solução, sobretudo em situações onde se perdem as comunicações principais. Refere que esta capacidade pode assegurar a continuidade do comando em momentos críticos. Enfatiza o papel da solução como redundância operacional eficaz.
Ideias chave	Utilidade validada em contexto real e urbano, incluindo zonas sem linha de vista. Restabelecimento rápido da rede em caso de falha de comunicações. Redução da dependência de infraestrutura fixa ou visibilidade direta. Aplicabilidade generalizada em diversos teatros de operações. Considerações contextuais sobre a utilidade, dependendo da missão e do terreno. Solução vista como eficaz e viável para aumentar o alcance C2.
Questão n.º 4: Considera que o emprego de um <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV) potencia as capacidades de C2? a) De que forma?	
E1	Sim. Confirma que a integração entre UAV e BMS é potenciadora. Destaca a possibilidade de partilhar a COP em tempo real. Esta funcionalidade melhora a consciência situacional e o apoio à decisão
E2	Sim. Considera que a integração é útil, desde que adaptada ao contexto de emprego do sistema. Refere que a qualidade da informação recolhida pelos UAV deve estar alinhada com as necessidades do comando e controlo.
E3	Sim. Confirma o valor claro da integração UAV–BMS. Salienta que esta capacidade reduz significativamente a dependência de relatórios manuais e da informação verbal. Garante maior rapidez e precisão na perceção do terreno e na condução das operações.
E4	Sim. Mesmo sem recurso a repetidor, confirma que a integração com UAV: Permite visualização ampliada do campo de batalha e proporciona vantagem tática significativa para o comandante.

E5	Sim. Considera que a integração é vantajosa, principalmente quando os UAV possuem sensores (<i>payloads</i>) adequados à missão. A partilha direta de imagem entre UAV e BMS reforça a COP e melhora a capacidade de planeamento e atuação imediata. Destaca a importância de adequar o tipo de UAV e sensores ao contexto operacional.
E6	Sim. Confirma que a integração permite um comando e controlo mais eficaz da operação. Refere que esta capacidade facilita a coordenação de forças no terreno, especialmente quando há visibilidade reduzida ou dispersão de elementos.
Ideias chave	Integração UAV–BMS considerada claramente vantajosa. Acesso ampliado à COP, inclusive em tempo real. Redução da dependência de relatórios manuais e de comunicação verbal. Visualização do campo de batalha alargada (mesmo sem repetidores). Valorização do uso de UAVs com sensores adaptados ao contexto operacional. Contribuição para um comando mais eficaz e coordenação mais fluida.
Questão n.º 5: Quais as principais limitações detetadas ao longo do exercício ARTEX 24 com a utilização do <i>Battlefield Management System</i> (BMS) e do DSS-C2 (<i>Dismounted Soldier System – Command and Control</i>)? a) Caso existam, quais poderiam ser futuras melhorias?	
E1	A perceção do sistema pode ter sido influenciada por limitações do cenário e dos meios disponíveis. Destaca a importância de avaliar o sistema num contexto com as condições técnicas ideais. Sugere que a eficácia observada pode não corresponder ao potencial real da solução.
E2	Não participou na atividade operacional em que o sistema foi utilizado. Por essa razão, não conseguiu observar ou avaliar os resultados obtidos. Reflete limitação de experiência direta para formular opinião fundamentada.
E3	Faltaram equipamentos suficientes para a implementação do sistema na totalidade do pelotão. Esta carência impediu a validação plena da solução durante o exercício. A eficácia foi condicionada por insuficiência de meios técnicos no terreno.
E4	Conhecimento técnico insuficiente dos utilizadores, tanto na configuração como na operação do sistema. Esta limitação afeta negativamente o potencial de exploração das capacidades do BMS.
E5	Falta de capacidade para receber a localização das secções, devido à ausência dos equipamentos adequados. Este fator comprometeu a funcionalidade do sistema BMS. A ausência de integração plena entre os elementos limitou a validação da solução no terreno.
E6	Nada a referir sobre a questão. Não foram apontadas limitações ou observações adicionais sobre a eficácia da solução testada.
Ideias chave	Falta de equipamento suficiente comprometeu a validação do sistema. Utilizadores com conhecimentos técnicos limitados para configurar e operar os sistemas. Ausência de dispositivos nas secções impediu o envio de localização e partilha de

