



ACADEMIA MILITAR

Emprego tático de drones suicidas – *loitering munitions*: Análise na perspetiva das necessidades de proteção antiaérea

Bárbara Cabaço Cabral

Trabalho de Investigação Aplicada

Mestrado Integrado em Ciências Militares na Especialidade de Artilharia

Orientador: Tenente-Coronel de Artilharia Nuno Miguel Cirne Serrano Mira

Coorientador: Capitão de Artilharia Artur Jorge Abreu Varanda

Júri

Presidente do Júri: Professor Adjunto Jorge Paulo Alves Torres

Arguente: Tenente-Coronel de Material Énio Rodrigo Pereira Chambel

Orientador: Tenente-Coronel de Artilharia Nuno Miguel Cirne Serrano Mira

Diretor de Curso: Tenente-Coronel de Artilharia Bruno Filipe Simões Ladeiro

junho 2025



ACADEMIA MILITAR

Emprego tático de drones suicidas – *loitering munitions*: Análise na perspetiva das necessidades de proteção antiaérea

Bárbara Cabaço Cabral

Trabalho de Investigação Aplicada

Mestrado Integrado em Ciências Militares na Especialidade de Artilharia

Orientador: Tenente-Coronel de Artilharia Nuno Miguel Cirne Serrano Mira

Coorientador: Capitão de Artilharia Artur Jorge Abreu Varanda

Júri

Presidente do Júri: Professor Adjunto Jorge Paulo Alves Torres

Arguente: Tenente-Coronel de Material Énio Rodrigo Pereira Chambel

Orientador: Tenente-Coronel de Artilharia Nuno Miguel Cirne Serrano Mira

Diretor de Curso: Tenente-Coronel de Artilharia Bruno Filipe Simões Ladeiro

junho 2025

EPÍGRAFE

“A suprema arte da guerra é derrotar o inimigo sem lutar.”

— *Sun Tzu, A Arte da Guerra*

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e ao meu namorado pelo amor, apoio e paciência
incondicionais ao longo deste percurso.
Sem vocês, este caminho não teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa o culminar de um percurso exigente, marcado por sacrifício, superação e compromisso. Ao longo destes seis anos de formação na Academia Militar, aprendi não só tudo o que necessito para ser oficial, mas também a ser uma mulher mais resiliente, responsável e consciente do peso da missão que abraço.

Em primeiro lugar, não poderia deixar de agradecer à minha família — o meu verdadeiro alicerce. À minha mãe e à minha irmã, que sempre estiveram ao meu lado com amor incondicional, força e coragem. Foram o meu porto seguro em todas as fases deste percurso, e esta conquista é também vossa. Ao meu namorado, pela paciência e carinho que foram essenciais, principalmente a ajuda que me deu em todo este processo e por isso estarei sempre grata. Aos meus avós que sempre foram como uns pais, o meu muito obrigada pelo apoio e sei que vos orgulho muito. À minha tia e primas, pelo amor e carinho ao longo deste caminho atribulado.

Ao meu orientador, Tenente-Coronel Nuno Mira, agradeço toda a orientação científica, a disponibilidade constante e o rigor intelectual com que me desafiou a ir mais longe. Ao meu Coorientador, Capitão Artur Varanda, cujo contributo foi essencial para transformar esta investigação num trabalho sólido e significativo. A ambos, o meu profundo agradecimento por mostrarem qual o caminho a percorrer nesta fase.

Aos meus camaradas de curso, tanto do Curso Marechal Manuel Oliveira Gomes da Costa como do Curso General Adolfo Almeida Barbosa com quem partilhei alegrias, dificuldades e vitórias ao longo destes seis anos, o meu sincero agradecimento. Em especial agradecimento às minhas camaradas de curso e parelha, obrigada pelo apoio incondicional e por fazerem-me querer continuar a trabalhar arduamente e continuamente na pessoa que sou hoje.

Ao gabinete de Artilharia que me acompanhou nestes anos, em especial aos docentes da Academia Militar, deixo uma palavra de profundo agradecimento pelo conhecimento transmitido que moldaram a artilheira que sou hoje e acima de tudo, a pessoa que me tornei a nível profissional.

Por fim, agradeço a todas as entidades e profissionais que colaboraram para a concretização deste estudo.

A todos, o meu sincero agradecimento.

RESUMO

O presente Trabalho de Investigação Aplicada tem como objetivo analisar o emprego tático das *loitering munitions*, por forma a permitir a identificação das necessidades de proteção antiaérea que decorrem da sua crescente utilização em cenários operacionais contemporâneos.

Estes sistemas aéreos não tripulados mantêm-se em voo na área de empenhamento previamente designada até receberem ordem para atacar, colidindo com o alvo. O seu uso foi intensificado em conflitos recentes, como os da Rússia-Ucrânia e Israel-Hamas, tendo promovido transformações nos paradigmas táticos e operacionais do combate moderno, com implicações ao nível estratégico.

O objetivo geral deste trabalho consiste em classificar a tipologia dos drones suicidas e identificar os meios de proteção necessários para fazer face a esta nova ameaça. Para tal, estabelecem-se quatro objetivos específicos, tais como: identificar os drones que representam ameaça real aos vários escalões do Exército Português; determinar os meios de deteção mais adequados, identificar os meios necessários para fazer face a esta ameaça e analisar os meios previstos para aquisição ao abrigo da Lei de Programação Militar.

A investigação desenvolve-se em três vetores: classificação das *loitering munitions*, com base nas suas características operacionais e tecnológicas; análise das implicações do seu uso a nível tático; e identificação dos requisitos técnicos e doutrinários para uma resposta eficaz por parte das forças terrestres nacionais. A abordagem metodológica adotada é de natureza qualitativa, com raciocínio dedutivo e estratégia mista, recorrendo à análise documental e à realização de entrevistas a especialistas destes novos sistemas.

O estudo visa fornecer contributos concretos para o desenvolvimento doutrinário e a adequação das capacidades do Exército Português às exigências operacionais emergentes, assegurando a proteção das forças face a sistemas aéreos autónomos de ataque, de natureza cada vez mais sofisticada e imprevisível.

Palavras-chave: Ameaça; Drones suicidas; *Loitering munitions*; Proteção antiaérea;

ABSTRACT

The present Applied Research Project aims to analyse the tactical employment of loitering munitions and to identify the air defence needs that arise from their increasing use in contemporary operational scenarios.

These unmanned aerial systems remain in flight within the previously designated engagement area until they receive the order to attack, colliding with the target. Their use was intensified in recent conflicts, such as the Russia–Ukraine war and the Israel–Hamas conflict, has highlighted transformations in the tactical and operational paradigms of modern warfare with impact in the strategic level.

The general objective of this work is to classify the typology of suicide drones and to identify the means of protection necessary to counter this new threat. To this end, four specific objectives are established: identifying the drones that pose a real threat to the various levels of the Army, determining the most appropriate detection means, identifying the means necessary to address this threat, and identifying the systems foreseen in the Military Programming Law that are to be acquired.

The research is developed along three vectors: the classification of loitering munitions based on their operational and technological characteristics; the analysis of the implications of their use at the tactical level, and the identification of the technical and doctrinal requirements for an effective response by national land forces. The methodological approach adopted is qualitative, with deductive reasoning and a mixed strategy, relying on documentary analysis and interviews with specialists in these new systems.

The study aims to provide concrete contributions to the doctrinal development and adaptation of the Portuguese Army's capabilities to emerging operational demands, ensuring the protection of forces against autonomous aerial attack systems that are increasingly sophisticated and unpredictable.

Keywords: Air Defence; Loitering munitions; Suicide drones; Threat;

ÍNDICE GERAL

EPÍGRAFE	iii
DEDICATÓRIA	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xi
LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS	xiii
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1.1. <i>Loitering munitions</i>	4
1.2. <i>Unmanned Aerial Systems</i>	8
1.3. C-UAS na Artilharia Antiaérea	12
1.4. Proteção C-UAS em conflitos atuais	14
1.5. Revisão sistemática da literatura	15
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA.....	18
CAPÍTULO 3 – MÉTODOS E MATERIAIS.....	21
3.1. Estratégia de Investigação	21
3.2. Técnicas de recolha de dados	22
3.2.1. Documentação	23
3.2.2. Entrevistas.....	24
3.2.3. Observação direta	25
3.3. Análise e tratamento de dados	26
CAPÍTULO 4 – DADOS DE INVESTIGAÇÃO	27
4.1. Apresentação de resultados.....	27

4.1.1. Modelação da Ameaça.....	27
4.1.2. <i>Loitering Munition</i> “Elanus”: Estudo de caso	31
4.1.3. Drone FPV BVQ407: Estudo de caso.....	33
4.2. Sistemas C-UAS no Exército Português	34
4.3. Sistemas C-UAS previstos para o Exército Português	39
4.4. Comparação entre ameaças e sistemas C-UAS	42
4.5. Empasteladores – Exercício ARTEX25	46
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
APÊNDICES	I
Apêndice A– Declaração de Consentimento Informado	I
Apêndice B – Guião do Inquérito por Entrevista A	II
Apêndice C – Guião do Inquérito por Entrevista B.....	IV
Apêndice D – Apresentação das Respostas do Inquérito por Entrevista A.....	VI
Apêndice E – Apresentação das Respostas do Inquérito por Entrevista B.....	IX
Apêndice F – Síntese das informações recolhidas na observação direta.....	XIII
ANEXOS	XIV
Anexo A – Folheto Técnico do <i>RapidRanger</i> da Thales.....	XIV
Anexo B – Folheto Técnico do GM200 da Thales	XVI
Anexo C – Folheto Técnico do SPG	XVIII

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Drone Kettering Bug</i>	5
Figura 2: <i>IAI Harpia</i>	5
Figura 3: <i>IAI Harop</i>	6
Figura 4: <i>Switchblade 600</i>	6
Figura 5: <i>Warmate</i>	6
Figura 6: Arquitetura de um UAS	10
Figura 7: Quadro teórico-conceitual relativo aos drones militares	11
Figura 8: Sistema míssil portátil FIM-92 Stinger	13
Figura 9: Radar P-STAR	13
Figura 10: Fases fundamentais de uma investigação científica	18
Figura 11: Metodologias de investigação	21
Figura 12: Gráfico Impacto Destrutivo	30
Figura 13: FPV BVQ407	34
Figura 14: Organigrama do GAAA	36
Figura 15: <i>RapidRanger</i>	40
Figura 16: Radar GM200	40
Figura 17: <i>Swatter Portable Gun</i>	47
Figura 18: Planeamento elaborado em campo	49
Figura 19: Localização dos elementos do teste realizado	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Tabela comparativa entre armamento tradicional e <i>loitering munitions</i>	7
Tabela 2: Revisão sistemática de leitura	16
Tabela 3: Desenho da investigação	19
Tabela 4: Classificação do Impacto Destrutivo das <i>loitering munitions</i> . (Dantas, 2023) ...	28
Tabela 5: Modelação da ameaça.....	28
Tabela 6: Preços de <i>loitering munitions</i>	31
Tabela 7: Dados técnicos da <i>loitering munition</i> “Elanus”	31
Tabela 8: FPV BVQ407	33
Tabela 9: Dados do míssil portátil <i>Stinger</i>	36
Tabela 10: Dados do P-STAR	38
Tabela 11: Dados do <i>RapidRanger</i>	41
Tabela 12: Dados do radar GM200	42
Tabela 13: <i>Benchmark</i> entre FPV e radares	43
Tabela 14: <i>Benchmark</i> entre <i>loitering munition</i> “Elanus” e radares	43
Tabela 15: <i>Benchmark</i> entre FPV e sistemas de armas	44
Tabela 16: <i>Benchmark</i> entre <i>loitering munition</i> “Elanus” e sistema de armas	45
Tabela 17: Ensaios de empastelamento	48

LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

Apêndice A – Declaração de Consentimento Informado

Apêndice B – Guião do Inquérito por Entrevista A

Apêndice C – Guião do Inquérito por Entrevista B

Apêndice D – Apresentação das Respostas do Inquérito por Entrevista A

Apêndice E – Apresentação das Respostas do Inquérito por Entrevista B

Apêndice F – Síntese das informações recolhidas na observação direta

Anexo A – Folheto Técnico do *RapidRanger* da Thales

Anexo B – Folheto Técnico do GM200 da Thales

Anexo C – Folheto Técnico do SPG

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AAA – Artilharia Antiaérea
AM – Academia Militar
ATT – Automatic Target Tracking
BCU – Battery Coolant Unit
BtrAAA – Bateria de Artilharia Antiaérea
C2 – Comando e Controlo
C4I – Sistemas de Comando, Controlo, Comunicações, Computadores e Informação
CCI – *Command and Control Interface*
CCISM – Command and Control Interface Specific Module
CEP – Circular Error Probable
C-RAM – Counter Rocket Artillery Mortar
C-SANT – Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados
CSV – Companhias de Sistemas e Vigilância
C-UAS – Counter Unmanned Aerial Systems
DA – Defesa Aérea
DLI – Data Link Interface
ECCM – Electronic Counter-Countermeasures
EO/IR – Electro-Optical / Infrared
EUA – Estados Unidos da América
F2T2EA – Find, Fix, Track, Target, Engage, Assess
FFAA – Forças Armadas
FPV – First Person View
GAAA – Grupo de Artilharia Antiaérea
GBAD – Ground-Based Air Defence
GCS – Ground Control Station
GE – Guerra Eletrónica
GNSS – Global Navigation Satellite System
GPS – Global Positioning System
HCI – Human-Computer Interface
HE – High Explosive
HMI – Human-Machine Interface
IFF – Identification Friend or Foe

INF – Inertial Navigation System
IR – Infrared
ISO – International Organization for Standardization
ISR – Inteligência, Vigilância e Reconhecimento
ISTAR – Intelligence, surveillance, target acquisition, and reconnaissance
LMM – Lightweight Multirole Missile
LPM – Lei de Programação Militar
NATO – North Atlantic Treaty Organization
OE – Objetivo Específico
OG – Objetivo Geral
ONU – Organização das Nações Unidas
OODA – Observe, Orient, Decide, Act
PD – Pergunta Derivada
PP – Pergunta de Partida
P-STAR – Portable Search and Target Acquisition Radar
RAM – Rocket, Artillery and Mortar
RCS – Radar Cross Section
RMP – Reprogrammable MicroProcessor
RMSE – Root Mean Square Error
SAI – Sistemas de Armas Inteligentes
SHORAD – Short-Range Air Defense
SICCA3 – Sistema Integrado de Comando e Controlo da Artilharia Antiaérea
SPG – Swatter Portable Gun
TBD – To be Determined
TIA – Trabalho de Investigação Aplicada
TPOA – Tirocínio Para Oficiais De Artilharia
TTP – Técnicas, Táticas E Procedimentos
UAS – Unmanned Aerial System
UAV – Unmanned Aerial Vehicle
UCS – Unmanned Control System
UE – União Europeia
UMPK – Unified Gliding and Correction Module
VANT – Veículos Aéreos Não Tripulados
V-SHORAD – Very Short-Range Air Defense

VSM – Vehicle Specific Module

INTRODUÇÃO

Os drones suicidas são caracterizados como veículos aéreos não tripulados ou, remotamente controlados, que após serem projetados ou lançados para realizar missões específicas, são capazes de atacar alvos inimigos e, em alguns casos, colidir diretamente com os mesmos. O mercado global de *loitering munitions* tem registado um crescimento significativo, impulsionado pela crescente procura por capacidades de ataque de precisão, inteligência artificial, sensores, e esforços de modernização militar por parte de diversas nações. (Credence Research, 2025). As aeronaves não tripuladas viram a sua designação popular - drones - ser aceite como termo oficial desde o ano de 2015, com a Declaração de Riga. Primeiramente, começaram a ser usadas para lazer e posteriormente, para fins militares, sendo os Estados Unidos da América e Israel os principais e mais evoluídos utilizadores (Matias, 2016, p.9).

O termo *loitering munitions* refere-se à capacidade desses drones permanecerem, em voo, na área designada por um período prolongado, aguardando instruções para atacar alvos identificados, podendo precipitar-se sobre os mesmos, dando origem a termos semelhantes como drone suicida, ou drone kamikaze.

Nos mais recentes conflitos armados, nomeadamente entre a Rússia e a Ucrânia, marcada pela sua duração, complexidade e impacto global, tem-se assistido a uma transformação profunda na condução das operações militares. Como refere o Major-General João Vieira Borges (2024), esta guerra constitui desafios inovadores e implica adaptação operacional, tanto na Ucrânia como em países aliados, incluindo Portugal. Neste contexto, tem-se verificado um aumento significativo do emprego de Sistemas aéreos não tripulados (SANT), em particular os drones suicidas, nos vários escalões táticos. Estes meios têm sido utilizados quer como armas anticarro, quer como instrumentos estratégicos, substituindo mísseis balísticos ou de cruzeiro. As primeiras *loitering munitions*, como a Harpia das Indústrias Aeroespaciais de Israel, são amplamente consideradas exemplos de armas capazes de aplicar força automaticamente através do seu direcionamento com suporte em sensores, sem intervenção humana (Bode, 2023).

A maioria dos produtores deste armamento específico descrevem estas munições como dependentes de um fator humano pois os operadores desses sistemas são obrigados a aprovar ataques contra alvos determinados pelo sistema. No entanto, as conclusões efetuadas nos diversos conflitos, indicam que a tendência global em direção à maior autonomia na

seleção de alvos já impactou a natureza e a eficácia do controlo que os humanos podem exercer sobre decisões específicas de seleção de alvos. As munições podem possuir tecnologias de carácter autónomo e, em certa medida, de inteligência artificial para identificar, localizar e escolher alvos. Nestes casos, mesmo quando existe um operador envolvido no processo de autorização, este nem sempre tem a possibilidade de verificar visualmente o alvo antes do impacto, devido à rapidez da ação que é automática. Tal deve-se à elevada velocidade de decisão dos sistemas autónomos ou à ausência de sensores que transmitam imagem em tempo real ao operador (Bode, 2023). Ao longo do estudo, foram identificados três obstáculos relativamente ao uso destas munições: a incerteza sobre a forma como os operadores mantêm o controlo sobre as decisões específicas da munição; a utilização de *loitering munitions* como armas de carácter de defesa antiaérea em áreas densamente povoadas; e os possíveis efeitos colaterais associados ao uso das mesmas.

A utilização de drones por parte da Ucrânia tem permitido ataques em profundidade no território russo, atingindo alvos situados a mais de 100 km da fronteira (The War Zone, 2023; Bronk & Watling, 2023). Estes ataques evidenciam a capacidade de projetar poder além das linhas inimigas, perturbando infraestruturas críticas. Em resposta, a Rússia tem intensificado o uso de munições guiadas e adaptado bombas convencionais, conhecidas como *dumb bombs*¹, com kits UMPK², permitindo-lhes atingir alvos a longas distâncias mantendo os aviões fora do alcance das defesas antiaéreas.

A análise das necessidades de proteção antiaérea está relacionada com o desenvolvimento de estratégias, tecnologias, táticas e procedimentos para garantir uma proteção eficaz face a esta nova ameaça. Inclui a implementação de sistemas de proteção antiaérea, como meios tipo radar, para detetar, localizar e guiar o ataque, bem como meios de ataque cinéticos como sistemas canhão e sistemas míssil, ou outros que possam neutralizar ou capturar esses drones.

Com estes conceitos em mente, esta investigação tem como Objetivo Geral (OG):

- OG: Propor uma classificação para a tipologia de drones suicidas e identificar as necessidades de proteção de uma Brigada, para este novo tipo de ameaça.