	informação. Validação condicionada por cenário e recursos disponíveis. Alguns entrevistados não participaram diretamente na atividade. Reconhecida a necessidade de avaliar os sistemas em condições ideais de emprego.
Questão n.º 6: Quais as principais potencialidades detetadas ao longo do exercício ARTEX 24 com a utilização do <i>Battlefield Management System (BMS)</i> e do <i>DSS-C2 (Dismounted Soldier System – Command and Control)</i>?	
E1	Os sistemas utilizados eram reduzidos, o que limitou a avaliação plena da solução. Não foi possível testar a solução em toda a sua extensão - desde o soldado até ao nível Batalhão. Apesar disso, considera que a integração e implementação dos sistemas BMS/DSS-C2 com UAVs tem potencial como facilitador do C2. Acredita que essa integração pode contribuir diretamente para a fluidez e rapidez na tomada de decisão.
E2	A utilização do BMS e do DSS-C2 em conjunto com UAVs aumentou significativamente a perceção situacional. Destaca o reforço do comando e controlo pela integração de sensores e partilha de dados em tempo real. Realça a interoperabilidade entre sistemas como um fator diferenciador.
E3	O BMS permitiu fornecer informação detalhada e oportuna ao escalão superior. Facilitou o desenvolvimento e a condução das ações táticas. A integração com UAVs melhorou o fluxo de informação vertical entre escalões.
E4	Refere um aumento da consciência situacional (<i>Situational Awareness</i>) por parte dos comandantes de secção. A integração dos sistemas contribui para uma tomada de decisão mais informada e eficaz.
E5	Não foi possível utilizar plenamente o sistema, devido à ausência de equipamentos compatíveis com as secções. A falta de capacidade para recolher e transmitir dados comprometeu o potencial da solução. Reflete uma limitação estrutural na implementação técnica da solução testada.
E6	Nada a referir relativamente à utilização dos sistemas em conjunto com UAVs. Não foram registadas observações sobre impacto ou eficácia operacional nesta área.
Ideias chave	Aumento significativo da <i>situational awareness</i> (SA). Melhoria do fluxo de informação entre escalões e da capacidade de decisão. Integração com UAVs reforça o C2 e promove maior eficácia tática. Reconhecimento da interoperabilidade como vantagem crítica. Utilidade limitada pela falta de recursos em algumas situações. Alguns casos não referiram observações por ausência de contacto direto ou restrições no uso.

APÊNDICE E – SÍNTESE DAS IDEAS CHAVE DAS ENTREVISTAS EXPLORATÓRIAS

Questão	Ideias Chave de cada resposta
Questão 1	Incompatibilidade entre sistemas e insuficiência de meios de comunicações, comprometendo a integração vertical do C2. Cobertura limitada do sistema devido ao planejamento centrado no escalão seção, não abrangendo o pelotão. Falta de rádios e dispositivos BMS/DSS-C2 em quantidade adequada. Problemas de interoperabilidade e largura de banda, afetando a fluidez da informação. Dificuldades técnicas e estruturais na configuração dos sistemas de comunicações.
Questão 2	Partilha da COP em tempo real e maior fluidez na tomada de decisão. Visualização das nossas forças, reforçando o C2. Fusão de sensores e dados como fator multiplicador da eficácia. Interoperabilidade entre sistemas e UAVs melhora a percepção da manobra. Coordenação tática eficaz, mesmo com nível reduzido de detalhe. Reforço da <i>situational awareness</i> (SA) ao nível do pelotão e do comando.
Questão 3	Utilidade validada em contexto real e urbano, incluindo zonas sem linha de vista. Restabelecimento rápido da rede em caso de falha de comunicações. Redução da dependência de infraestrutura fixa ou visibilidade direta. Aplicabilidade generalizada em diversos teatros de operações. Considerações contextuais sobre a utilidade, dependendo da missão e do terreno. Solução vista como eficaz e viável para aumentar o alcance C2.
Questão 4	Integração UAV-BMS considerada claramente vantajosa. Acesso ampliado à COP, inclusive em tempo real. Redução da dependência de relatórios manuais e de comunicação verbal. Visualização do campo de batalha alargada (mesmo sem repetidores). Valorização do uso de UAVs com sensores adaptados ao contexto operacional. Contribuição para um comando mais eficaz e coordenação mais fluida.
Questão 5	Falta de equipamento suficiente comprometeu a validação do sistema. Utilizadores com conhecimentos técnicos limitados para configurar e operar os sistemas. Ausência de dispositivos nas seções impediu o envio de localização e partilha de informação. Validação condicionada por cenário e recursos disponíveis. Alguns entrevistados não participaram diretamente na atividade. Reconhecida a necessidade de avaliar os sistemas em condições ideais de emprego.
Questão 6	Aumento significativo da <i>situational awareness</i> (SA). Melhoria do fluxo de informação entre escalões e da capacidade de decisão. Integração com UAVs reforça o C2 e promove maior eficácia tática. Reconhecimento da interoperabilidade como

vantagem crítica. Utilidade limitada pela falta de recursos em algumas situações. **Alguns casos** não referiram observações por ausência de contacto direto ou restrições no uso.

APÊNDICE F – INQUÉRITO POR QUESTIONÁRIO

Utilização e Perceção dos Utilizadores acerca dos Sistemas BMS e DSS-C2 no Exército Português em Contexto Operacional

Este inquérito insere-se no âmbito do Trabalho de Investigação Aplicada (TIA) do Aspirante-Aluno de Infantaria Francisco Atanásio, subordinado ao estudo da **Capacidade de Comando e Controlo dos Batalhões de Infantaria Equipados com o Sistema C4I**, com especial enfoque no **Battlefield Management System (BMS)** e no **Dismounted Soldier System – Command and Control (DSS-C2)**.

O objetivo principal deste inquérito por questionário é recolher dados empíricos que permitam aferir o grau de utilização, o nível de conhecimento técnico e as perceções dos militares relativamente a estes sistemas em contexto operacional. Pretende-se também, por outro lado, identificar os constrangimentos existentes, as necessidades formativas e as oportunidades de melhoria que contribuam para uma implementação mais eficaz destes sistemas.

* Indica uma pergunta obrigatória

Identifique os sistemas com os quais já estabeleceu contacto no exercício das suas funções, especificando, se possível, a designação e o contexto de utilização *

- Battlefield Management System (BMS)
- Dismounted Soldier System – Command and Control (DSS-C2)
- Ambos

Seguinte

Limpar formulário

Dismounted Soldier System – Command and Control (DSS-C2)

Já utilizou o *Dismounted Soldier System – Command and Control* (DSS-C2)? *

- Sim
- Não

Teve contacto com o sistema em ambiente tático (meios rádio) ou operacional (rede laboratorial/rede fixa)? *

- Ambiente Tático
- Ambiente Operacional

Considera o sistema útil? *

- Sim
- Não

Quais as capacidades que, na sua opinião, facilitam o decorrer de uma operação e/ou exercício militar? *

A sua resposta _____

Quais os meios rádio utilizados com este sistema, quando o utilizou (PRC-525, LTE, RBL, etc.) ? Considera que a capacidade do rádio limita o desempenho do sistema na componente tática? *

A sua resposta _____

Na sua opinião, a falta de conhecimentos técnicos dos militares que operam os meios de comunicações, bem como a ausência de procedimentos de rádio claramente definidos, compromete a utilização eficaz do sistema DSS-C2? *

- Sim
- Não

Quais aspetos do sistema considera que poderiam ser melhorados? *

A sua resposta

Anterior

Seguinte

Limpar formulário

Battlefield Management System (BMS)

Esta secção do questionário procura recolher a opinião e a experiência dos militares relativamente ao **BMS**. As perguntas abordam o grau de contacto com o sistema, a forma como tem sido utilizado em contexto real ou de treino, os meios rádio associados, a utilidade das suas funcionalidades, e o nível da formação recebida. O objetivo é obter uma perspetiva prática acerca do impacto do BMS na condução de operações e na tomada de decisão no terreno.