Para ser alcançado o OG, torna-se necessário decompor o mesmo em áreas distintas que importa serem analisadas e que vão ao encontro do OG. Para cada uma destas áreas, foi designado um Objetivo Específico (OE), sendo estes:

¹ Bomba lançada por aeronaves (convencional ou nuclear) que não contém um sistema de guiamento e, portanto, simplesmente cai e detona por impacto.

² Do russo que significa Módulo Unificado de Planeamento e Correção

- OE1: “Identificar quais os drones suicidas que constituem uma ameaça aos diferentes escalões do Exército Português, e quais as suas principais capacidades operacionais.”;
- OE2: “Identificar os meios de proteção existentes para fazer face a esta ameaça.”;
- OE3: “Identificar os meios de vigilância necessários para detetar os drones”;
- OE4: “Identificar quais os meios de vigilância e proteção que irão ser adquiridos na Lei de Programação de Militar”.

O presente trabalho foi redigido de acordo com a NEP 522/2.º/AM de 24 de junho de 2024 e a sua parte textual é constituída por quatro capítulos, abrangendo o enquadramento teórico, a metodologia, a análise dos dados e a discussão dos resultados, culminando numa reflexão crítica e em propostas futuras.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os conceitos fundamentais para a percepção do tema ao longo do trabalho. Inicialmente, foi explorada a definição de *loitering munitions* assim como as suas principais características e capacidades com impacto no campo de batalha moderno.

De seguida, detalho os *Unmanned Aerial Systems* (UAS), onde abordo a sua tipologia, arquitetura e classificações. Posteriormente, analiso os sistemas Counter-UAS (C-UAS) na Artilharia, nomeadamente os sistemas existentes a nível nacional. No ponto seguinte, apresentam-se os principais sistemas de proteção que são usados em conflitos atuais.

Finalmente, apresenta-se uma revisão sistemática de literatura onde se clarifica a documentação que foi usada no decorrer da investigação.

1.1. *Loitering munitions*

Consoante o avanço da tecnologia, o campo de batalha é transformado. Um dos desenvolvimentos mais significativos observados na última década são as *loitering munitions*, sistemas que combinam características de drones convencionais e mísseis guiados. Estes permanecem em voo por períodos prolongados antes de atacar um alvo previamente identificado (Gettinger & Michel, 2017). A utilização desses sistemas expandiu-se a nível global e foram adotados por diversas nações com o objetivo de aumentar a precisão dos ataques e reduzir os danos colaterais (NATO, 2021).

As *loitering munitions* são caracterizadas como *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), projetados para atacar alvos terrestres além da linha de vista e carregam uma carga explosiva que detona no impacto. Ao contrário de mísseis tradicionais estas munições podem sobrevoar uma área de operações, vigiar e atacar à ordem (Gettinger & Michel, 2017).

À data da elaboração deste capítulo, a *North Atlantic Treaty Organization* (NATO) não possui uma sistematização para este tipo de armamento. Contudo, classifica estas armas como drones de reconhecimento e, simultaneamente, mísseis guiados (NATO, 2021). Estas possuem características fundamentais como a capacidade de sobrevoar o campo de batalha antes de atingir o alvo, oferecer autonomia operacional para ajustar fazer os ajustes necessários em tempo real e garantir alta precisão, reduzindo assim os danos colaterais. Além disso, algumas munições possuem a funcionalidade de cancelar o ataque em pleno voo³, caso

³ *Wave-off feature*

o operador decida abortar a missão (Breiner & Ferran, 2024). Embora existam variações nesses sistemas, a sua principal vantagem relativamente aos mísseis convencionais é a sua capacidade de permanecer no ar, na área de empenhamento, aumentando a letalidade e eficiência das forças que os empregam (Dantas, 2021).

O conceito de armas autónomas não é recente, ainda durante a Primeira Guerra Mundial, o *Kettering Bug* foi um dos primeiros projetos de um drone desenvolvido para atingir alvos inimigos, operando mais como um foguete do que como uma aeronave de reconhecimento (Gettinger & Michel, 2017), como apresentado na figura abaixo.



Figura 1: *Drone Kettering Bug* (s.d)
Fonte: National Museum of the United States Air Force

Na verdade, o desenvolvimento das *loitering munitions* como é conhecido atualmente começou na década de 1990, com o sistema IAI *Harpia*, projetado para detetar e atacar radares inimigos (CSD, 2017), como apresentado na Figura 2 e Figura 3.



Figura 2: *IAI Harpia*
Fonte: IAI (2023)



Figura 3: IAI *Harop*
Fonte: IAI (2023)

Desde então, a tecnologia evoluiu significativamente, resultando na criação de variantes mais sofisticadas como o IAI *Harop*, representado na figura **Figura 3** acima, o *Switchblade 300/600* e *Warmate*, amplamente utilizados por forças armadas ao redor do mundo (Breiner & Ferran, 2024), como apresentadas na Figura 4 e Figura 5.

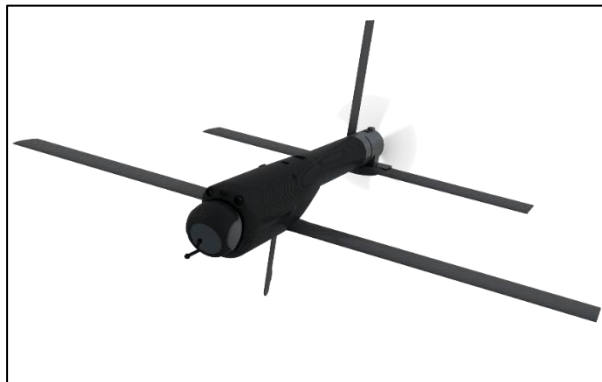


Figura 4: *Switchblade 600*
Fonte: AeroVironment Inc (2025)



Figura 5: *Warmate*
Fonte: WB Group (2025)

Para ilustrar as diferenças operacionais, a tabela abaixo apresenta uma comparação entre *loitering munitions*, foguetes e mísseis guiados.

Tabela 1: Tabela comparativa entre armamento tradicional e *loitering munitions*
Fonte: Adaptado de Gettinger & Michel, 2017; Dantas, 2021

Característica	Mísseis Guiados	UAS de Ataque ⁴	<i>Loitering Munitions</i>
Capacidade de permanecer em voo	Trajetória direta	Sim	Sim
Autonomia Operacional	Limitada	Alta	Média
Precisão no Ataque	Alta	Alta	Muito alta
Capacidade de Cancelamento	Não	Sim	Sim
Custo por Unidade	Elevado	Muito elevado	Moderado
Portabilidade	Média	Baixa	Alta
Alcance médio (estimado)	15–300 km	100–1500 km	10–250 km
Impacto Destrutivo	Alto (ogivas especializadas)	Muito alto (armamento pesado)	Variável: Baixo a Alto (1–20 kg)

A principal diferença das *loitering munitions* relativamente a mísseis convencionais é a sua capacidade de manter-se no ar por longos períodos, que permite vigiar no espaço aéreo e fornecer informações da área antes do impacto. Esta característica torna-as especialmente eficazes contra alvos móveis e em missões de reconhecimento (NATO, 2021). Acresce que o seu custo, inferior ao de UAS de ataque ou mísseis guiados, torna-as uma solução operacionalmente eficiente para forças com recursos limitados (Breiner & Ferran, 2024).

A sua disseminação crescente reflete a importância estratégica deste armamento. Permitem ataques precisos com menor risco de danos colaterais e conferem maior autonomia às forças no terreno (Breiner & Ferran, 2024). Esta combinação de múltiplas características supramencionadas justifica o seu emprego em larga escala (Dantas, 2021).

Contudo, a sofisticação crescente destes sistemas levanta questões éticas e jurídicas, sobretudo no que respeita à autonomia na seleção de alvos e ao seu enquadramento no direito internacional humanitário. A sua utilização indiscriminada pode dificultar a proteção de civis e a regulação dos conflitos armados (NATO, 2021). Assim, apesar das vantagens, o seu uso exige regulamentação e monitorização rigorosas, garantindo uma atuação ética e responsável.

⁴ UAS concebido especificamente para executar missões ofensivas, incluindo ataques diretos contra alvos fixos ou móveis, através de munições transportadas a bordo ou por meio de colisão, como o drone suicida.

1.2. *Unmanned Aerial Systems*

A evolução dos UAS tem acompanhado o avanço da tecnologia e das doutrinas de guerra de precisão, como assinala Papa (2018), estes sistemas deixaram de se limitar ao reconhecimento, assumindo funções ofensivas especializadas. Atualmente, são utilizados tanto por forças armadas convencionais como por grupos insurgentes.

De acordo com a doutrina da NATO, um UAS é considerado uma aeronave não tripulada que opera sem necessidade de ter um piloto a bordo, podendo voar autonomamente ou sob controlo remoto. Estes veículos podem ser usados uma única vez ou reutilizados, e transportam cargas úteis letais ou não letais (NATO, 2022).

A arquitetura UAS, ao nível da NATO, tem como principal objetivo garantir a interoperabilidade entre plataformas e sistemas de controlo de UAV de diferentes nações aliadas. Esta arquitetura é composta por múltiplos módulos interconectados, permitindo a integração funcional e técnica entre todos os componentes envolvidos na operação do sistema (STANAG 4586, 2017).

Os principais elementos da arquitetura são:

- Sistemas de Comando, Controlo, Comunicações, Computadores e Informação (C4I)
- *Command and Control Interface Specific Module* (CCISM)⁵
- *Command and Control Interface*⁶ (CCI)
- *Unmanned Control Segment / Ground Control Station*⁷ (GCS)
 - *Human-Computer Interface*⁸ (HCI)
 - *Mission Payload Module*⁹
- *Unmanned Aerial Vehicle*¹⁰
- *Vehicle Specific Module*¹¹ (VSM)
- *Data Link Interface*¹² (DLI)

A Figura 6 ilustra a arquitetura funcional de um UAS conforme os padrões definidos pelo STANAG 4586 da NATO, que estabelece interfaces normalizadas entre os UAV e os

⁵ Adapta o sistema UCS aos requisitos específicos dos sistemas C4I.

⁶ Interface padronizada entre o sistema de controlo do UAS e os sistemas C4I.

⁷ Estação de controlo onde os operadores planeiam e executam as missões.

⁸ Interface entre o operador e o sistema.

⁹ Gestão da carga útil (sensores, câmaras, armamento, etc.).

¹⁰ O veículo aéreo em si, responsável pela execução física da missão.

¹¹ O módulo específico que adapta o UAV ao sistema UCS, permitindo compatibilidade com diferentes plataformas.

¹² O canal de comunicação entre UAV e UCS, essencial para controlo remoto e receção de dados.

seus sistemas de controlo, com o propósito de assegurar a interoperabilidade entre diferentes plataformas e forças aliadas (NATO *Standardization Office*, 2017).

No centro do sistema encontra-se o UAV, caracterizado por ser o responsável pela execução física da missão, seja esta de vigilância, reconhecimento ou ataque. A operação do UAV é gerida a partir da GCS, mais concretamente, através da HCI, onde o operador interage com o sistema. A comunicação entre o UAV e o GCS é assegurada pela DLI, que permite a transmissão bidirecional de dados e comandos, recorre a canais de rádio, satélite, redes filar e rede de fibra ótica, como a Ucrânia usa no conflito.

Para permitir que diferentes UAV possam ser controlados por sistemas compatíveis, a arquitetura inclui o VSM, que adapta os comandos genéricos do *Unmanned Control System*¹³ (UCS) às especificidades técnicas de cada aeronave. A ligação aos C4I é realizada através da CCI, mediada pelo módulo específico CCISM, garantindo a integração do UAS nas redes operacionais conjuntas da NATO.

Esta estrutura modular permite que múltiplas plataformas, sensores e operadores interajam de forma eficiente, assegurando a flexibilidade, segurança e interoperabilidade necessárias nas operações militares modernas.

¹³ Sistema que permite o controlo, comando e monitorização de UAV, garantindo interoperabilidade entre diferentes plataformas, sensores e operadores, conforme os requisitos definidos na norma NATO STANAG 4586.

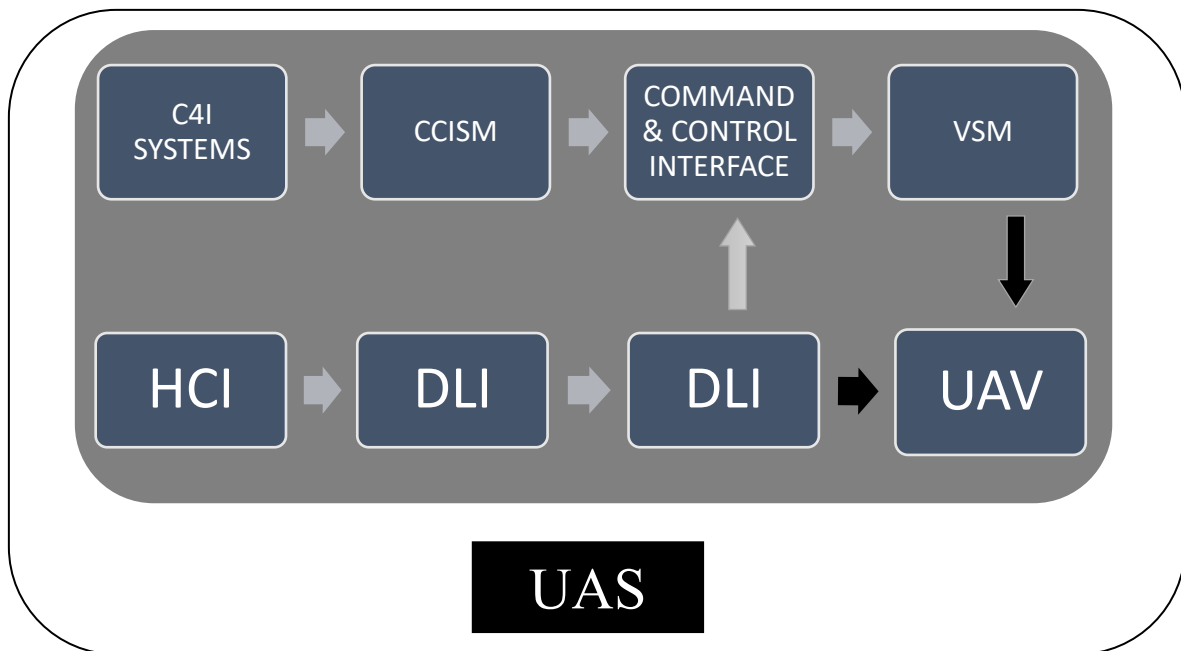


Figura 6: Arquitetura de um UAS

Os UAS podem ser classificados segundo diversas tipologias, como a sua dimensão, capacidade e finalidade operacional. Para efeitos deste estudo, adotou-se a classificação da NATO, definida no documento ATP-3.3.7 (NATO, 2014), que distingue três categorias principais com base no peso à decolagem e na altitude de operação, conforme ilustrado na Figura 7:

- Classe I: Micro, mini e pequenos UAS (<150kg);
- Classe II: Sistemas de empenhamento operacional/estratégico (150 a 600kg);
- Classe III: Grandes sistemas, comparáveis a aeronaves tripuladas (>600kg).

Os UAS têm demonstrado grande versatilidade no âmbito operacional, e são utilizados para missões de reconhecimento, vigilância e recolha de informação¹⁴ (Gettinger & Michel, 2017). Além disso, conflitos recentes, já mencionados, demonstram a sua eficácia em missões ofensivas e defensivas (Watling & Bronk, 2024). A multiplicação desses sistemas impôs novos desafios às defesas antiaéreas, tornando essencial o desenvolvimento de tecnologias e doutrinas adaptadas para a sua neutralização (NATO, 2023).

¹⁴ ISTAR - *Intelligence, surveillance, target acquisition, and reconnaissance*

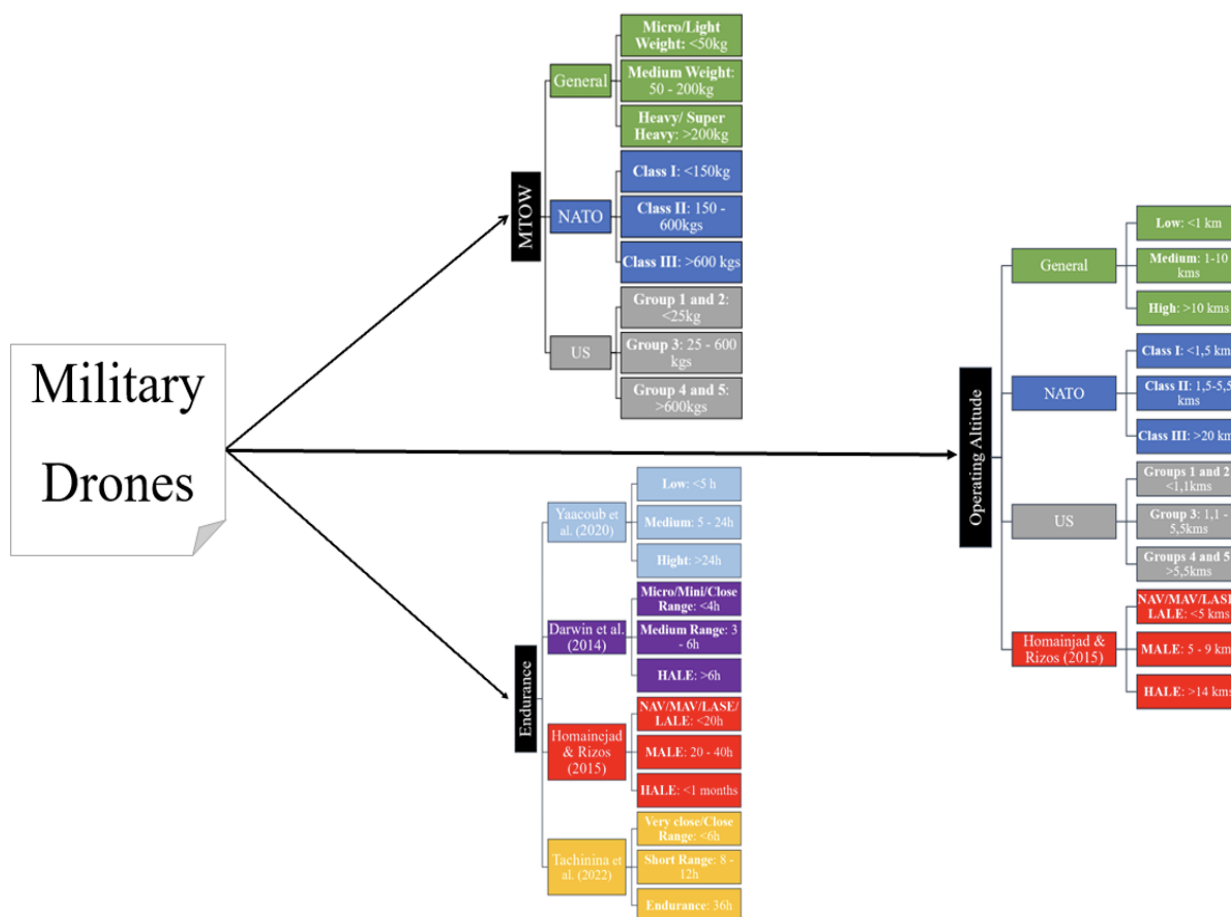


Figura 7: Quadro teórico-conceitual relativo aos drones militares
Fonte: Barros et al. (2024, p.89)

Além dos sistemas militares tradicionais, drones comerciais como o DJI Mavic têm sido modificados para uso militar, apesar de poderem transportar cargas explosivas, muitos destes drones são utilizados prioritariamente para reconhecimento tático e correção de fogo indireto, reservando a função letal para situações de oportunidade ou de necessidade. (Chapple, 2022). Estes drones, devido ao seu tamanho reduzido e assinatura radar mínima, apresentam desafios significativos para os sistemas convencionais de defesa aérea (Cole, 2023).