Já utilizou o *Battlefield Management System (BMS)* atualmente em uso no Exército? *

- Sim
- Não

Teve contacto com o sistema em ambiente tático (meios rádio) ou operacional (rede laboratorial/rede fixa)? *

- Em Ambiente Tático
- Em Ambiente Operacional

Utilizou a versão mais recente (2024) ou uma anterior? *

- Versão Anterior
- Versão Mais Recente

Considera o sistema útil? *

- Sim
- Não

Quais as capacidades que, na sua opinião, facilitam o decorrer de uma operação *
e/ou exercício militar?

A sua resposta

Quais os meios rádio utilizados com este sistema, quando o utilizou (PRC-525, *
LTE, RBL, etc.) ? Considera que a capacidade do rádio limita o desempenho do
sistema na componente tática?

A sua resposta

Recebeu formação sobre o sistema? *

- Sim
- Não

[Anterior](#)

[Seguinte](#)

[Limpar formulário](#)

Feedback da formação

A formação ministrada foi de: *

- Operador
- Configuração
- Ambas

Considerou a formação suficiente? *

- Sim
- Não

[Anterior](#)

[Seguinte](#)

[Limpar formulário](#)

Opinião e Propostas de Melhoria

Esta secção tem como objetivo identificar eventuais limitações à utilização eficaz do **BMS**, nomeadamente no que respeita à proficiência técnica dos operadores dos meios de comunicações e à existência de procedimentos normalizados de rádio. Paralelamente, pretende-se recolher contributos dos utilizadores no sentido de identificar aspetos do sistema que, na sua perspetiva, poderiam ser alvo de aperfeiçoamento, com vista à sua melhor integração nas operações e à maximização do seu potencial no apoio à decisão na condução das operações

Na sua opinião, a falta de conhecimentos técnicos dos militares que operam os * meios de comunicações, bem como a ausência de procedimentos de rádio claramente definidos, compromete a utilização eficaz do sistema BMS?

Sim

Não

Quais aspetos do sistema considera que poderiam ser melhorados? *

A sua resposta

(Fim do Formulário)

APÊNDICE G – CARTA DE ACEITAÇÃO WORLDCIST 2025



ACCEPTANCE LETTER

Dear Francisco Atanásio

**Center for Research, Development, and Innovation (CINAMIL), Academia Militar, Rua Gomes de Freire 203, 1169-203 Lisboa, Portugal
Portugal**

On behalf of the WorldCIST'25 - The 2025 World Conference on Information Systems and Technologies, I am pleased to inform you that your submission "*Unmanned Aerial Vehicles Communication Systems in Military Operations: A Comprehensive Literature Review*" has been accepted as a **Accept Full** for publication and oral presentation in this conference.

So, you are cordially invited to participate and present the paper in the WorldCIST'25 (<http://www.worldcist.org/>) to be held at Federal University of Santa Catarina (UFSC), Florianopolis, Brazil, between the 15th and the 17th April 2025, an international scientific event sponsored and organized by UFSC and ITMA - Information and Technology Management Association.

We sincerely hope that you will join us in making WorldCIST'25 a success. We look forward to seeing you next March.

Sincerely,

Álvaro Manuel Reis da Rocha

WorldCIST'25, General Chair

APÊNDICE H – CARTA DE ACEITAÇÃO MICRADS 2025



ACCEPTANCE LETTER

Dear Francisco Atanásio
Academia Militar
Portugal

On behalf of the MICRADS'25 - The 2025 Multidisciplinary International Conference of Research Applied to Defense and Security, I am pleased to inform you that your submission "*Battlefield Communications Range with Unmanned Aerial Vehicles: A Comprehensive Literature Review*" has been accepted as a Full paper for publication and oral presentation in this conference.

So, you are cordially invited to participate and present the paper in the MICRADS'25 (<http://www.micrads.org>) to be held in Orlando, Florida, USA, between the 24th and the 26th of July 2025, an international scientific event organized by ITMA - Information and Technology Management Association.

We sincerely hope that you will join us in making MICRADS'25 a success. We look forward to seeing you next July.

Sincerely,

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Álvaro Manuel Reis da Rocha'.

Álvaro Manuel Reis da Rocha

MICRADS'25, Chair

ANEXOS

ANEXO 1 – CONFIGURAÇÃO DO COMANDANTE

Quadro n.º 6 - Configuração do Comandante

Equipamento	Finalidade
Rádio de baixo escalão (RBE) ou rádio tático da secção (R&S Handheld TR-5000H - SDHR)	Para comunicações entre os comandantes de Pelotão e de Secção para transmissão de ordens e coordenação da manobra;
Rádio individual com integração ao RBE (EID TWH-104R4)	Para comunicações da Secção; permite georreferenciação;
EID TWH-101W1 PTT Wireless;	Ao pressionar um botão, o utilizador ativa a transmissão, garantindo uma comunicação clara e rápida entre os operadores.
Terminal de dados robustecido (TDR) (<i>Bittium Tough Mobile 2</i>)	Permite o acesso à COP e SA, controlar os rádios e a distribuição de energia entre os equipamentos, através do DSS-C2 2 e de aplicações desenvolvidas pela EID para controlar os dois rádios e a distribuição de energia;
Integrador de dados e energia (EID DSI-104)	Integra os equipamentos anteriores, permite interligar sensores ao sistema, ligar até duas baterias extra para aumentar a autonomia do sistema e está preparado para receber energia de uma viatura. Este equipamento fica localizado nas costas do militar.
Headset binaural tático com supressão de ruído ativo	Proteger a audição do soldado ao reduzir ruídos de alta intensidade, amplifica sons ambientais para manter a perceção situacional e permite comunicação clara ao integrar-se com os sistemas de comunicação do SCS.

Fonte: Elaboração Própria

ANEXO 2 – CONFIGURAÇÃO DO COMANDANTE (ZONA POSTERIOR)



Figura n.º 48 - Configuração do Comandante (Zona Posterior)
Fonte: Elaboração Própria

ANEXO 3 – CONFIGURAÇÃO DO COMANDANTE (ZONA ANTERIOR)



Figura n.º 49 - Configuração do Comandante (Zona Anterior)
Fonte: Elaboração Própria

ANEXO 4 – CONFIGURAÇÃO DO SOLDADO

Quadro n.º 7 - Configuração do Soldado

Equipamento	Finalidade
Rádio individual com integração ao RBE (EID TWH-104R4)	Para comunicações da Secção; permite georreferenciação;
EID TWH-101W1 PTT Wireless;	Ao pressionar um botão, o utilizador ativa a transmissão, garantindo uma comunicação clara e rápida entre os operadores.
Headset binaural tático com supressão de ruído ativo	Proteger a audição do soldado ao reduzir ruídos de alta intensidade, amplifica sons ambientais para manter a perceção situacional e permite comunicação clara ao integrar-se com os sistemas de comunicação do SCS.

Fonte: Elaboração Própria

ANEXO 5 – RÁDIO DE BAIXO ESCALÃO (R&S HANDHELD TR-5000H - SDHR)



Figura n.º 50 - Rádio de Baixo Escalão (R&S HANDHELD TR-5000H -SDHR)
Fonte: Elaboração Própria

ANEXO 6 – TERMINAL DE DADOS ROBUSTECIDO



Figura n.º 51 - Terminal de Dados Robustecido
Fonte: Elaboração Própria

ANEXO 7 – RÁDIO INDIVIDUAL (EID TWH-104R4)



Figura n.º 52 - Rádio Individual (EID TWH-104R4)
Fonte: Elaboração Própria

ANEXO 8- EID TWH-101W1 PTT WIRELESS



Figura n.º 53 - EID TWH-101W1 PTT WIRELESS
Fonte: CEMTEX

ANEXO 9 – HEADSET BINAURAL TÁTICO



Figura n.º 54 - Headset Binaural Tático
Fonte: Elaboração Própria