A introdução das *loitering munitions* acrescentou uma nova dimensão ao uso dos UAS no campo de batalha combinando características de drones e mísseis guiados, um exemplo notório é o uso dos Shahed-136/131, fabricados no Irão, amplamente utilizados em conflitos atuais pela sua capacidade de saturar defesas inimigas (Jornal de Notícias, 2024).

1.3. C-UAS na Artilharia Antiaérea

A crescente sofisticação dos UAS resultou na necessidade de desenvolvimento de C-UAS, que incluem sensores especializados, radares avançados, medidas de guerra eletrônica e sistemas de defesa cinética e não cinética (NATO, 2024).

Contudo, a adaptação constante dessas ameaças exige soluções inovadoras e integradas para mitigar os impactos das mesmas no campo de batalha moderno (Oliveira, 2022). Nos EUA, a doutrina C-UAS estabelece os princípios para a integração de sensores, sistemas de comando e controlo (C2), e meios de neutralização, pois reconhecem a ameaça crescente representada por drones de pequeno porte, como os *First Person View* (FPV) ou as *loitering munitions*, e defende uma resposta escalonada e multidimensional que combine vigilância persistente, guerra eletrônica e defesa cinética (Department of the Army, 2025). Os drones do tipo FPV são UAV operados com base numa transmissão de vídeo em tempo real, que permite ao piloto controlar o voo remotamente. Esta capacidade é conseguida através de uma câmara frontal acoplada ao drone e de um visor ou óculos de realidade aumentada utilizados pelo operador. Inicialmente concebidos para fins recreativos e de competição, os drones FPV têm sido adaptados para uso militar, sobretudo em missões de reconhecimento, correção de fogo e como vetores de ataque de precisão a curta distância (KS et al., 2024).

Esta abordagem inspirou várias forças aliadas da NATO, incluindo Portugal, a adotar sistemas modulares e interoperáveis, com ênfase em sensores de deteção precoce e integração C2.

A Artilharia Antiaérea (AAA) desempenha um papel fundamental na defesa do espaço aéreo e na proteção das unidades no terreno. Em Portugal, o desenvolvimento e modernização dos sistemas de AAA tem sido impulsionado pela evolução das ameaças aéreas emergentes, como mísseis hipersónicos¹⁵, UAS e foguetes de curto alcance (Neves, 2024).

O sistema de mísseis portátil FIM-92 *Stinger*, representado na Figura 8, assume particular relevância no âmbito das capacidades *Very Short-Range Air Defense*¹⁶ (V-SHORAD). Possui guiamento passivo por infravermelhos e pode ser lançado ao ombro ou a

¹⁵ A principal característica é que viaja a uma velocidade de Mach 5 ou mais, o que equivale a cerca de 1,6 km por segundo.

¹⁶ Defesa aérea de muito curto alcance

partir de plataformas móveis, com um alcance eficaz de até 4,8 quilómetros e uma altitude máxima de 3,8 quilómetros (Missile Defence Advocacy Alliance, 2024).



Figura 8: Sistema missil portátil FIM-92 Stinger
Fonte: Army Recognition (2024)

Complementando esta capacidade, o radar P-STAR, representado na Figura 9, tem sido utilizado como sensor primário de vigilância e alerta na AAA portuguesa. Este radar 2D de banda L¹⁷ é projetado para seguir alvos aéreos de baixa altitude e elevada mobilidade, sendo transportável por viatura e operável em diversos tipos de terreno. A sua capacidade de montagem rápida e desdobramento torna-o adequado para defesa de pontos sensíveis, colunas em movimento e zonas logísticas, integrando-se no sistema de defesa aérea de curto alcance nacional (EME, 2016).



Figura 9: Radar P-STAR

¹⁷ A banda L, corresponde ao intervalo do espectro eletromagnético das micro-ondas, de comprimento de onda dos 15 centímetros aos 30 centímetros e é particularmente eficaz na deteção de aeronaves e drones, combinando bom alcance com capacidade de operação em condições atmosféricas variadas.

De acordo com Couceiro (2023) e Ribeiro (2021), a crescente presença de UAS obriga a um reposicionamento doutrinário e operacional. Drones de pequena dimensão, difíceis de detetar, têm sido eficazmente utilizados em ataques não convencionais. Embora se verifique um esforço contínuo de modernização, persistem limitações, nomeadamente ao nível do alcance e da capacidade de deteção dos atuais sistemas (Neves, 2024).

Os estudos analisados, como os de Bode (2023), Watling e Bronk (2024) e da NATO (2023), convergem na necessidade de uma evolução contínua da AAA. A resposta eficaz a ameaças em constante mudança, como nos contextos de guerra híbrida ou terrorismo, exige um sistema de defesa aérea integrado, resiliente e plenamente interoperável como o da NATO.

1.4. Proteção C-UAS em conflitos atuais

Os sistemas C-UAS tornaram-se elementos essenciais das defesas antiaéreas modernas, combinando sensores de deteção, radares multifunções, sistemas de guerra eletrónica (como empasteladores) e armamento cinético. A NATO tem promovido uma estrutura integrada de defesa aérea, na qual plataformas como o radar GM200 da Thales desempenham um papel crucial na deteção de UAS com baixa assinatura radar, que operam em tempo real e integram-se em redes C2 e mísseis V-SHORAD (Thales Group, 2024).

Na Ucrânia, a resposta aos ataques em massa com drones Shahed-136 tem incluído o uso de sistemas C-UAS como o *Gepard* alemão, um canhão antiaéreo de 35 mm guiado por radar, bem como sistemas portáteis de guerra eletrónica como o *SkyWiper*, que interrompem os sinais de navegação e comunicação dos drones (Watling & Bronk, 2024). Também foram utilizados sistemas israelitas como o Drone Dome, que combina radares RPS-42 com sistemas ótico-eletrónicos e de guerra eletrónica como empasteladores de radiofrequência¹⁸ (RF), permitindo uma resposta modular e escalável.

Além dos sistemas C-UAS tradicionais, verificaram-se inovações significativas por parte dos dois lados do conflito. Estes ataques recorrem frequentemente com recurso a drones táticos e estratégicos, como o UJ-22, com alcance estimado de até 800 km, demonstrando a capacidade das forças ucranianas para projetar poder ofensivo bem além da linha da frente.

¹⁸ Dispositivos que emitem ondas de rádio com o objetivo de interferir ou bloquear as comunicações em determinados comprimentos de onda.

Em contrapartida, a Rússia tem intensificado o uso de munições guiadas e drones, e adaptado bombas convencionais – vulgarmente designadas *dumb bombs* – em armas de precisão. Através da integração de kits como o módulo UMPK, bombas planadoras como a FAB-500 adquiriram capacidade de guiamento e controlo, permitindo ataques de alta precisão a distâncias superiores a 40 km, mantendo os vetores lançadores fora do alcance das defesas aéreas inimigas. Estes sistemas, como a UMPB D-30SN, foram já utilizados para atingir infraestruturas críticas, evidenciando o impacto destrutivo crescente das munições adaptadas.

Em Israel, a proteção C-UAS baseia-se numa arquitetura multicamada, onde sistemas como o SMASH 2000 (acoplado a armas ligeiras) e o Light Blade (laser de alta potência) complementam o Iron Dome (Samuel, 2023).

Em Portugal, a Lei de Programação Militar (LPM) prevê a aquisição de capacidades C-UAS adaptadas à realidade nacional, com foco em ameaças de baixa altitude e curta distância. Segundo Barros et al. (2024), as soluções mais eficazes são as que operam em rede, integrando vigilância contínua, sensores multiespectrais e reação automática. Devem ainda ser ajustáveis à constante evolução dos UAS, que incorporam cada vez mais navegação autónoma e resistência à guerra eletrónica (Bode, 2023).

Com base nos conflitos em curso e nas lições aprendidas (Oliveira, 2022), destacam-se tendências emergentes como o aumento do uso de sensores passivos, nomeadamente sistemas de deteção acústica (Watling & Bronk, 2024), o reforço das defesas em profundidade (NATO, 2023), e o investimento contínuo no desenvolvimento de armamento de energia dirigida para neutralização de ameaças de forma imediata (The War Zone, 2023).

A proteção C-UAS em conflitos atuais representa um campo multidisciplinar e em rápida evolução, no qual tecnologia, doutrina e decisão política devem evoluir para acompanhar as ameaças. O futuro da defesa antiaérea estará cada vez mais ligado à capacidade de antecipação e resposta inteligente frente aos desafios impostos pelos sistemas aéreos autónomos.

1.5. Revisão sistemática da literatura

A modelação da ameaça no contexto dos conflitos contemporâneos, especialmente representada por drones com armamento e *loitering munitions*, visa compreender os parâmetros operacionais destas tecnologias e as suas implicações táticas. Estas ameaças caracterizam-se por elevada precisão, aumento da capacidade de destruição, autonomia

crescente e utilização em massa com custo reduzido, o que representa um desafio disruptivo às estruturas clássicas de defesa (Barros et al., 2024; Bode, 2023).

Autores como Breiner e Ferran (2024) destacam a importância de diferenciar entre UAS convencionais e *loitering munitions*, uma vez que estas últimas combinam vigilância prolongada, uma baixa assinatura eletromagnética e capacidade ofensiva autónoma, tornando-as difíceis de detetar, prever e neutralizar.

De acordo com a NATO, a integração de tecnologias emergentes e disruptivas, como a inteligência artificial e sistemas autónomos, é essencial para manter a superioridade estratégica, permitindo uma melhor categorização de ameaças e apoio à decisão em tempo real. Esta abordagem é essencial para forças destacadas em ambientes de elevada densidade como os UAS têm demonstrado no conflito ucraniano (Watling & Bronk, 2024).

A Tabela 2 sintetiza os principais contributos bibliográficos identificados nesta revisão sistemática, com ênfase na caracterização e modelação da ameaça representada por drones suicidas e *loitering munitions*. A identificação e modelação sistemática destas ameaças é fundamental para desenvolver respostas eficazes e adaptáveis no campo da defesa aérea.

Tabela 2: Revisão sistemática de leitura

Fonte / Autor	Tipo de Ameaça	Tipo de Estudo	Contributo Principal	Implicações Relevantes
Barros et al. (2024)	UAS e C-UAS	Revisão sistemática	Integração de sensores e resposta automática	Importância de sistemas C-UAS em rede
Bode (2023)	<i>Loitering munitions</i>	Análise ética/autonomia	Autonomia na seleção de alvos e controlo humano	Desafios legais e táticos
Breiner & Ferran (2024)	<i>Loitering munitions</i>	Catálogo técnico NATO/MSIAC	Comparação entre modelos e capacidades	Suporte para avaliação de ameaça
Dantas (2021)	Emprego tático	Estudo de caso brasileiro	Enquadramento doutrinário-operacional	Adaptação da artilharia à ameaça LM
Gettinger & Michel (2017)	UAV militares	Compilação técnica	Dados de desempenho e carga útil	Base para <i>benchmarking</i> e análise
Watling & Bronk (2024)	C-UAS em conflito real	Estudo aplicado	Uso de sistemas GE e canhão AA	Lições para arquitetura de defesa
Voskuijl (2022)	<i>Loitering munitions</i>	Análise técnico-projetual	Relação entre carga, autonomia e alcance	Classificação técnica e operativa

NATO (2023)	Ucrânia / Lições aprendidas	Currículo doutrinário	Identificação de falhas e vulnerabilidades AA	Justifica defesas em profundidade
NATO (2021)	Armas emergentes	Taxonomia NATO	Nova classificação de mísseis, drones e LM	Base doutrinária para C-UAS integrado
Neves (2024)	AAA em Portugal	Estudo nacional	Estado atual dos meios nacionais	Justifica investimentos na LPM
United24 Media (2024)	<i>Loitering munitions</i>	Relato de campo / imprensa oficial	Descrição técnica do drone <i>Bulava</i> e uso em ataques coordenados	Exemplo atual de ataque tático de precisão
The War Zone (2023)	<i>Switchblade</i> na Ucrânia	Análise jornalística especializada	Uso operacional de LM dos EUA no terreno	Reforça a eficácia das LM em profundidade
CEPA (2024)	Ataques russos com munições guiadas	Análise geopolítica aplicada	Conversão de bombas não guiadas em armas inteligentes	Demonstra adaptação russa e urgência de resposta C-UAS
Samuel (2023)	UAS em conflito Israel-Hamas	Análise histórica e legal	Integração de sistemas como <i>Iron Dome</i> , <i>SMASH 2000</i> , <i>Light Blade</i>	Relevância da proteção multicamada e resposta tática
Oliveira (2022)	AAA e conflito Rússia-Ucrânia	Artigo de reflexão doutrinária	Adaptação da defesa antiaérea convencional	Lições diretas para forças terrestres nacionais

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o percurso metodológico seguido nesta investigação científica, descrevendo os objetivos e perguntas formuladas, a estratégia de investigação adotada, o tipo de abordagem, os métodos de recolha de dados utilizados e o respetivo tratamento. A estrutura metodológica do trabalho foi elaborada com base na Norma de Execução Permanente (NEP) 522/2.^a de 2024, da Academia Militar (AM).

Segundo Yin (2018), a investigação científica deve obedecer a critérios de rigor metodológico, incluindo a lógica empírica, a clareza conceptual e a replicabilidade dos procedimentos adotados. Assim, na realização de um trabalho de investigação, revela-se essencial compreender o modelo metodológico subjacente e o posicionamento científico que o enquadra.

De acordo com Rosado (2017), a investigação organiza-se em três fases fundamentais: Imersão, Sistematização e Emersão as quais se encontram esquematizadas na figura abaixo.



Figura 10: Fases fundamentais de uma investigação científica
Fonte: Adaptado de Rosado (2017)

Na fase de Imersão, procedeu-se à análise de literatura especializada, doutrina militar e documentos oficiais, bem como a fontes primárias recolhidas no terreno. Esta fase coincide com o que Yin (2018) define como construção e delimitação do caso de estudo, etapa crucial para assegurar validade contextual.

Durante a fase de Sistematização, foram aplicadas técnicas de análise qualitativa, nomeadamente análise documental, observação direta e entrevistas semiestruturadas, conforme recomendado por Santos et al. (2019) e por Yin (2003), que permitiu assegurar a triangulação metodológica e robustez analítica.

Por fim, na fase de Emersão, foram extraídas conclusões e validado o modelo teórico-conceptual construído, articulando os dados empíricos com a análise teórica. Em situações que revelem necessidade de atualização doutrinária, admite-se a possibilidade de testar a

aplicação dos resultados no contexto do Exército Português, dependendo da disponibilidade de recursos humanos, materiais e tecnológicos.

Na sequência da identificação do OG e consequentes OE da investigação, foi formulada a PP, que pretende responder à essência da investigação e mais concretamente as respetivas PD, com o objetivo de responder aos objetivos resultantes da temática da investigação, de acordo com a Tabela 3 apresentada de seguida.

- PP: “Ao nível tático Brigada, que meios de proteção antiaérea devem ser pensados face à ameaça das *loitering munitions*?”
- PD1: “Qual o tipo de drones suicidas que devem ser considerados uma ameaça credível às forças de escalão Brigada, Batalhão e Companhia?”
- PD2: “Que meios de proteção antiaérea são os adequados para fazer face a esta ameaça?”
- PD3: “Que meios de vigilância são os adequados para detetar este tipo de ameaça?”
- PD4: “Que meios de vigilância e proteção estão previstos serem adquiridos na LPM?”

Tabela 3: Desenho da investigação

OE	PD	Conceitos	Dimensões	Indicadores	Técnicas de Recolha de Dados
OE1: Identificar os tipos de drones suicidas que representam uma ameaça credível às forças terrestres	PD1	Drones suicidas	Classificação da ameaça	Tipologia, alcance, carga útil, assinatura radar/acústica	Análise documental
OE2: Determinar os meios adequados de proteção antiaérea	PD2	Proteção AA	Meios disponíveis	Tipo de armamento ou ação, mobilidade, interoperabilidade, alcance e altitude	Análise documental e entrevistas
OE3: Determinar os meios de vigilância adequados para deteção da ameaça	PD3	Deteção	Sensores	Alcance de deteção, dimensão mínima do objeto detetável, tempo de reação, integração C4I	Análise documental

OE4: Verificar os meios previstos na LPM para aquisição	PD4	Planeamento estratégico	Equipamento planeado	Sistemas C-UAS e AA previstos na LPM	Análise documental e questionário
---	-----	-------------------------	----------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

CAPÍTULO 3 – MÉTODOS E MATERIAIS

3.1. Estratégia de Investigação

Neste contexto, o posicionamento epistemológico assumiu um papel central. Compete ao investigador não só observar os fenómenos e os seus antecedentes históricos, mas também interpretar os seus significados subjetivos e compreender de que modo a realidade é moldada pelas ações dos seus intervenientes (Santos et al., 2019).

Para esta investigação, foi adotado um raciocínio dedutivo, partindo da doutrina do Exército Português e de experiências observadas em exércitos envolvidos em conflitos que estão a ocorrer na atualidade, nomeadamente os confrontos Rússia–Ucrânia e Israel–Hamás. Esta abordagem permite analisar a aplicabilidade operacional de *loitering munitions* e, em simultâneo, a necessidade de desenvolver e adaptar meios de proteção antiaérea adequados à sua neutralização em ambiente tático.

Segundo Creswell e Creswell (2018), existem três metodologias principais de investigação científica: quantitativa, qualitativa e mista. A investigação quantitativa privilegia a medição objetiva e a generalização estatística; a qualitativa, por sua vez, foca-se na compreensão aprofundada de fenómenos complexos, em contextos específicos; já a abordagem mista combina ambas, integrando validade empírica e análise interpretativa, como mostra a tabela abaixo.

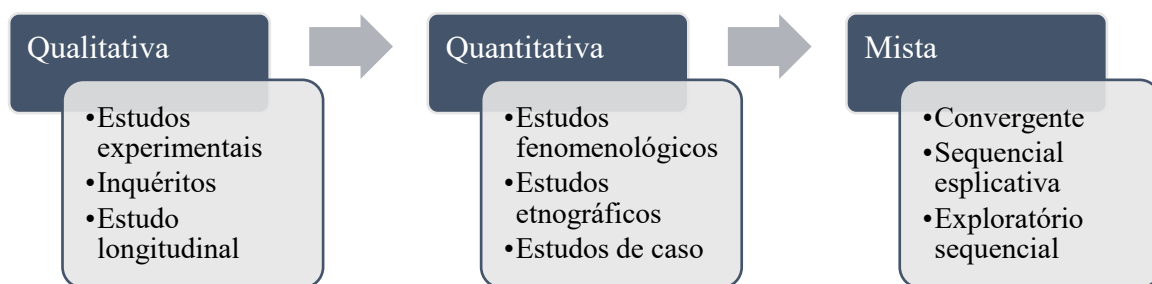


Figura 11: Metodologias de investigação

Fonte: Adaptado de Creswell & Creswell (2018, p.51) e Rosado (2017, p. 119)

Na presente investigação, optou-se por uma metodologia qualitativa, na qual o investigador desempenha um papel fulcral na condução e interpretação do processo da investigação, o que confere ao estudo um carácter descritivo e interpretativo. Para complementar, foi usada uma abordagem mista, incorporando pesquisa documental e entrevistas semiestruturadas aplicadas a indivíduos com conhecimento sobre o armamento

abordado ao longo da investigação, seja este o que já existe em Portugal, bem como aquele que é expectável reequipar o Exército. Estes dados permitiram recolher perceções quanto à ameaça que as *loitering munitions* representam e às necessidades reais de proteção.

O estudo de caso explicativo permite abordar fenómenos contemporâneos, cuja fronteira com o contexto real não é claramente delimitada, sendo particularmente útil quando o investigador não detém controlo direto sobre os eventos em análise (Yin, 2003). No presente trabalho, este tipo de estudo é fundamental para compreender as implicações táticas e operacionais do emprego de *loitering munitions*, nomeadamente no que se refere à sua deteção, neutralização e ao planeamento de aquisição de sistemas C-UAS.

Este trabalho visa, por isso, contribuir para a reflexão doutrinária e para a formulação de orientações práticas que possam apoiar o processo de modernização da Defesa Aérea em Portugal, à luz das lições retiradas dos conflitos recentes e das tendências observadas na guerra moderna.

3.2. Técnicas de recolha de dados

De acordo com Yin (2003), o estudo de caso exige uma análise minuciosa e contextualizada de um fenómeno real, permitindo aprofundar o conhecimento sobre dinâmicas complexas num dado sistema organizacional ou operacional. Neste sentido, a recolha de dados caracteriza-se por ser detalhada e uniforme podendo incluir assim documentação, registos de arquivos, entrevistas e observação direta (Yin, 2018). Estas fontes devem ser utilizadas de forma complementar, garantindo a robustez e validade do estudo (Hancock & Algozzine, 2006).

No presente estudo, centrado na ameaça emergente das *loitering munitions* e nas suas implicações táticas para a defesa antiaérea terrestre em Portugal, foram consideradas duas fases distintas de recolha de dados: o enquadramento teórico e a componente empírica.

A fase documental incluiu fontes primárias, como publicações doutrinárias do Exército Português, a LPM, orientações da NATO sobre sistemas C-UAS, e documentação técnica disponibilizada por estruturas militares nacionais e internacionais. O Regimento de Artilharia Antiaérea n.º 1, em Queluz, facultou manuais técnicos dos sistemas atualmente ao serviço, bem como folhetos sobre equipamentos previstos para aquisição. Também foram incluídos materiais fornecidos por empresas do sector industrial com interesse estratégico para a modernização da AAA.

Complementarmente, usadas fontes secundárias, tais como livros, e-books, artigos científicos, dissertações académicas e relatórios técnicos. Esta recolha foi realizada através

de bibliotecas físicas e plataformas digitais como Google Académico, EBSCO e RCAAP, com recurso a palavras-chave como “drones suicidas”, “*loitering munitions*”, “ameaça aérea”, “C-UAS”, “defesa antiaérea” e “conflitos atuais”.

A componente empírica integrou entrevistas semiestruturadas que contribuíram para reforçar a validade interna do estudo. A primeira entrevista teve um carácter exploratório, de acordo com Quivy e Campenhoudt (1998), permitiu identificar aspetos relevantes não previstos inicialmente. As entrevistas foram dirigidas a representantes de empresas civis com projetos de armamento alinhados com as necessidades operacionais do Exército.

De forma a assegurar a conformidade com os princípios éticos e metodológicos, foi elaborado um guião de entrevista/questionário (Apêndice B e Apêndice C), bem como um termo de consentimento informado (Apêndice A), salvaguardando o anonimato e a voluntariedade dos participantes.

A investigação incluiu ainda observação direta, com recolha de dados sobre o emprego de drones e de uma *loitering munition*. Foram analisadas capacidades operacionais e interações com peritos e operadores, em exercícios como o *Strong Impact* e o ARTEX25, realizados no Regimento de Artilharia n.º 5, em Vendas Novas, e no Campo Militar de Santa Margarida.

3.2.1. Documentação

Na presente investigação, a análise documental constituiu uma das técnicas centrais de recolha de dados. Segundo Yin (2018), esta técnica constitui uma fonte estável, específica e abrangente, adequada para uma revisão contínua e discreta, contribuiu para sustentar o enquadramento teórico e operativo necessário à sustentação empírica do estudo de caso.

A análise incidiu sobre documentação oficial e científica relacionada com UAS, com destaque para os drones suicidas e *loitering munitions*, bem como os meios de proteção antiaérea terrestre. Os documentos consultados incluíram:

- A LPM, que estabelece as prioridades de investimento em armamento e tecnologias para as FFAA (Forças Armadas), incluindo sistemas de vigilância, deteção e neutralização de ameaças aéreas (Freitas, 2021);
- Planos de Atividades e Quadros Orgânicos do Exército, com particular destaque para a Artilharia Antiaérea e os agrupamentos *Intelligence, surveillance, target acquisition, and reconnaissance* (ISTAR);

- Publicações doutrinárias e manuais de emprego da Artilharia Antiaérea e dos Sistemas Aéreos Não Tripulados (como o PDE 3-31-18: Emprego de UAS), ainda que limitados na sua atualidade e profundidade;
- Documentação NATO sobre sistemas C-UAS e ameaças emergentes no domínio da guerra assimétrica;
- Relatórios técnicos e comunicações em seminários do Exército sobre inovação tecnológica e desenvolvimento de capacidades de resposta antiaérea.
- O ATP 3-01.81 (2025), que orienta as operações C-UAS nas Forças Armadas dos EUA. Este documento fornece um quadro lógico para a avaliação da ameaça e da resposta, alinhado com o modelo *Find, Fix, Track, Target, Engage, Assess*¹⁹ (F2T2EA) e com os ciclos de decisão operacional baseados no Loop *Observe, Orient, Decide, Act*²⁰ (OODA), ambos adotados neste estudo como referência analítica.

A ausência de documentação doutrinária recente sobre *loitering munitions* representou uma limitação estrutural, confirmando a atual lacuna doutrinária. No entanto, a documentação recolhida em fontes associadas a conflitos em curso permitiu acompanhar a evolução tecnológica e reforçou a urgência de reequipar a Artilharia, nomeadamente ao nível da deteção e alerta.

Foram ainda conduzidas entrevistas exploratórias com militares da Arma de Artilharia, que forneceram contactos relevantes e manuais técnicos dos sistemas atualmente em uso. Adicionalmente, foram consultadas fontes digitais especializadas, incluindo plataformas comerciais e organismos internacionais de monitorização de armamento, que documentam as mais recentes inovações no domínio dos drones e das *loitering munitions*.

A identificação e modelação sistemática destas ameaças é fundamental para o desenvolvimento de respostas eficazes e adaptáveis no campo da defesa aérea.

3.2.2. Entrevistas

Como principal técnica qualitativa da investigação, foram realizadas entrevistas semiestruturadas, com o objetivo de aprofundar as perceções, experiências e perspetivas do

¹⁹ Este modelo descreve de forma sequencial o processo completo de combate a uma ameaça aérea ou terrestre e é utilizado pelas forças da NATO e EUA para organizar e sincronizar as operações de ataque e defesa, sendo particularmente relevante no combate a drones e munições suicidas onde o ciclo de resposta deve ser muito rápido.

²⁰ É o ciclo de decisão desenvolvido pelo coronel John Boyd, da Força Aérea dos EUA. Representa as etapas mentais e processuais num ambiente de combate, o ciclo é cíclico e contínuo, sendo mais eficaz quanto mais rápido for executado em relação ao inimigo — um conceito essencial na guerra contra drones, onde a velocidade de reação é crítica.

setor militar e da indústria civil nacional quanto ao emprego, desenvolvimento e mitigação da ameaça representada pelas *loitering munitions* e drones.

Numa primeira fase, as entrevistas incidiram sobre empresas civis, nomeadamente gestores e engenheiros envolvidos em projetos de inovação, desenvolvimento e produção de sistemas autónomos, com destaque para o segmento das *loitering munitions*. Segundo Quivy e Campenhoudt (1998), este tipo de entrevista tem por objetivo revelar dimensões do fenómeno que, de outro modo, poderiam não ser antecipadas pelo investigador.

As entrevistas seguiram a linha metodológica proposta por Yin (2018, pp. 183–186), adotando uma abordagem flexível e responsiva à contribuição dos participantes, sem comprometer a estrutura necessária para cumprir os objetivos definidos.

3.2.3. Observação direta

A observação direta foi utilizada como técnica complementar de recolha de dados, com o objetivo de reforçar as evidências obtidas nas entrevistas semiestruturadas e na análise documental. Esta técnica é valorizada nos estudos de caso qualitativos por permitir ao investigador imergir diretamente na realidade operacional, recolhendo dados contextuais em tempo real (Yin, 2018, pp. 187–189).

A observação direta decorreu maioritariamente em contexto de participação em palestras técnicas e seminários como o evento Webinar - *Unmanned Aerial Vehicle*, mas também através de visitas técnicas a unidades: como o Regimento de Artilharia nº 5 e o Grupo de Artilharia de Campanha, no Campo Militar de Santa Margarida onde houve oportunidade de participar nos exercícios *Strong Impact* e ARTEX25.

Esta abordagem permitiu o contacto direto com sistemas de drones e uma *loitering munition* apresentados por empresas portuguesas, bem como interações com técnicos, operadores e engenheiros ligados ao seu desenvolvimento, integração e neutralização em contexto tático, tanto no meio militar como no setor empresarial.

Conforme referem Creswell e Creswell (2018, p. 134) e Yin (2018, p. 189), este tipo de recolha de dados permite acesso a informações que muitas vezes não são expressas nas entrevistas ou documentos, servindo também como base para a triangulação metodológica, que reforça a validade das conclusões (Yin, 2018, p. 384).

Para garantir um registo rigoroso dos dados observados, foram anotadas todas as informações necessárias tal como interações, detalhes técnicos observados e reflexões do investigador. Estas informações foram posteriormente organizadas e revelaram ser úteis para estabelecer a ligação entre a teoria e a prática. Foram validados conceitos operacionais e

detetadas incongruências ou lacunas entre os requisitos doutrinários e os meios disponíveis para a defesa antiaérea contra *loitering munitions*.

3.3. Análise e tratamento de dados

Segundo Yin (2018), a organização de uma base de dados sólida e clara é uma etapa essencial num estudo de caso, pois garante a fiabilidade do processo analítico. Esta base foi constituída pelas transcrições manuais das entrevistas (posteriormente validadas pelos próprios entrevistados), notas de campo da observação direta (Apêndice) e fichas de análise documental.

Esta abordagem permitiu organizar os dados de forma clara, objetiva e fiel à realidade observada, potenciando a construção de inferências válidas sobre a ameaça das *loitering munitions* e conseguinte estudo às respostas antiaéreas em estudo.

No caso dos dados recolhidos por entrevista semiestruturada, o seu tratamento foi feito com o apoio da plataforma Word, posteriormente, esses dados foram extraídos para o Microsoft Excel®. De seguida, com os dados obtidos, foram elaboradas *benchmarks* de forma a responder às PD.

CAPÍTULO 4 – DADOS DE INVESTIGAÇÃO

O presente capítulo dedica-se à análise crítica e interpretação dos resultados obtidos ao longo da investigação, à luz dos objetivos definidos e da revisão da literatura. Após a sistematização técnica dos UAV, com especial destaque nos drones FPV e nas *loitering munitions*, procurou-se discutir os impactos operacionais, doutrinários e tecnológicos destas ameaças para a defesa antiaérea moderna.

A discussão é orientada por dois eixos principais sendo que, primeiramente, foi efetuada a validação das modelações e *benchmarks* definidos no capítulo anterior, através de cruzamento com dados doutrinários, estudos de caso e tendências verificadas em conflitos contemporâneos. Em segundo lugar, desenvolveu-se uma reflexão sobre as lacunas e oportunidades no contexto da defesa nacional, com destaque para o papel da Artilharia Antiaérea, os projetos previstos na LPM e a necessidade de integração de soluções C-UAS eficazes.

Adicionalmente, foram analisados dois casos de estudo onde foram entrevistados representantes de empresas civis, cujos sistemas foram observados diretamente em exercícios. Os dados técnicos foram recolhidos e comparados com os sistemas C-UAS existentes e os que estão a reequipar o Exército Português.

A análise inclui ainda os contributos das fontes doutrinárias e científicas, avaliando o alinhamento dos resultados com as boas práticas da NATO no domínio da proteção C-UAS. Por fim, será proposta uma síntese das implicações para a realidade portuguesa, com vista à formulação de medidas práticas e fundamentadas para a mitigação desta ameaça emergente.

4.1. Apresentação de resultados

4.1.1. Modelação da Ameaça

A análise dos dados recolhidos permite estabelecer uma correlação direta entre o alcance operacional e a capacidade destrutiva das *loitering munitions*. Os sistemas com maior raio de ação tendem a transportar cargas úteis mais significativas o que resulta num impacto tático mais elevado. Esta relação evidencia a necessidade de cobertura antiaérea em profundidade, com capacidade de deteção precoce e resposta coordenada a ameaças de médio e longo alcance. Em contrapartida, as munições de curto alcance, apesar do impacto limitado, mantêm elevada relevância tática pela sua difícil deteção e custo reduzido.

A Tabela 5 apresenta um conjunto de *loitering munitions* usadas no campo de batalha moderno, incluindo dados como comprimento, peso, carga útil, autonomia, alcance e impacto destrutivo que a carga apresenta quando impacta com o alvo e explicita a interpretação do impacto destrutivo usado na Tabela 5. Esta classificação foi elaborada com base em princípios de balística terminal, energia cinética e efeitos estruturais, inspirando-se nas diretrizes das *International Ammunition Technical Guidelines* (IATGs) e em estudos técnicos sobre sensibilidade e resposta de munições.

Os níveis de impacto, baixo, médio e alto, consideram a energia do projétil, sua capacidade de penetração, fragmentação e os efeitos fisiológicos ou estruturais resultantes (COPILOT, 2025). Estes níveis foram agrupados em três categorias qualitativas — baixo, médio e alto — conforme descrito na Tabela 4, permitindo estabelecer uma base coerente para a comparação funcional entre ameaças e respostas C-UAS.

Tabela 4: Classificação do Impacto Destrutivo das *loitering munitions*. (Dantas, 2023)

Nível	Critérios Técnicos	Exemplos Típicos
Baixo	- Ogiva < 1 kg - Alvos leves (pessoal, veículos não blindados) - Baixo raio de destruição - Alta precisão, baixo dano colateral	Switchblade 300, Firefly
Médio	- Ogiva entre 1–5 kg - Alvos táticos (veículos blindados leves, radares) - Capaz de causar danos estruturais moderados - Pode operar em ambientes urbanos	Hero-120, Warmate
Alto	- Ogiva > 5 kg - Alvos estratégicos (infraestruturas, veículos blindados pesados) - Alto poder explosivo e fragmentação - Potencial de dano colateral significativo	Shahed-136, Harop, Hero-400EC

Tabela 5: Modelação da ameaça

Designação	País	Comprimento (m)	Peso (kg)	Carga útil (kg)	Autonomia (h)	Alcance (km)	Impacto Destrutivo
Harpy	Israel	2.1	135	32.0	2.0	400	Alto
Harop	Israel	2.5	13	23.0	6.0	1000	Alto
Harpy NG	Israel	2.1	16	15.0	9.0	500	Alto
Battlehawk	USA	0.45	2.5	0.04	0.5	5	Baixo

CH-901	China	1.2	9.1	2.7	2.0	15	Médio
Coyote	EUA	0.9	5.9	0.9	1.0	20	Baixo
Cutlass	EUA	0.8	6.8	1.4	1.0	56	Médio
Devil Killer	Coreia do Sul	1.5	25	2.0	1.0	40	Médio
Fire Shadow	Inglaterra	4.0	20	30.0	6.0	100	Alto
Green Dragon	Israel	1.7	1	2.5	1.5	40	Médio
Hero 30	Israel	0.8	3.5	0.5	0.5	40	Baixo
Hero 70	Israel	1.1	7	1.2	0.75	40	Alto
Hero 120	Israel	1.3	12.5	3.5	1.0	40	Médio
Hero 250	Israel	1.5	25	5.0	3.0	150	Médio
Hero 400	Israel	1.7	40	8.0	4.0	150	Alto
Hero 900	Israel	1.2	14	8.0	3.0	12	Alto
Orbiter 1K Kingfisher	Israel	1.0	4.5	1.0	0.75	10	Médio
Rotem L	Israel	0.5	1.8	0.3	0.5	10	Baixo
SkyStriker	Israel	2.4	12	5.0	1.5	110	Médio
Sparrow	Israel	0.6	2.5	0.04	0.2	5	Baixo
Terminator	EUA	1.2	3.5	0.75	0.2	10	Baixo
Warmate	Polónia	1.1	4	0.3	0.5	12	Baixo
WS-43	China	3.4	220	20.0	0.5	60	Alto
Bulava	Ucrânia	1.6	11.5	3.6	0.8	60	Médio
Switchblade 600	EUA	1.3	2	3.5	0.7	40	Médio
Hero 400 EC	Israel	2.1	40	10	2	150	Alto
Shahed-136	Irão	3.5	200	30-50	6-8	2000+	Alto

Fonte: Elaboração própria com base em fichas técnicas de fabricantes e dados extraídos de fontes como Bode (2023), Gettinger & Michel (2017), UVision (n.d.), AeroVironment (2023) e NATO (2023).

Para efeitos de investigação, o impacto destrutivo foi avaliado com base numa combinação de dados técnicos e inferência técnica fundamentada. Foram considerados dados quantitativos sobre a carga útil, em quilogramas, declarados em fontes oficiais, como *datasheets* de fabricantes e relatórios técnicos de organizações internacionais. Em segundo lugar, foi considerado o tipo de ogiva associado a cada sistema e a sua finalidade operacional prevista.

Adicionalmente, recorreu-se a relatórios de emprego em combate e literatura especializada, que permitiram inferir a eficácia destrutiva com base em alvos atingidos,

contexto tático e resultados operacionais observados. Na ausência de dados diretos, procedeu-se à classificação por aproximação, tomando como referência munições convencionais de uso similar, como granadas de 40 mm ou foguetes de curto alcance, como descritas na Tabela 4.

A sistematização dos dados revela tendências claras entre os diferentes sistemas de *loitering munitions*, sobretudo quanto à relação entre alcance operacional e carga útil. Para representar graficamente esta correlação, apresenta-se a Figura 12, que organiza os sistemas analisados segundo dois eixos: alcance (km) e carga útil (kg). A distinção cromática utilizada reflete os níveis de impacto destrutivo.

Esta representação gráfica permite identificar padrões de desempenho e destacar os sistemas que representam maior ameaça em profundidade, bem como aqueles cuja detecção e neutralização precoce se torna crítica para a eficácia da defesa antiaérea.

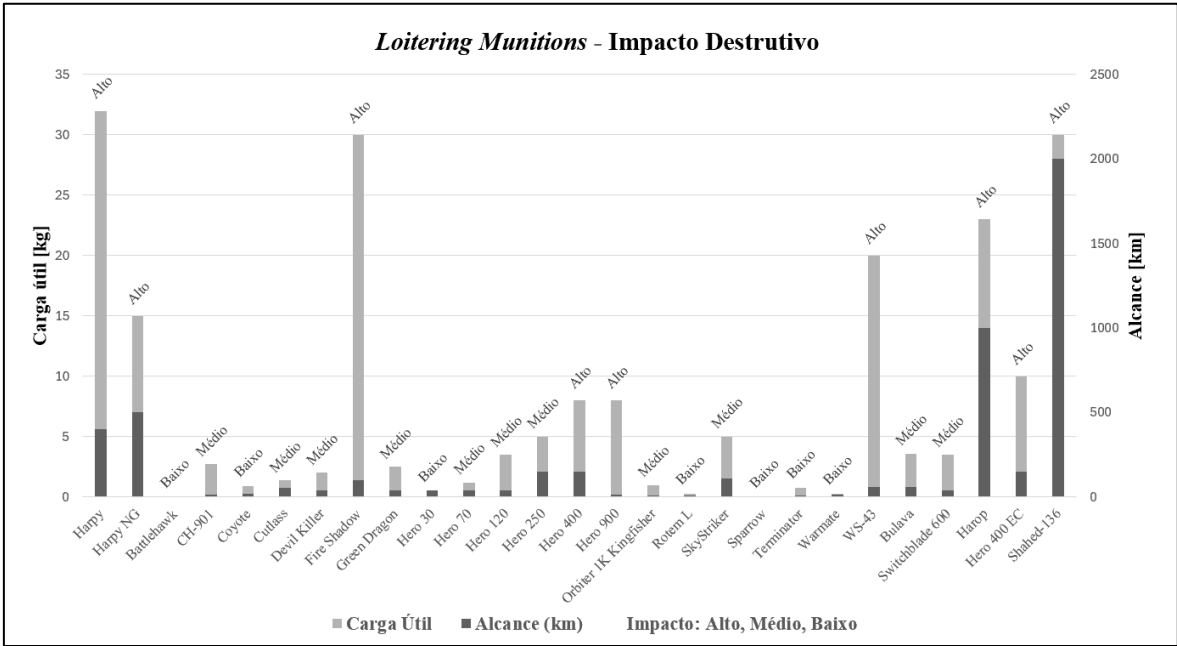


Figura 12: Gráfico Impacto Destrutivo

A Tabela 6 apresenta uma sistematização dos custos estimados por unidade de diversas *loitering munitions* analisadas neste estudo. Os valores que foram selecionados para esta análise foram os modelos mais referenciados nos estudos de caso recentes e com dados de custo publicamente acessíveis. Esta informação permite avaliar o custo-benefício relativo de cada plataforma no contexto operacional e comparar os recursos exigidos para a sua neutralização por meios C-UAS, contribuindo para uma análise equilibrada entre eficácia tática e sustentabilidade financeira das soluções adotadas.

Tabela 6: Preços de *loitering munitions*

Designação	Origem	Custo estimado por unidade
Switchblade 600	EUA	63.700–72.800 €
Shahed-136	Irão	18.200–45.500 €
Hero 30	Israel	10.000–15.000 €
Hero 120	Israel	35.000–40.000 €
Hero 400 EC	Israel	50.000–80.000 €
SkyStriker	Israel	36.400–50.000 €
Warmate	Polónia	7.000–9.000 €

4.1.2. *Loitering Munition* “Elanus”: Estudo de caso

No âmbito desta investigação, foi realizada uma entrevista técnica à empresa portuguesa UAVISION, com o objetivo de recolher dados sobre o seu sistema de *loitering munition* denominado “Elanus”, ilustrada na figura abaixo.



Figura 13: Lançamento da *loitering munition* “Elanus”
 Fonte: Retirado do exercício *Strong Impact*

Este estudo de caso permite enriquecer a análise com um exemplo nacional, reforçando a relevância da indústria de defesa portuguesa no desenvolvimento de soluções táticas avançadas para combate antiaéreo. Na tabela abaixo encontram-se os dados fornecidos sobre as capacidades técnicas e operacionais do sistema.

Tabela 7: Dados técnicos da *loitering munition* “Elanus”

Parâmetro	Valor
Designação	Elanus

Empresa Desenvolvedora	UAVISION
Peso Total	8 kg
Carga Explosiva	2–3 kg
Alcance Operacional	50–100 km (dependente da carga)
Altitude Máxima de Operação	~3050 metros
Propulsão	Elétrica
Assinatura Radar/Térmica	ND
Navegação	GNSS + Navegação Visual
Operação Autônoma	Sim
Enlace de Dados	ND
Guiamento Final	Sensor + Coordenadas
Cancelamento de Missão	Sim
Alteração de Alvo em Ataque	Sim
Nº de Operadores	1–2
Operação Multi-drone	Sim
Plataforma de Lançamento	Lançador pneumático
Tempo de Preparação	~2 minutos
Proteção Contra Interferência	Stromcomm multibanda
Capacidade de Operar em Ambiente Urbano	TBD
Integração de Inteligência Artificial	Sim (finalidade não divulgada)
Integração com Guerra Eletrônica	Sim

Foram apresentados os dados onde foram apresentados os parâmetros como o peso total de 8 quilogramas, a carga explosiva entre 2 e 3 quilogramas e um alcance operacional que pode variar entre 50 e 100 quilômetros. A sua operação é assegurada por propulsão elétrica, com navegação baseada em GNSS e sistema visual, permitindo operação autônoma mesmo em caso de perda de sinal GPS. O sistema inclui ainda capacidades de guiamento final por coordenadas, cancelamento de missão, operação multi-drone²¹ e proteção contra interferência por meio do sistema Stromcomm multibanda²². Embora nem todos os dados tenham sido facultados, a informação obtida permite classificá-la como uma munição de impacto destrutivo médio, com aplicação tática relevante para cenários de defesa de ponto ou ataques de precisão.

²¹ Refere-se à capacidade de um sistema de controlo comandar, de forma simultânea ou coordenada, múltiplas UAS a partir de uma única estação de controlo. Permite a execução de missões complexas em rede, como vigilância em área alargada, ataque coordenado ou saturação de defesas inimigas, com menor necessidade de operadores.

²² Tecnologia de comunicação resistente a interferências, usando múltiplas bandas de frequência (*anti-jamming*)

4.1.3. Drone FPV BVQ407: Estudo de caso

O BVQ407 é um drone *mini-quad* FPV de Classe I, desenvolvido pela empresa portuguesa Beyond Vision, que se enquadra no perfil de *loitering munition* de curto alcance. Possui capacidade de navegação autónoma ou controlada via rádio com transmissão de vídeo em tempo real.

Este sistema foi observado em múltiplos exercícios conduzidos pelo Exército Português operado pela Companhia de Sistemas de Vigilância (CSV), do Regimento de Artilharia nº5, em Vendas Novas. Com base nas respostas obtida, foi elaborada uma tabela, abaixo representada, com os dados técnicos posteriormente comparados.

Tabela 8: FPV BVQ407

Parâmetro	Valor
Designação	BVQ407
Categoria	Classe C3 (MTOW < 25 kg)
Peso total (base)	2,2 kg
Peso máximo à descolagem	7 kg
Alcance operacional (com vídeo FPV)	4 km
Alcance operacional (modo autónomo)	Até 10 km
Tempo máximo de voo (sem payload)	30 minutos
Altitude de operação (máx.)	Até 3000 m
Propulsão	Elétrica (bateria de iões de lítio)
Assinatura radar	< 0,01 m ² (estimado, difícil deteção)
Assinatura térmica	Desconhecida / não testada
Guiamento	GPS+INS / manual / autónomo
Sensores	Câmara 4K + ISR térmica (zoom 40x)
Deteção eficaz de alvos	Até 2 km
CEP estimado	~50 m (Categoria 4, RMSE real a 1 km)
Cancelamento de missão	Sim, desde que com link ativo
Modo autónomo	Sim, sem necessidade de link
Enlace de dados	5.8 GHz vídeo + 2.4 GHz controlo (AES-128)
Contramedidas EW	Encriptação + <i>frequency hopping</i> (sem <i>anti-jamming</i> GPS)
Plataforma de lançamento	Manual (sem infraestruturas)
Tempo de preparação	< 2 minutos

Sistema de lançamento	Sistema de largada eletrónica (reutilizável)
Capacidade de carga	Foi testado com 1kg de carga
Número de operadores	2 operadores (piloto + sensor)

Este drone, exemplo na Figura 14, é ideal para missões de curta distância com ataque rápido a alvos de oportunidade, especialmente em ambiente urbano ou de baixa altitude. Tem como vantagens: alta mobilidade, baixo custo, precisão razoável, elevada flexibilidade tática. E como principais fraquezas a fraca resistência à guerra eletrónica, como ausência de *anti-jamming Global Positioning System* (GPS), limitada eficácia contra alvos fortificados e por último, é sensível à perda de comunicações em modo autónomo.



Figura 14: FPV BVQ407
Fonte: Retirado do exercício ARTEX 25

O BVQ407 representa um exemplo concreto de ameaça emergente no campo das *loitering munitions*. A sua capacidade de integração modular, voo autónomo e navegação por GPS, aliada a sensores de alta resolução e tempo de resposta rápido, tornam-no uma ameaça para unidades sem cobertura C-UAS adequada. A sua baixa assinatura radar e térmica dificulta a deteção precoce, sendo necessário reforçar meios de guerra eletrónica, radares táticos e armamento de resposta rápida, V-SHORAD e C-RAM (*Counter-Rocket Artillery Mortar*), para mitigar a sua eficácia.

4.2. Sistemas C-UAS no Exército Português

A crescente utilização de UAV em conflitos recentes tem evidenciado a urgência de adaptação das forças armadas, tanto ao nível dos equipamentos como das doutrinas

operacionais. Neste contexto, o Exército Português tem reconhecido a ameaça representada por drones e *loitering munitions*, desenvolvendo iniciativas no domínio da defesa C-UAS.

Este segmento apresenta um panorama atualizado da capacidade nacional, com foco no diagnóstico dos sistemas atualmente em operação, nos projetos previstos em LPM e nas necessidades operacionais identificadas pelas unidades de AAA.

A análise centra-se na proteção de uma Unidade Escalão Brigada, com base nos meios atribuídos ao Grupo de Artilharia Antiaérea (GAAA) e à Bateria de Artilharia Antiaérea (BtrAAA) — as unidades especializadas na defesa aérea de baixa e muito baixa altitude no âmbito das forças terrestres. Estas constituem o núcleo da capacidade antiaérea do Exército, sendo responsáveis pelo apoio direto às Brigadas, através do desdobramento de baterias especializadas.

No que se refere ao combate à ameaça de drones, *loitering munitions* e outras formas de UAS, verifica-se que o GAAA, organicamente, é constituído por:

- Pelotões de Míssil Ligeiro (x3) equipados com os sistemas FIM-92 *Stinger*;
- Pelotões de Míssil Portátil (x3) destinados ao apoio descentralizado, com capacidade de integração em forças de manobra;
- Pelotões de Radar (x2) com secções de radar de aviso local e radar de vigilância (ex: P-STAR);
- Pelotão de Sistema C-RAM, destinado à proteção contra rockets, artilharia e morteiros;
- O Sistema Integrado de Comando e Controlo para a Artilharia Antiaérea (SICCA3), permitindo a coordenação tática em rede;
- Equipas de apoio técnico, logístico e manutenção, incluindo a manutenção de radar e guerra eletrónica.

A orgânica do GAAA está representada na Figura 15.

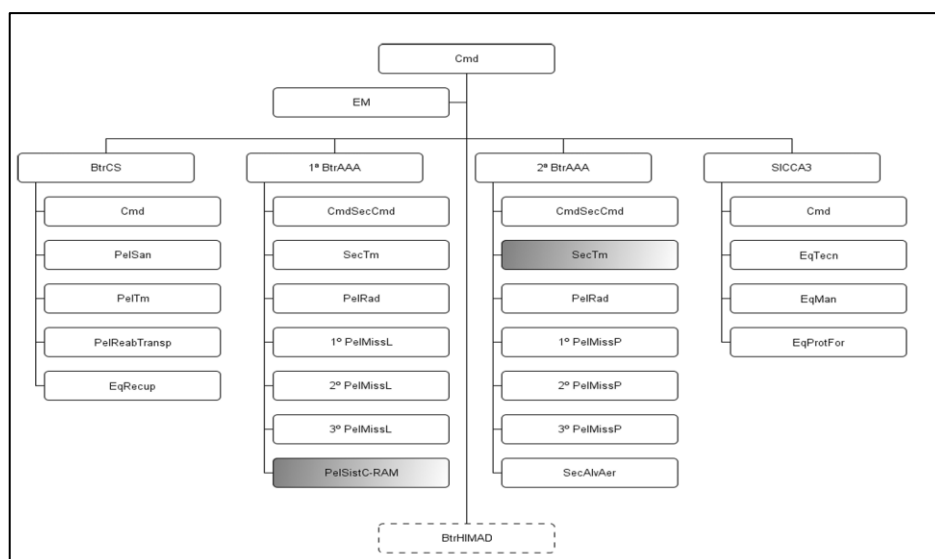


Figura 15: Organograma do GAAA

Fonte: Exército Português (2019). Quadro Orgânico n.º 09.03.07 – Grupo de Artilharia Antiaérea

A BtrAAA, é equipada com o sistema míssil portátil *Stinger* e possui na sua orgânica três pelotões, com o armamento referido. Com base na figura 14, ao serviço do Exército Português, o armamento disponível atualmente é o FIM-92 *Stinger* e o radar P-STAR. As características técnicas do FIM-92 *Stinger* encontram-se explanadas na tabela abaixo.

Tabela 9: Dados do míssil portátil *Stinger*

Parâmetro	Valor
Designação	FIM-92 <i>Stinger</i>
Tipo	Míssil superfície-ar portátil (VSHORAD)
Versão em uso (Portugal)	RMP – <i>Reprogrammable MicroProcessor</i>
Operadores	1 ou 2 militares
Lançamento	Portátil ou montado (tripé/veículo)
Guiamento	Infravermelho e ultravioleta negativo (IV/NUV) – passivo
Modo de operação	<i>Fire and forget</i>
Alcance efetivo	Até 4.800 m
Altitude de interceção	Até 3.800 m
Velocidade do míssil	Mach 2.2 (~750 m/s)
Tempo de reação	5–10 segundos
Tempo de autodestruição	17 segundos após lançamento (sem impacto)
Distância de segurança inicial	9 metros (antes da ignição do motor de voo)

Tipo de ogiva	Explosiva com espoleta de proximidade
Peso da munição (míssil)	7,94 kg
Peso do sistema completo	15,2 kg (incluindo tubo, míssil e visor)
Sensores adicionais (Portugal)	Mira térmica AN/PAS-18 (versões atualizadas)
Sistema IFF integrado	AN/PPX-3A/B – visual + auditivo
Unidade BCU	Garante 45 s de operação – gás árgon + bateria integrada
Proteção ambiental	Tubo selado, com indicador de humidade
Interoperabilidade NATO	Sim (sistema amplamente adotado)
Ameaças típicas	Helicópteros, drones, UAV táticos, aeronaves em voo baixo
Vulnerabilidades	Dependência da assinatura térmica, limitado contra micro-drones

O FIM-92 *Stinger* é um sistema portátil de defesa antiaérea de curto alcance, amplamente adotado em forças da NATO e em operação no Exército Português desde a década de 1990. Em Portugal, está disponível na sua versão *Reprogrammable MicroProcessor* (RMP), que inclui melhorias de guiamento e resistência a contramedidas eletrónicas.

Trata-se de um míssil de guiamento passivo infravermelho e ultravioleta negativo (IV/NUV), do tipo *fire and forget*²³, permite ao atirador deslocar-se imediatamente após o disparo. O sistema atinge velocidades superiores a Mach 2 e é eficaz contra aeronaves, helicópteros e drones de médio porte, operando a altitudes até 3800 metros e alcance máximo de 4800 metros (Department of the Army, 2025).

Entre as suas capacidades técnicas destacam-se a presença de sistema *Identification Friend or Foe*²⁴ (IFF) integrado, uma mira térmica AN/PAS-18, que permite operação em ambientes com visibilidade reduzida e a sua capacidade de autodestruição após 17 segundos, caso não atinja o alvo.

Apesar da sua eficácia comprovada em cenários de combate, o *Stinger* revela limitações frente a ameaças de reduzida assinatura térmica e de muito baixo *Radar Cross Section* (RCS), como drones FPV de pequeno porte e *loitering munitions* com perfis

²³ Refere-se a um sistema de guiamento em que o míssil, após o lançamento, segue de forma autónoma até ao alvo, sem necessidade de correções externas adicionais

²⁴ Usa um *transponder* que ouve um sinal de interrogação e, em seguida, envia uma resposta que identifica a emissora.

discretos. Esta limitação reforça a necessidade de complementar o sistema com sensores de detecção multiespectral e armamento cinético automatizado.

A Tabela 10 apresenta as principais características técnicas do radar de vigilância e aquisição P-STAR (AN/PPQ-2), atualmente em operação no Exército Português. Os dados foram obtidos a partir do manual oficial do sistema e complementados com fontes técnicas e estimativas operacionais.

Tabela 10: Dados do P-STAR

Parâmetro	Valor
Designação	P-STAR (AN/PPQ-2)
Função principal	Radar de vigilância e aquisição de alvos para AAA
Tipo	Radar <i>Doppler</i> 2D portátil com antena rotativa
Alcance máximo (aeronaves)	Até 20 km
Alcance máximo (helicópteros pairando)	Até 14 km
Altitude máxima de detecção	Até 3.000 m (10.000 pés)
Velocidade dos alvos detetáveis	20 a 550 m/s (~72 a 1980 km/h)
Cobertura angular	360° em azimuth (antena rotativa 10–20 rpm)
Capacidade <i>Doppler</i>	Sim (filtra viaturas, chuva, ruído)
ECCM (contra contramedidas eletrónicas)	Sim – 19 canais, estroboscópio de empastelamento
Capacidade IFF	Sim – integração com unidade interrogadora CIU
Integração C2	Sim – até 8 terminais BMT
Tempo de colocação em posição	< 18 minutos
Peso total em operação	183 kg
Fonte de alimentação	+28V DC via gerador ou baterias
Assinatura radar (alvo detetável)	Estimado: RCS > 0,1 m ² (micro-drones não detetáveis)
Capacidades adicionais	Seguimento automático, BIT, operação em todas as condições meteorológicas

O radar P-STAR (AN/PPQ-2) constitui o principal sensor de aquisição e vigilância aérea táctica atualmente em operação no Exército Português. Concebido para apoiar sistemas V-SHORAD como o FIM-92 *Stinger*, este radar destaca-se pela sua portabilidade, facilidade

de desdobramento inferior a 18 minutos, e capacidade de cobertura de 360° com tecnologia *Doppler*²⁵.

Com um alcance máximo de deteção de até 20 km para aeronaves e cerca de 14 km para helicópteros em voo estacionário, o radar oferece uma solução eficaz para vigilância de baixa e muito baixa altitude, até aos 3000 metros. A integração com até oito terminais de controlo e a capacidade de comunicação com sistemas IFF tornam-no compatível com estruturas C2 modernas.

Contudo, a sua tecnologia 2D e a ausência de sensores multiespectrais limitam a sua eficácia na deteção de alvos com assinatura radar muito reduzida, como drones FPV e *loitering munitions* de pequena dimensão ($RCS < 0,1 \text{ m}^2$) conforme o manual técnico do sistema P-STAR disponibilizado pelo Regimento de Artilharia Antiaérea nº 1 Esta limitação operacional evidencia a necessidade de atualização da camada de sensores de vigilância tática, em linha com os desenvolvimentos tecnológicos e ameaças emergentes.

4.3. Sistemas C-UAS previstos para o Exército Português

Face à evolução das ameaças aéreas de baixa assinatura, nomeadamente drones comerciais adaptados, *loitering munitions* e C-UAS de ataque, o Exército Português tem vindo a reforçar a sua capacidade de defesa antiaérea de curto alcance através de novos investimentos previstos na LPM. De acordo com o ATP 3-01.81 (2025), os sistemas C-UAS devem operar em camadas, com redundância e capacidade de resposta em diferentes fases do ciclo de ameaça.

A comparação entre os meios nacionais e os modelos doutrinários americanos revela que, embora Portugal disponha de sensores e sistemas de tiro, a articulação entre eles e a ausência de capacidades robustas de guerra eletrónica continuam a representar uma vulnerabilidade significativa frente a ameaças rápidas e de baixo RCS.

Este capítulo analisa dois sistemas em processo de aquisição — o radar GM200 e o sistema *RapidRanger* — avaliando as suas características técnicas, capacidades operacionais e contributo esperado para o reforço da defesa C-UAS nacional. Ambos os sistemas articulam-se com o SICCA3 e complementam meios existentes, como o P-STAR e o *Stinger*, representando um salto tecnológico alinhado com os padrões da NATO. Na Figura 16 encontra-se o *RapidRanger* e na Figura 17, o radar GM200.

²⁵ É o fenómeno físico observado nas ondas quando estas são emitidas ou refletidas por um objeto que está em movimento com relação ao observador.



Figura 16: *RapidRanger*
Fonte: Thales (2025)



Figura 17: Radar GM200
Fonte: Thales (2025)

O radar GM200 destaca-se pelas suas capacidades tridimensionais avançadas, cobrindo um alcance de 250 km para vigilância aérea e até 100 km de observação direta (Thales, 2024). Utiliza tecnologia S-Band²⁶ com transístores de GaN²⁷, assegurando alta resistência a interferências, detecção simultânea de múltiplas ameaças – incluindo UAV de baixa velocidade, helicópteros em voo estacionário e munições RAM – e atualização de dados a cada um segundo e meio a três segundos. O sistema está integrado num único contentor *International Organization for Standardization*²⁸ (ISO) de vinte pés, com

²⁶ A banda S refere-se a uma faixa de frequência do espectro eletromagnético entre 2 e 4 GHz, cujo comprimento de onda varia de 7,5 cm a 15 cm. É amplamente utilizada em radares de defesa aérea devido ao seu equilíbrio entre alcance e resolução. É particularmente eficaz na detecção de alvos com reduzida RCS, como drones e munições de precisão.

²⁷ Material semiconductor utilizado em radares modernos de banda larga. Apresenta elevada eficiência energética e térmica, permitindo maior potência de transmissão e sensibilidade do radar. É preferido em aplicações militares pela sua robustez contra interferências eletrónicas (*jamming*) e pela sua capacidade de operar em ambientes exigentes.

²⁸ Entidade responsável pela padronização internacional de especificações técnicas.

capacidade de operação por apenas dois operadores, estando funcional em menos de quinze minutos após o desdobramento. A sua integração com mais de dez sistemas *Ground-Based Air Defence* (GBAD) aliados e reconhecido por mais de trinta e cinco países evidenciam a sua maturidade operacional e interoperabilidade.

O *RapidRanger*, também da Thales, é um sistema modular de resposta antiaérea rápida, montado sobre viatura VAMTAC ST5, com mísseis *StarStreak* ou *Lightweight Multirole Missile* (LMM). Destaca-se pela capacidade de operar de forma autónoma ou integrada em redes C2, sendo compatível com o SICCA3.

Equipado com sensores *Electro-Optical / Infrared* (EO/IR) multiespectrais e sistema *Automatic Target Tracking* (ATT), garante uma resposta inferior a cinco segundos desde a deteção ao disparo. Os mísseis utilizados podem empenhar-se contra alvos aéreos com RCS reduzido a distâncias superiores a sete quilómetros, operando por meio de guiamento *beam-riding*²⁹ a laser (Thales, 2019).

Estas soluções foram concebidas para complementar sistemas como o P-STAR e o *Stinger*, contribuindo para uma arquitetura escalonada de defesa antiaérea adaptada a ameaças assimétricas, incluindo drones FPV e *loitering munitions*.

Na Tabela 11 e Tabela 12 foram compilados os dados obtidos sobre os dois novos sistemas que vão reequipar o Exército Português.

Tabela 11: Dados do *RapidRanger*

Parâmetro	Valor
Sistema	<i>RapidRanger</i>
Tipo	Sistema de lançamento móvel antiaéreo
Plataforma	VAMTAC ST5 blindado
Munições compatíveis	<i>STARStreak</i> , LMM
Guiamento	<i>Laser beam-riding</i>
Tempo de reação	< 5 s
Alcance de engajamento	> 7 km
Sensores	EO/IR, ATT
Operação	Autónoma ou em rede (C2)
Modo de disparo	Manual ou automático

²⁹ Método de guiamento no qual o míssil é direcionado ao alvo por um feixe de energia, geralmente laser, emitido pelo lançador. O míssil deteta e permanece centrado nesse feixe até ao impacto. É simples, difícil de interferir eletronicamente e frequentemente usado em sistemas como o *STARStreak* ou o LMM.

Mobilidade	Alta, 4x4 tático
Peso do sistema	< 500 kg (torre)
Integrado com C2	Sim (inclui HMI e treino embutido)
Fabricante	Thales

Tabela 12: Dados do radar GM200

Parâmetro	Valor
Sistema	GM200
Tipo	Radar 3D com multifunções
Faixa de frequência	S-Band (banda S, 2–4 GHz)
Tecnologia	GaN (nitrato de gálio)
Alcance máximo de vigilância	250 km
Alcance de engajamento	100 km
Taxa de atualização	1,5 a 3 s
Cobertura	360° azimuth / 80° elevação
Objetivos detetáveis	UAV, RAM, helicópteros estacionários, aeronaves
Capacidade C-RAM	Sim
Integração em C2	Sim (mais de 10 sistemas GBAD)
Tempo de preparação	15 minutos
Tripulação	2 operadores
Mobilidade	Montado em <i>shelter</i> ISO de 20 pés
Fabricante	Thales

4.4. Comparação entre ameaças e sistemas C-UAS

Neste ponto, procede-se ao confronto entre os principais perfis de ameaça aérea analisados, com especial destaque para as *loitering munitions* e drones FPV com capacidade suicida, e as capacidades reais e previstas dos sistemas C-UAS atualmente ao dispor do Exército Português.

A constante evolução tecnológica dos UAS, marcada pela miniaturização, pelo emprego de guiamento autónomo, pela baixa assinatura radar e pela crescente capacidade de ataque preciso e coordenado, impõe desafios significativos aos sensores, à mobilidade e à letalidade dos sistemas de defesa terrestre.

A análise aqui apresentada assenta num modelo técnico-operacional comparativo, que cruza dados relativos às características dos vetores de ameaça com os parâmetros de desempenho dos sensores nacionais. Este confronto visa identificar lacunas operacionais, níveis de eficácia relativa e potenciais zonas de sobreposição ou falha no sistema C-UAS atual, oferecendo um contributo crítico para a sua adaptação futura.

Numa primeira análise, foram comparados os dados do FPV e da *loitering munition* “Elanus” com os radares anteriormente mencionados. Na Tabela 13 e Tabela 14 estão expostos os dados obtidos e comparados.

Tabela 13: Benchmark entre FPV e radares

Sistema	Tipo	Assinatura radar (RCS)	Velocidade (km/h)	Perfil de voo	Detetabilidade por radar	Detetabilidade visual	Tempo de reação necessário	Observações
FPV BVQ407	Drone FPV	$< 0.01 \text{ m}^2$	140	Rasante e manual	Muito baixa	Baixa	Muito curto (~segundos)	Baixo ruído, difícil de detetar e neutralizar
P-STAR	Radar de vigilância aérea	Deteta $\geq 0.1 \text{ m}^2$	—	—	Limitada contra FPV	—	Médio	Projetado para helicópteros e aviões lentos
GM200	Radar 3D multifunções	Deteta $< 0.01 \text{ m}^2$	—	—	Alta contra FPV	—	1.5–3 s	Projetado para ameaças de baixa assinatura, ideal contra drones

Tabela 14: Benchmark entre loitering munition “Elanus” e radares

Parâmetro	<i>Loitering Munition</i> “Elanus”	Radar P-STAR	Radar GM200
Assinatura Radar (RCS)	ND (estimada: muito baixa, $< 0.1 \text{ m}^2$)	Capacidade limitada $< 0.1 \text{ m}^2$	Eficaz para $< 0.05 \text{ m}^2$ (tecnologia GaN, banda S)
Altitude de Operação	Até 10.000 ft (~3000 m)	Cobertura baixa-altitude até média altitude	Cobertura 3D completa (baixa a média altitude)
Velocidade Estimada	Moderada (propulsão elétrica, ~100 km/h)	Eficaz contra alvos lentos a médios	Eficaz contra alvos lentos, médios e manobráveis

Perfil de voo	Possibilidade de voo rasante e trajetória imprevisível	Dificuldade em terreno irregular	Melhor capacidade em ambiente tático complexo
Deteção em tempo real	Não aplicável	Sim, mas sensível à assinatura	Sim, com elevada taxa de atualização
Capacidade furtiva (<i>stealth</i>)	ND, mas propulsão elétrica reduz som e calor	Dificuldade com alvos de baixa assinatura	Projetado para alvos com baixo RCS e IR
Integração C2	Compatível com sistemas autónomos	Integração limitada	Totalmente integrado com redes C2
Probabilidade de deteção eficaz	—	Baixa (dependente da linha de visão e RCS)	Alta (capaz de deteção precoce e seguimento)

A comparação entre os drones FPV BVQ407 e a *loitering munition* com os radares P-STAR e GM200 evidencia, de forma clara, os limites e avanços na capacidade de deteção face a ameaças de reduzida assinatura radar e elevada manobrabilidade. O BVQ407, com uma secção transversal radar estimada inferior a 0,01 m² e perfil de voo rasante, representa um desafio significativo para sistemas convencionais como o P-STAR, cuja sensibilidade mínima ronda os 0,1 m². De forma semelhante, o “Elanus”, propulsionado eletricamente e com assinatura térmica e radar reduzidas, reforça esta dificuldade ao combinar características furtivas com autonomia operacional.

Em contraste, o radar GM200, otimizado para a deteção de ameaças assimétricas, apresenta uma capacidade significativamente superior, ao operar em banda S com tecnologia GaN, permitindo a identificação e rastreio de alvos com baixo RCS mesmo em ambientes urbanos ou com relevo acidentado.

Esta análise reforça a necessidade de dotar o sistema C-UAS do Exército Português com sensores modernos, integrados em redes C2 robustas, capazes de reagir em segundos a ameaças furtivas e altamente móveis, tal como demonstrado nos conflitos recentes. A eficácia da defesa antiaérea dependerá não apenas das características individuais de cada sensor, mas sobretudo da sua articulação com sistemas de armas e plataformas de decisão em tempo real.

Tabela 15: *Benchmark* entre FPV e sistemas de armas

Característica	FPV BVQ407	<i>Stinger</i>	<i>RapidRanger</i>
Velocidade	~150 km/h	Alvos até 400 m/s (~1440 km/h)	Alvos até 400 m/s

Perfil de voo	Rasante, evasivo	Deteta e engaja por IR	Laser <i>beam-riding</i> , exige visual/linha direta
Assinatura Radar (RCS)	Muito baixa (<0.05 m ²)	Deteta por calor (IR)	Requer designação visual ou por sensor auxiliar
Tempo de engajamento	N/A	~5 segundos	<5 segundos
Modo de guiamento	Autonomia via FPV	Infravermelhos (<i>heat-seeking</i>)	Laser <i>beam-riding</i> com apoio ótico
Reutilização	Não	Sim (sistema), não (míssil)	Sim (sistema), não (míssil)
Eficácia esperada	Ataque preciso e furtivo	Limitado contra drones rasantes	Boa, mas depende de visibilidade e sensores

Tabela 16: Benchmark entre *loitering munition* “Elanus” e sistema de armas

Parâmetro	<i>Loitering Munition</i> “Elanus”	FIM-92 <i>Stinger</i>	<i>RapidRanger</i>
Assinatura Térmica	Reduzida (propulsão elétrica)	Necessita de uma assinatura térmica clara	Guiamento eletro-ótico, mais flexível
Velocidade	Baixa a média (~100 km/h)	Eficaz contra alvos rápidos, mas menos contra lentos	Eficaz contra diversos perfis de voo
RCS	Muito baixa (< 0.1 m ² estimado)	Sem radar próprio, depende de sensor externo	Usa sensores EO/IR dedicados, melhor resposta
Capacidade de Interceção	—	Limitada contra alvos de baixo perfil	Alta, com mira estabilizada e múltiplos mísseis
Mobilidade	Alta (aérea)	Portátil, disparado do ombro	Montado em viatura, maior alcance e persistência
Reação em Ambiente Urbano	Elevada manobrabilidade	Difícil aquisição em presença de obstáculos	Dependente de linha de visão, mas com maior estabilidade
Integração com sensores	Autónoma	Necessita de designação visual	Integra-se com radar e sensores óticos
Capacidade C-UAS	Ameaça	Limitada a drones com maior assinatura	Concebido para C-UAS, eficaz contra micro e mini UAV

A comparação representada nas Tabela 15 e Tabela 16 refletem as limitações dos sistemas convencionais face a ameaças de reduzida assinatura térmica e radar, como o BVQ407 e a *loitering munition* estudada. O *Stinger*, dependente de fontes térmicas visíveis, revela baixa eficácia contra plataformas furtivas e com tempo de exposição reduzido. Já o *RapidRanger*, mais moderno e equipado com sensores eletro-óticos e mísseis LMM ou StarStreak, oferece uma resposta mais adaptada, embora condicionada pela necessidade de linha de visão e pela sensibilidade a obstáculos.

Ambos os casos demonstram que a eficácia da resposta antiaérea não pode depender exclusivamente de meios cinéticos. A integração com sensores modernos e capacidades de guerra eletrónica é fundamental para garantir uma defesa escalonada, eficaz e ajustada ao cenário assimétrico atual.

Estes dados reforçam a necessidade de complementar os sistemas cinéticos com sensores e capacidades de guerra eletrónica que permitam uma resposta eficaz às ameaças assimétricas emergentes.

4.5. Empasteladores – Exercício ARTEX25

No âmbito desta investigação, foi possível observar a demonstração e ensaio prático do sistema *Swatter Portable Gun* (SPG) durante o exercício ARTEX25, no qual este equipamento foi testado em contexto operacional como solução de defesa imediata contra drones comerciais e táticos.

O SPG, na figura abaixo, é um sistema portátil de guerra eletrónica, concebido para operação autónoma, com possibilidade de adaptação a configurações fixas ou móveis. Com 86 centímetros de comprimento e peso inferior a 6 quilogramas, o equipamento pode ser transportado e operado por uma única pessoa. O sistema é alimentado por uma bateria de lítio, com autonomia até 30 minutos em emissão contínua, sendo também compatível com fontes de alimentação externas, o que aumenta a sua versatilidade em ambiente tático.



Figura 18: Swatter Portable Gun
Fonte: Retirada do Exercício ARTEX25

O sistema SPG atua sobre as frequências mais comuns de comando e controle de drones (433 MHz³⁰, 868 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz³¹, 5.2 GHz e 5.8 GHz) e possui igualmente capacidade de interferência em sinais *Global Navigation Satellite System* (GNSS)³², incluindo GPS, Galileo³³, GLONASS³⁴, BeiDou³⁵ e QZSS³⁶, tanto em banda baixa como alta. Esta versatilidade permite-lhe neutralizar drones operando em modo autónomo, assistido por posicionamento ou controlados manualmente.

No primeiro dia de ensaios, como mostra a Tabela 17, foram testadas diferentes condições operacionais com mini-drones, incluindo diferentes distâncias de atuação e perfis de voo (retilíneo e furtivo). Simultaneamente, utilizaram-se diferentes frequências de comando, observando-se que a eficácia do SPG é particularmente elevada quando existe linha de visão direta entre o operador e o drone. Nestes casos, a interrupção dos sinais de controlo e de posicionamento revelou-se eficaz.

Em situações de ocultação parcial, a eficácia decresce, sobretudo em ambientes com obstáculos físicos, mas quando o drone era avistado antecipadamente, o mesmo caía quando em linha de visão com o SPG.

³⁰ Unidade de frequência equivalente a um milhão de hertz.

³¹ Unidade de medida de frequência que equivale a um bilhão de hertz.

³² Refere-se a um conjunto de sistemas de satélites que fornecem sinais de posicionamento, navegação e sincronização.

³³ Sistema global de navegação por satélite da União Europeia, uma alternativa ao GPS americano.

³⁴ Sistema de navegação por satélite russo, que fornece informação de localização e tempo de precisão.

³⁵ Sistema de navegação por satélite desenvolvido pela China.

³⁶ Sistema de navegação por satélite regional japonês.

Tabela 17: Ensaios de empastelamento

Voo	Condições de Frequência	Distância de neutralização (m)	Tipo de perda	Observações
1.º Voo	868 MHz	447	Perda progressiva até perda total	Linha reta, coordenado
2.º Voo	2.4 GHz + vídeo	470	Perda de vídeo e comando	Linha reta, coordenado
3.º Voo	Todas as frequências	462	Perda simultânea de vídeo e controlo	Linha reta, coordenado
4.º Voo	Surpresa (sem coordenação) com todas as frequências	333	Perda completa	Simulação de ataque não coordenado
5.º Voo	2 drones em simultâneo, com todas as frequências	411 / 475	Ambos perderam sinal	Voo livre, comportamento autónomo

Os testes foram realizados numa pista de aviação com 1178 metros de extensão, o que permitiu avaliar a eficácia do SPG em diferentes frequências e condições operacionais. Durante a campanha, foram efetuados cinco voos experimentais com mini-drones comerciais, replicando cenários de aproximação direta (em linha reta) e voo não coordenado, simulando situações de reconhecimento ou ataques do tipo FPV.

Estes dados demonstram que, quando operado corretamente e com linha de visão clara, o SPG apresenta níveis consistentes de eficácia entre os 300 e 500 metros, sendo uma ferramenta útil em defesa de ponto ou proteção avançada. O desempenho é condicionado pela geometria do terreno, visibilidade direta e tipo de controlo dos drones, mas os resultados obtidos apontam para a sua viabilidade tática em operações reais.

A possibilidade de substituição rápida de antenas e a integração com sistemas externos, como radares ou sensores ótico-eletrónicos, permite que o SPG seja adaptado a diversos contextos, incluindo proteção de perímetros fixos, segurança de comboios, eventos públicos ou mesmo postos avançados em operações militares.

Os ensaios confirmam o potencial dos sistemas portáteis de guerra eletrónica como complemento aos meios cinéticos, reforçando a necessidade de uma resposta C-UAS que combine sensores, guerra eletrónica e capacidade de neutralização modular.

No segundo dia, foi proposto um cenário de carácter tático com o objetivo de avaliar a eficácia do SPG em condições operacionais imprevisíveis. Após a disposição das forças no terreno, foi elaborado pelo autor o planeamento da colocação dos empasteladores no terreno, antecipando prováveis vetores de ataque com base na configuração do terreno e do ambiente envolvente, como se verifica na Figura 19.

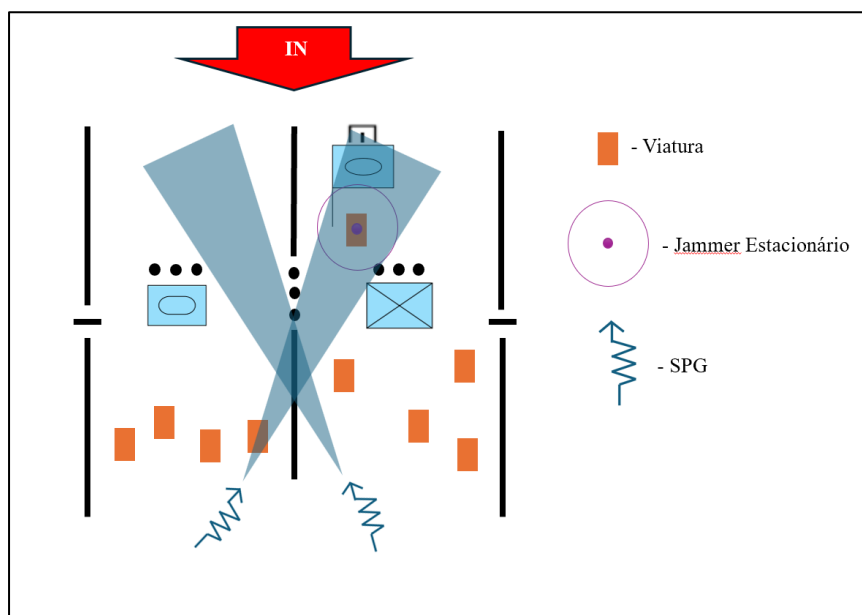


Figura 19: Planeamento elaborado em campo

O objetivo deste ensaio foi testar a capacidade de resposta em tempo real perante a imprevisibilidade da trajetória de um drone inimigo. No terreno, os empasteladores SPG foram posicionados nas coordenadas 29SND 64977 54012 e 29SND 64971 34005, ambos orientados a norte, uma vez que a ameaça se deslocava a partir das coordenadas 29SND 66113 53549, no sentido de norte para sul. Os operadores mantiveram vigilância constante, prontos a atuar de forma direcionada para maximizar a eficácia de interferência.

No primeiro ensaio, foi lançado um único drone, cuja trajetória confirmou os pressupostos do planeamento. O empastelador foi posicionado de forma a garantir linha de visão, e o drone foi neutralizado ainda antes de se aproximar da posição protegida.

No segundo ensaio, a complexidade aumentou com o lançamento de três drones em simultâneo, com diferentes modos de voo e trajetória. Embora todos tenham sido abatidos com sucesso, um dos drones chegou a sobrevoar a posição protegida, evidenciando a importância do tempo de reação, da vigilância constante e da capacidade de cobertura omnidirecional para evitar falhas pontuais.

Estes testes revelaram que, mesmo com uma capacidade comprovada de neutralização, a eficácia tática dos *jammers* depende da antecipação das rotas, da coordenação entre operadores e da integração com sensores de alerta antecipado.

Na Figura 20, encontram-se as localizações do SPG, a vermelho, do local onde se encontrava a ameaça, a azul e, por último, os pontos de queda dos drones a laranja, o primeiro a cerca de 30 metros da posição dos SPG, o segundo a 100 metros e o último a cerca de 110 metros.



Figura 20: Localização dos elementos do teste realizado
Fonte: Aplicação MGRS

Este cenário reforça que sistemas de guerra eletrónica operados isoladamente, com base apenas em rotas previsíveis, não garantem proteção total. Para aumentar a margem de segurança, recomenda-se:

- Expansão da cobertura de interferência com múltiplas unidades em rede;
- Integração com sensores de alerta precoce (acústicos, visuais, radar);
- Estabelecimento de zonas tampão entre os SPG e as infraestruturas protegidas;
- Emprego de técnicas com empenhamento coordenado entre diferentes vetores de defesa.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo visa responder à PP que orientou a presente investigação e, consequentemente, responder às PD propostas através da crítica e interpretativa dos dados recolhidos, articulando-os com os desafios operacionais e doutrinários enfrentados pela AAA do Exército Português, no escalão Brigada.

A primeira linha de análise corresponde à PD1, centrada na identificação das *loitering munitions* que constituem ameaças credíveis aos escalões Brigada, Batalhão e Companhia. Através da tabela 5, de caracterização técnica, foi possível classificar estas munições com base em critérios como carga útil, alcance, autonomia, tipo de guiamento e assinatura radar (RCS). Drones como o Shahed-136, Harop, Hero-400EC e o nacional BVQ407 demonstraram possuir características que lhes conferem elevada letalidade e capacidade de atuação em profundidade, podendo atingir infraestruturas críticas, centros logísticos ou elementos de comando. A este conjunto soma-se o sistema nacional “Elanus”, cuja análise técnica permitiu reconhecer o seu potencial ofensivo no contexto de ameaças, sobretudo pela sua autonomia, guiamento autónomo e integração de inteligência artificial. A análise cruzada entre o impacto destrutivo estimado e a capacidade de deteção dos sensores atualmente em operação revelou que muitas destas ameaças operam abaixo dos limites de deteção convencionais, sobretudo em voo rasante e com baixo RCS, o que agrava o risco operacional.

A PD2 refere-se aos meios de proteção antiaérea adequados para neutralizar este tipo de ameaça. A comparação entre os sistemas *Stinger* e *RapidRanger*, ambos previstos em LPM, permitiu concluir que, embora o *Stinger* tenha eficácia comprovada e seja amplamente utilizado no seio da NATO, revela limitações significativas contra alvos de pequena dimensão e assinatura térmica reduzida, como os drones FPV e as *loitering munitions*. Já o *RapidRanger*, que integra sensores eletro-óticos e mísseis como o LMM ou o *StarStreak*, apresenta maior flexibilidade e capacidade de resposta. No entanto, também depende de linha de visão e da designação visual do alvo, o que o torna vulnerável a obstáculos no terreno e a condições atmosféricas adversas. A análise do drone BVQ407 confirmou que este tipo de ameaça, ao combinar o voo rasante, manobrabilidade elevada e RCS inferior a 0,05 m², apresenta grande dificuldade de deteção e neutralização por sensores e armas tradicionais. Estes dados sustentam a necessidade de complementar os sistemas cinéticos com capacidades de guerra eletrónica e sensores passivos, de forma a assegurar uma resposta escalonada, eficaz e financeiramente viável às ameaças assimétricas emergentes.

Neste sentido, a PD3 foca-se nos meios de vigilância mais adequados para detetar estas ameaças. A comparação entre o radar P-STAR e o GM200 revelou uma diferença significativa na capacidade de deteção de alvos com assinatura radar inferior a 0.1 m². Enquanto o P-STAR se mostra eficaz contra aeronaves e helicópteros convencionais, apresenta limitações evidentes face a drones de baixa assinatura e elevada manobrabilidade, que em ambiente tático estes drones podem usar o terreno como vantagem e elemento de surpresa. Por sua vez, o GM200, que opera em banda S com tecnologia GaN, demonstrou elevada sensibilidade e capacidade de integração em redes C2, sendo capaz de detetar praticamente todas as ameaças modeladas, como demonstrado nas tabelas e gráficos anteriormente apresentados.

A última PD, abordou os meios de vigilância e proteção previstos em LPM na análise documental. A LPM em vigor, aprovada pela Lei Orgânica n.º 1/2023, prevê um investimento total de 5.570 milhões de euros até 2034, com alocação de 41,95 milhões de euros no setor das Informações, Vigilância, Aquisição de Objetivos e Reconhecimento Terrestre, com vista à dotação das CSV com drones militares e sistemas de vigilância C-UAS.

No domínio específico da defesa antiaérea, está prevista a aquisição do radar GM200, do sistema *RapidRanger* e de outros componentes C-UAS complementares, com o objetivo de reforçar a defesa de ponto e de curto alcance. O GM200, com capacidade tridimensional de deteção e resistência a alvos com reduzida assinatura radar, e o *RapidRanger*, equipado com mísseis *StarStreak* ou LMM, representam um avanço tecnológico significativo no panorama nacional. Estes sistemas, integrados com sensores existentes como o P-STAR e armas como o *Stinger*, poderão formar uma resposta tática mais robusta à crescente ameaça das *loitering munitions*. A eficácia da resposta C-UAS dependerá não apenas da aquisição de novos meios, mas da sua integração operacional, da atualização doutrinária e da preparação adequada das forças envolvidas.

Adicionalmente, importa considerar o fator económico, frequentemente negligenciado na comparação entre ameaças e meios de resposta. O custo de um drone FPV com sistema de vídeo em tempo real ronda os 1000 a 2500 euros, dependendo da configuração e produção artesanal ou semi-industrial. Já uma *loitering munition* como a Switchblade 600, disponível comercialmente, tem um custo estimado superior a 63.000 euros por unidade. Em contraste, um míssil *Stinger* custa cerca de 109.000 a 137.000 euros por disparo, enquanto um sistema completo como o *RapidRanger* pode ultrapassar os 2 milhões de euros, dependendo da plataforma e do número de mísseis incluídos. Mesmo a

munição convencional de artilharia (ex.: 155 mm HE) custa cerca de 500 a 1000 euros por disparo, um valor reduzido, mas com muito menor precisão e alcance do que uma munição guiada ou um drone suicida.

Estas discrepâncias evidenciam que, embora os sistemas antiaéreos sejam tecnologicamente superiores, os custos por neutralização podem ser elevados se usados contra alvos de baixo custo. Este fator reforça a necessidade de dotar o Exército de camadas de resposta escalonadas, onde sistemas de guerra eletrônica, fogo ligeiro e sensores passivos possam complementar os sistemas cinéticos, otimizando a relação custo-eficácia.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

A presente investigação centrou-se na problemática emergente da ameaça representada pelas *loitering munitions* e drones suicidas, como se pode observar nos conflitos a ocorrer atualmente. Este estudo partiu da análise sistemática de vários sistemas anteriormente mencionados e analisados, cujas características técnicas evidenciam um avanço substancial em termos de letalidade, furtividade e alcance operacional.

Os resultados obtidos revelam que a maioria das *loitering munitions* analisadas possui assinatura radar inferior a 0.1 m² e capacidades de navegação autónoma, dificultando a sua deteção por radares convencionais como o P-STAR. A comparação com sistemas modernos como o GM200 demonstrou a importância de sensores com elevada sensibilidade, bem como a integração com meios de tiro eficazes e reativos, como o *RapidRanger*. A utilização complementar de guerra eletrónica, nomeadamente através dos empasteladores SPG testados no exercício ARTEX25, mostrou-se eficaz na neutralização de drones em condições reais, embora com limitações relativas ao raio de ação e à cobertura angular.

Face ao exposto, a proteção antiaérea ao nível de Brigada deve ser pensada como um sistema integrado e escalonado, que combine sensores 3D de alta resolução, plataformas móveis de tiro, sistemas de guerra eletrónica e vigilância distribuída. Apenas através da interoperabilidade e da redundância de meios será possível garantir resposta eficaz a ameaças assimétricas e tecnologicamente sofisticadas.

Do ponto de vista institucional, este trabalho contribui para o reforço do debate doutrinário em torno das capacidades C-UAS em Portugal, fornecendo dados comparativos, *benchmarks* operacionais e sugestões concretas sobre a adequação dos meios em aquisição no âmbito da LPM. A análise crítica aos sistemas existentes e futuros permite sustentar decisões estratégicas de investimento, planeamento de forças e organização tática, procurando colmatar todas as lacunas que a AAA do Exército Português possa vir a ter contra estas ameaças.

Contudo, importa reconhecer as limitações do presente estudo, nomeadamente: a dificuldade em obter dados classificados ou técnicos detalhados sobre RCS e impacto destrutivo real de alguns sistemas; a impossibilidade de realizar ensaios com *loitering munitions* reais; e a necessidade de maior acompanhamento de exercícios táticos integrados com todos os meios C-UAS.

Neste sentido, propõe-se desenvolvimentos futuros como realizar exercícios táticos com cenários integrados, avaliando a resposta coordenada entre empasteladores, radares e

sistemas de tiro, permitindo uma análise realista da eficácia C-UAS em diferentes ambientes operacionais. Desenvolver estudos de custo-benefício entre diversas soluções C-UAS, tendo em consideração critérios como eficácia, portabilidade, autonomia, facilidade de operação e custo unitário de aquisição e manutenção. Modelar o posicionamento ideal de empasteladores SPG em ambientes diversos (urbano, rural, montanhoso), com base na geometria do terreno, barreiras físicas e raio de atuação. Investigar os efeitos colaterais da emissão de interferência, nomeadamente sobre comunicações amigas, sistemas GNSS próprios e ambiente civil, de modo a definir critérios seguros de empenhamento. Explorar a integração com sensores passivos, como acústicos, ótico-eletrónicos ou térmicos, para ativação reativa ou assistida dos SPG, aumentando a eficácia em contextos de deteção difícil.

Propõe-se atualizar o quadro orgânico para que estes possam integrar unidades com empasteladores e, sucessivamente, formar operadores que posteriormente fossem capazes de fornecer defesa de pontos estratégicos ou de alta importância. Promover treinos conjuntos com outras capacidades da AAA, incluindo observadores avançados, radares de aquisição e sistemas, assegurando sinergia entre sensores e meios de neutralização. Empregar os SPG como proteção ativa de UAS, especialmente durante o lançamento ou recuperação, criando interferência temporária contra ameaças inimigas. Atualizar os manuais de emprego e doutrina nacional com base nas normas ATP 3-01.81, adaptando os procedimentos de guerra eletrónica a diferentes níveis operacionais e realidades do Exército Português. Estas recomendações visam não só reforçar a capacidade C-UAS do Exército Português, como também fomentar a modernização doutrinária e operacional face à evolução da ameaça aérea de baixa assinatura. A integração eficaz dos SPG contribuirá para uma defesa antiaérea mais resiliente, flexível e ajustada às exigências do campo de batalha contemporâneo.

A realização deste trabalho representou também uma experiência pessoal e profissional de elevada exigência e profundo crescimento. Em termos pessoais, constituiu uma oportunidade de aplicar de forma crítica os conhecimentos adquiridos ao longo da formação, desenvolvendo competências de análise, planeamento e resiliência investigativa. Em termos profissionais, permitiu compreender melhor os desafios da defesa antiaérea moderna, o funcionamento dos sistemas de armas e sensores, e a necessidade de permanente atualização e espírito de inovação. Mais do que uma investigação académica, esta foi uma missão de contributo para a melhoria das capacidades do Exército Português e da sua preparação para os conflitos do presente e do futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AeroVironment. (2023). *Switchblade 600 datasheets*. <https://www.avinc.com>
- ATP 3-01.81 Counter-Unmanned Aircraft System. Washington D.C.
- Barros, J., Henriques, J., Reis, J., Rosado, D. P., & Melão, N. (2024). Unmanned Aerial Systems: A Systematic Literature Review. Em Á. Rocha, C. Ferrás, J. Hochstetter Diez, & M. Diéguez Rebolledo (Eds.), *Information Technology and Systems* (Vol. 932, pp. 82–93). Springer Nature Switzerland.
- Birch, G. C., Griffin, J. C., & Erdman, M. K. (2015). *Uas detection classification and neutralization: Market survey 2015* (No. SAND2015-6365). Sandia National Lab. (SNL-NM), Albuquerque, NM (United States).
- Bode, I. (2023). Loitering Munitions and Unpredictability: Autonomy in weapon systems and Challenges to human control - AutoNorms. <https://www.autonorms.eu/loitering-munitions-and-unpredictability-autonomy-in-weapon-systems-and-challenges-to-human-control/>
- Bode, I. (2023). Loitering munitions and unpredictability: Autonomy in weapon systems and challenges to human control. AutoNorms. <https://www.autonorms.eu>
- Breiner, J., & Ferran, M. (2024). L-297 Loitering Munitions. Munitions Safety Information Analysis Center (MSIAC). Disponível em <https://www.msiac.nato.int/publication/l-297-loitering-munitions/>
- Breiner, J., & Ferran, M. (2024). *L-297 Loitering Munitions*. *Munitions Safety Information Analysis Center* (MSIAC), NATO.
- Bronk, J., & Watling, J. (2023). The role of Shahed drones in Russian strike strategy. Royal United Services Institute. <https://rusi.org>
- Bronk, J., & Watling, J. (2024). Mass Precision Strike: Designing UAV Complexes for Land Forces.
- Chapple, A. (2022). *The Militarization of Commercial Drones: A Growing Threat*. *Defense Studies Journal*.
- Ciolponea, C. A., & Bârsan, G. (2022). NATO corps HQ–land component–integration of unmanned aerial vehicles (uavs). *Land forces academy review*, 27(4), 323-332.
- Cole, C. (2023). *Loitering munitions – Drone Wars UK*. Drone Wars UK.

Copilot. (2025). *Classificação técnica do impacto destrutivo de munições: proposta baseada em energia cinética e efeitos balísticos*. Adaptado de International Ammunition Technical Guidelines (IATGs) e Instituto Militar de Engenharia (IME), Brasil.

Credence Research. (2025). *Loitering Munition Market Size, Growth, Share and Forecast 2032*. Recuperado de <https://www.credenceresearch.com/report/loitering-munition-market>

Creswell, J. W. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE.

Creswell, J., & Creswell, D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. (5a) SAGE Publications.

Dalfovo, M. S., Lana, R. A., & Silveira, A. (2008). *Métodos quantitativos e qualitativos: Um resgate teórico*. Seminário de Pesquisa.

Dantas, D. E. de Q. (2021). *Emprego de Loitering Munition no Escalão Artilharia de Campanha*. Exército brasileiro.

Dantas, D. E. Q. (2023). *Emprego de loitering munition no escalão artilharia de corpo do Exército* [Trabalho de especialização, Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes]. Exército Brasileiro.

Defence Industry Europe. (2024). *Air defence: Portugal orders ForceShield VSHORAD system from Thales*. <https://defence-industry.eu/air-defence-portugal-orders-forceshield-vshorad-system-from-thales/>

Department of the Army. (2025). *ATP 3-01.81 – Counter-Unmanned Aircraft System (C-UAS) Operations*. Headquarters, Department of the Army.

Diário da República. (2023). *Lei Orgânica n.º 1/2023 – Lei de Programação Militar*. Lisboa: Assembleia da República.

Diário de Notícias. (2023). *Portugal quer comprar 36 equipamentos militares de artilharia até 2034*. <https://www.dn.pt/politica/portugal-quer-comprar-36-equipamentos-militares-de-artilharia-ate-2034-17347127.html>

Ehredt, D. (2010). NATO-Joint Air Power Competence Centre. *UAS Yearbook-UAS: The Global Perspective*, 8, p. 61.

Estado Maior do Exército [EME]. (2016b). Quadro Orgânico 09.04.07. Bateria de Artilharia Antiaérea (BAAA) Santa Margarida. Exército Português.

Estado Maior do Exército [EME]. (2019). Quadro Orgânico 09.03.07. Grupo de Artilharia Antiaérea (GAAA) Queluz. Exército Português.

Estado-Maior do Exército [EME]. (2016). *PDE 3-37-00 – Tática de Artilharia Antiaérea*. Lisboa: Estado-Maior do Exército

EuroDefense Portugal. (2022). *Veículos Aéreos Não Tripulados (Drones): Conceito, História e Desafios*. Disponível em https://eurodefense.pt/wp-content/uploads/2023/01/20230126_Ve%C3%ADculos-a%C3%A9reos-n%C3%A3o-tripulados-drones.pdf

Garcia-Marques, L., & Bártolo-Ribeiro, R. (2020). *Métodos de investigação em psicologia social e cognitiva*. Climepsi Editores.

Gettinger, D., & Michel, A. H. (2015). Drone sightings and close encounters: An analysis. *Center for the Study of the Drone, Bard College, Annandale-on-Hudson, NY, USA*.

Gettinger, D., & Michel, A. H. (2017). Loitering munitions. *Center for the Study of the Drone*.

Hancock, D. R., & Algozzine, B. (2006). *Doing case study research: A practical guide for beginning researchers*. Teachers College Press.

Israel Aerospace Industries (IAI). (2023). HAROP Loitering Munition. <https://www.iai.co.il/p/harop>

Joint Chiefs of Staff. (2013). *Joint Targeting (JP 3-60)*. U.S. Department of Defense. https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/FOID/Reading%20Room/Joint_Staff/21-F-0520_JP_3-60_9-28-2018.pdf

KS, N. P., Jatkar, M., Kumar, P., Arya, P., Kumari, J., & Garg, A. (2024). Military Grade FPV Drone for Enemy Recognition: Precision. In *2024 International Conference on Emerging Technologies and Innovation for Sustainability (EmergIN)* (pp. 589-594). IEEE.

Lusa. (2024). *Portugal quer comprar 36 equipamentos militares de artilharia até 2034*. Diário de Notícias. <https://www.dn.pt/politica/portugal-quer-comprar-36-equipamentos-militares-de-artilharia-ate-2034>

Martins, H. H. T. S. (2004). Metodologia qualitativa de pesquisa. *Educação e Pesquisa*, 30(2), 289-300.

Matias, G. (2016). Critérios de regulamentação-base aplicável à operação das aeronaves não tripuladas (Drones) em espaço aéreo nacional [MasterThesis, ISEC]. Repositório Institucional do Instituto Superior de Educação e Ciências.

Missile Defence Advocacy Alliance. (2024). *FIM-92 Stinger*. 3M22 Zircon. missiledefenseadvocacy.org

National Institute of Standards and Technology (NIST). (2020). *Engineering-Based Threat Modeling Methodology for Cyber-Physical Systems*. U.S. Department of Commerce.

NATO Allied Command Transformation. (2021). *Allied Command Transformation and innovation: Advancing NATO's strategic edge*. North Atlantic Treaty Organization. <https://www.act.nato.int/article/act-advancing-sda/>

NATO Allied Command Transformation. (2021). *Harnessing artificial intelligence: Allied Command Transformation at the forefront*. North Atlantic Treaty Organization. <https://www.act.nato.int/article/harnessing-artificial-intelligence/>

NATO Standardization Office. (2017). *STANAG 4586: Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability – AEP-84 Edition A (4^a ed.)*. NATO. <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards/stanag-details/8989/EN>

NATO. (2014). *ATP-3.3.7 – Guidance for the Training of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Operators* (Edition B, Version 1). North Atlantic Treaty Organization.

NATO. (2021). *A New Munitions Taxonomy: Categorizing Advanced Weapons for Robust Analysis*.

NATO. (2022). *Human Systems Integration Guidance for Unmanned Aircraft Systems* (AEP-4685, Edition A, Version 1). North Atlantic Treaty Organization. https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc394/p814998_A1b.pdf

NATO. (2023). *Russian War against Ukraine: Lessons Learned Curriculum Guide*. NATO Headquarters, Brussels. https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_221175.htm

NATO. (2024). *Emerging and disruptive technologies*. North Atlantic Treaty Organization. https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm

Neves, I. A. C. (2024). *O papel da Artilharia Antiaérea na NATO: Caso de Estudo - Exército Português*. Academia Militar.

Oliveira, M. J. L. (2022). Conflito Rússia-Ucrânia: Lições Aprendidas para a Defesa Antiaérea e a Defesa do Litoral. *Revista Doutrina Militar Terrestre*, 10(31), 12-17.

Oliveira, U. R. R. D. (2016). A Disputa entre a Rússia e a Ucrânia pela Região da Crimeia. [Master Thesis, Academia Militar]. Repositório Institucional da Academia Militar.

Quivy, R., & Campenhoudt, L. (1998). *Manual de investigação em ciências sociais* (2.^a ed.). Gradiva.

Rosado, D. P. (2017). *Elementos Essenciais de Sociologia Geral* (1a). Gradiva.

Samuel, M. T. (2023). *The Israel-Hamas War: Historical Context and International Law*. *Middle East Policy*, 30(4), 3–9. <https://doi.org/10.1111/mepo.12723>

Santos, L. A. B., Lima, J. M. M. V., Garcia, F. M. G., Monteiro, F. T., Silva, N. M., Silva, J. C., Santos, R. J. R. P., Afonso, C. F. N., & Piedade, J. C. (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação* (2.^a ed.). Instituto Universitário Militar. US Army. (2017).

Sousa, J., & Rebelo, O. (2017). Sistemas de AAA – Míssil e Radar. Boletim da Artilharia Antiaérea, n.º 17(II Série), 29-35.

Swatter Company. (2024). *Swatter Portable Gun – SPG Brochure*. <https://www.swattercompany.com>

Tachinina, O., Lysenko, A., & Kutieпов, V. (2022). Classification of modern unmanned aerial vehicles. *Electronics and Control Systems*, 4(74), 79-86.

Thales Group. (2019). *RAPIDRanger – Mobile Integrated Defence*. <https://www.thalesgroup.com>

Thales Group. (2024). *Ground Master 200 Datasheet*.

Thales. (2024). *Thales reforça a capacidade de defesa aérea de Portugal*. AICEP Portugal Global. <https://portugalglobal.pt/pt/noticias/2024/novembro/thales-reforca-a-capacidade-de-defesa-aerea-de-portugal/>

The War Zone. (2023). Russia's kamikaze drone strategy in Ukraine. TheDrive.com.

The War Zone. (2023). *Switchblade in Ukraine*. TheDrive.com. <https://www.thedrive.com/the-war-zone>

U.S. Army. (2005). *Army Regulation 5-1: Total Army Analysis and DOTMLPF Integration*. Department of the Army.

United24 Media. (2024). *Ukraine unveils Bulava AI suicide drone to target Russian air defenses*. Disponível em: <https://united24media.com/latest-news/ukraine-unveils-bulava-ai-suicide-drone-to-target-russian-air-defenses-and-armor-6109>

UVision Air Ltd. (n.d.). *Hero-400EC – Loitering Munition System*. <https://uvisionuav.com>

Vergouw, B., Nagel, H., Bondt, G., & Custers, B. (2016). Drone Technology: Types, Payloads, Applications, Frequency Spectrum Issues and Future Developments. Em 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

Vieira Borges, J. (2024). *A guerra na Ucrânia e o Poder Terrestre*. Jornal do Exército.

Voskuijl, M. (2022). Performance analysis and design of loitering munitions: A comprehensive technical survey of recent developments. *Defence Technology*, 18(3), 325-343. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2021.08.010>

Watling, J., & Bronk, J. (2024). *Protecting the Force from Uncrewed Aerial Systems*. Royal United Services Institute (RUSI). <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/occasional-papers/protecting-force-uncrewed-aerial-systems>

Yaacoub, J.P., Noura, H., Salman, O., & Chehab, A. (2020). Security analysis of drone systems: Attacks, limitations, and recommendations. *Internet of Things*, 11, 100218. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100218>

Yin, R. (2003). *Case Study Research: Design and Methods*. (3a, Vol. 5). SAGE Publications.

Yin, R. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (Sixth edition). SAGE.

APÊNDICES

Apêndice A– Declaração de Consentimento Informado

Termo de consentimento de entrevista por escrito,

Este documento tem como objetivo esclarecer as condições de participação numa entrevista por escrito, à Aspirante de Artilharia Bárbara Cabaço Cabral, tendo em vista a elaboração do Trabalho de Investigação Aplicada (TIA), integrado no 5.º ano do Mestrado em Ciências Militares, na Especialidade de Artilharia da Academia Militar, intitulado de “Emprego tático de drones suicidas – *loitering munitions*: Análise na perspetiva das necessidades de proteção antiaérea.”

O presente TIA tem como objetivo geral classificar a tipologia de drones suicidas e identificar as necessidades de proteção para este novo tipo de ameaça. O mesmo está a ser conduzido com o orientador Tenente-Coronel de Artilharia Nuno Miguel Cirne Serrano Mira e com o coorientador Capitão de Artilharia Artur Jorge Abreu Varanda.

Com esta declaração, concordo em participar na entrevista, definida por um conjunto de questões. A participação na entrevista é voluntária. Autoriza o uso do seu nome, ocupação profissional, tratamento e utilização dos dados fornecidos, única e exclusivamente no âmbito académico para este TIA.

No final, os resultados estarão disponíveis para consultada no Repositório Comum da biblioteca da Academia Militar, ou de forma direta através do investigador. Li e compreendi os pontos da declaração, e aceito participar na entrevista.

Após a investigação, os resultados poderão ser consultados através do investigador ou do Repositório Comum da biblioteca da Academia Militar.

Assinatura do Participante:

Agradeço a sua disponibilidade e colaboração

Aspirante a Oficial de Artilharia Bárbara Cabaço Cabral

Contacto: cabral.bc@academiamilitar.pt / +351 912 408 381

Apêndice B – Guião do Inquérito por Entrevista A

Objetivo: Recolher dados técnicos sobre a *Loitering Munition “Elanus”* com vista à sua análise táctica e cruzamento com necessidades de proteção antiaérea.

Entrevistado: _____

Empresa: _____

Data: _____

Local: _____

CARACTERÍSTICAS GERAIS

- 1) Que tipos ou categorias desenvolvem ou comercializam?
- 2) Qual o peso total da munição? E da carga explosiva?
- 3) Qual é o alcance operacional (distância e tempo de voo)?
- 4) Que altitudes mínimas e máximas operam?

PROPULSÃO E ASSINATURA

- 1) Qual o tipo de propulsão utilizado (elétrico, combustão, híbrido)?
- 2) Há alguma estimativa da assinatura acústica (nível sonoro)?
- 3) Qual a assinatura térmica e radar típica? Há materiais *stealth*?

NAVEGAÇÃO E CONTROLO

- 1) Que sistemas de navegação utilizam? (GPS, INS, visual, RTK...)
- 2) Há navegação alternativa em caso de perda de GPS?
- 3) Existe operação totalmente autónoma? Ou exige comunicação contínua com o operador?
- 4) Que tipo de enlace de dados usam (frequência, encriptação, alcance)?

SENSORES E AQUISIÇÃO DE ALVO

- 1) Que sensores estão embarcados (EO/IR, RF, LIDAR...)?
- 2) Qual a resolução dos sensores? Permite identificar alvos pequenos?
- 3) Consegue seguir alvos em movimento?
- 4) Qual a distância máxima de deteção eficaz?

GUIAGEM FINAL E PRECISÃO

- 1) Como é feita a guiagem na fase final (sensor, laser, coordenadas)?
- 2) É possível alterar o alvo em pleno ataque?

- 3) Existe comando de cancelamento (*abort*) antes do impacto?
- 4) Qual é a precisão esperada (CEP)?

OPERAÇÃO E INFRAESTRUTURA

- 1) Quantos operadores são necessários para operar o sistema?
- 2) É possível controlar várias LM em simultâneo (multi-drone)?
- 3) Que tipo de plataforma ou infraestrutura é necessária para lançamento?
- 4) Que medidas de proteção contra interferência têm (*anti-jamming*, *anti-spoofing*)?
- 5) Qual o comportamento programado em caso de falha de comunicações?
- 6) É possível operar em ambientes urbanos ou com obstáculos?

LOGÍSTICA E CICLO DE VIDA

- 1) Qual é o tempo médio de preparação para lançamento?
- 2) As munições ou carga, são completamente descartáveis ou parcialmente reutilizáveis?
- 3) Que tipo de manutenção ou apoio técnico é necessário?

DESENVOLVIMENTO FUTURO

- 1) Que tendências tecnológicas estão a ser exploradas?
- 2) Estão a integrar IA nos vossos sistemas? Com que finalidades?
- 3) Há integração com tecnologias de guerra eletrónica ou ciberdefesa?

Notas Adicionais / Observações:

Apêndice C – Guião do Inquérito por Entrevista B

Roteiro de Entrevista – FPV

Objetivo: Recolher dados técnicos sobre os FPV, com vista à sua análise táctica e cruzamento com necessidades de proteção antiaérea.

Entrevistado: _____

Empresa: _____

Data: _____

Local: _____

CARACTERÍSTICAS GERAIS

- 1) Que tipos ou categorias desenvolvem ou comercializam?
- 2) Qual o peso total do equipamento?
- 3) Qual é o alcance operacional (distância e tempo de voo)?
- 4) Que altitudes mínimas e máximas operam?

PROPULSÃO E ASSINATURA

- 1) Qual o tipo de propulsão utilizado (elétrico, combustão, híbrido)?
- 2) Há alguma estimativa da assinatura acústica (nível sonoro)?
- 3) Qual a assinatura térmica e radar típica? Há materiais *stealth*?

NAVEGAÇÃO E CONTROLO

- 1) Que sistemas de navegação utilizam? (GPS, INS, visual, RTK...)
- 2) Há navegação alternativa em caso de perda de GPS?
- 3) Existe operação totalmente autónoma? Ou exige comunicação contínua com o operador?
- 4) Que tipo de enlace de dados usam (frequência, encriptação, alcance)?

SENSORES E AQUISIÇÃO DE ALVO

- 1) Que sensores estão embarcados (EO/IR, RF, LIDAR...)?
- 2) Qual a resolução dos sensores? Permite identificar alvos pequenos?
- 3) Consegue seguir alvos em movimento?
- 4) Qual a distância máxima de deteção eficaz?

GUIAGEM FINAL E PRECISÃO

- 1) Como é feita a guiagem na fase final (sensor, laser, coordenadas)?

- 2) É possível alterar o alvo em pleno ataque?
- 3) Existe comando de cancelamento (*abort*) antes do impacto?
- 4) Qual é a precisão esperada (CEP)?

OPERAÇÃO E INFRAESTRUTURA

- 1) Quantos operadores são necessários para operar o sistema?
- 2) É possível controlar várias LM em simultâneo (multi-drone)?
- 3) Que tipo de plataforma ou infraestrutura é necessária para lançamento?

PROTEÇÃO E CONTRAMEDIDAS

- 1) Que medidas de proteção contra interferência têm (*anti-jamming, anti-spoofing*)?
- 2) Qual o comportamento programado em caso de falha de comunicações?
- 3) É possível operar em ambientes urbanos ou com obstáculos?

LOGÍSTICA E CICLO DE VIDA

- 1) Qual é o tempo médio de preparação para lançamento?
- 2) As munições ou cara, se puser levar, são completamente descartáveis ou parcialmente reutilizáveis?
- 3) Que tipo de manutenção ou apoio técnico é necessário?

DESENVOLVIMENTO FUTURO

- 1) Que tendências tecnológicas estão a ser exploradas?
- 2) Estão a integrar IA nos vossos sistemas? Com que finalidade?
- 3) Há integração com tecnologias de guerra eletrónica ou ciberdefesa?

Notas Adicionais / Observações:

Apêndice D – Apresentação das Respostas do Inquérito por Entrevista A

CARACTERÍSTICAS GERAIS
UAS 3 tipos LAM apenas o Elanus.
8KG carga 2 a 3KG.
50 a 100KM depende da carga.
10000ft.
PROPULSÃO E ASSINATURA
Elétrica.
ND.
ND.
NAVEGAÇÃO E CONTROLO
GNSS, <i>Strong</i> GPS e <i>Visual navigation</i> .
Sim <i>visual navigation system</i> .

Sim existe.
ND.
SENSORES E AQUISIÇÃO DE ALVO
EO/IR Radar.
ND.
ND.
ND.
GUIAMENTO FINAL E PRECISÃO
Sensor coordenadas.
Sim.
Sim.
ND.
OPERAÇÃO E INFRAESTRUTURA
1 ou 2.

Sim
Lançador pneumático
PROTEÇÃO E CONTRAMEDIDAS
Stromcomm multibanda.
ND
TBD
LOGÍSTICA E CICLO DE VIDA
2 minutos.
ND.
ND.
DESENVOLVIMENTO FUTURO
ND.
Sim, ND.
ND.

Apêndice E – Apresentação das Respostas do Inquérito por Entrevista B

CARACTERÍSTICAS GERAIS
Até ao momento, a Beyond Vision tem-se focado no desenvolvimento e comercialização de aeronaves de classe C3 (peso máximo à decolagem inferior a 25kg e envergadura inferior a 3 metros). O drone mini-quad FPV (BVQ407) insere-se nesta categoria, sendo o exemplar mais compacto desenvolvido pela empresa.
O BVQ407 na sua configure base possui um peso aproximado de 2,2kg, tendo um peso máximo à decolagem de 7kg.
O BVQ407 possui um alcance de 4km (confirmados em condições reais) em que garante a chegada de vídeo para a câmara de pilotagem. No entanto, para missões auxiliadas por câmaras de <i>payload</i> , em que não existe uma necessidade clara do uso da câmara de pilotagem, o alcance estende-se até aos 10km com vídeo e controlo direto sobre o drone. O tempo de voo máximo (sem qualquer <i>payload</i>) é de 30 minutos.
O BVQ407 não possui altitude mínima de operação projetada. Em condições reais, o drone já operou a uma altitude de 1000m, sendo, no entanto, capaz de operar em altitudes superiores a 3000m
PROPULSÃO E ASSINATURA
O BVQ407 possui um sistema de propulsão totalmente elétrico, alimentado por uma bateria de iões de lítio.
Não foram ainda realizados testes para a caracterização da assinatura acústica.
Devido às suas dimensões reduzidas (diagonal inferior a 50cm), em que a parte central possui dimensões aproximadas de 9x21cm, não é esperada a existência de uma assinatura de radar consistente para as altitudes de operação típicas (>200m). No entanto, não foram ainda realizados testes para a caracterização das assinaturas térmica e de radar. Na construção atual do BVQ407 não foram utilizados materiais <i>stealth</i> .
NAVEGAÇÃO E CONTROLO
O BVQ407 utiliza o GPS+INS como fonte primária de navegação

Em caso de perda de GPS, o BVQ407 pode ser pilotado manualmente sem que a estabilidade do voo seja comprometida

Sim, o BV407 pode operar de forma completamente autónoma, não necessitando de qualquer link com a estação de controlo. Neste caso, o alcance poderá ser estendido para distâncias superiores aos 10km

O sistema de vídeo de pilotagem tem um alcance superior a 4km e funciona na gama de frequências 5.725-5.85GHz com transmissão digital de vídeo com encriptação proprietária por emparelhamento entre o transmissor e recetor, não permitindo o acesso externo aos dados do transmissor. Para o sistema de controlo do drone e *payloads* é usado um sistema a operar na frequência 2.4GHz ISM com encriptação AES-128-CTR entre o transmissor e recetor, previamente emparelhados

SENSORES E AQUISIÇÃO DE ALVO

O BVQ407 permite a adição de diversos sensores e atuadores, de acordo com as necessidades das operações, entre os quais câmaras giro-estabilizadas (ISR, térmicas, HD, ...) e sistema de largada de cargas atuado eletronicamente.

Atualmente, o BVQ407 já foi testado com sucesso com uma câmara giro estabilizada de alta resolução, com captura de vídeo em 4K, e uma câmara ISR com 40x zoom e transmissão de vídeo em FHD (1920x1080) para câmara visível e 640x480 para câmara térmica. Ambas permitem a identificação de alvos pequenos, no entanto, a câmara ISR é mais adequada para o efeito pela capacidade de amplificação ótica da imagem.

Sim, a câmara ISR permite o seguimento automático de alvos em movimento após instrução do piloto ou do operador de câmara para o fazer.

Dependendo das condições de amplificação e de visibilidade, a câmara ISR permite uma deteção eficaz até cerca de 2km do alvo.

GUIAMENTO FINAL E PRECISÃO

A guiagem do drone com a carga é feita com base em coordenadas.

Sim, em qualquer momento da missão o piloto ou o operador podem alterar ou alvo, desde que seja garantida a comunicação entre o drone e o piloto/operador. Caso o drone esteja em missão automática fora do alcance do comando de controlo, a operação não poderá ser alterada

Sim, a instrução pode ser cancelada em qualquer momento antes da sua execução, desde que seja garantida a comunicação entre o drone e o piloto/operador. Caso o drone esteja em missão automática fora do alcance do comando de controlo, a operação não poderá ser cancelada.

Garantindo a existência de GPS, a erro de largada de carga será inferior a 5m. No entanto, deverá ser ainda considerado o erro de deteção do alvo à distância (os resultados experimentais em situação real a 1km foi obtido um RMSE aproximado de 50m, inserindo-se assim na Cat.4 31-91m).

OPERAÇÃO E INFRAESTRUTURA

O sistema pode ser operado apenas pelo piloto do drone. No entanto, são recomendados 2 operadores: o piloto e o operador dos *payloads*.

Sim, mas serão necessárias adaptações à estação de controlo terrestre, uma vez que o controlo dos drones é feito numa arquitetura *peer-to-peer*.

Não é necessária qualquer infraestrutura para lançamento. O drone pode ser lançado de qualquer estrutura estática e, idealmente, não metálica.

PROTEÇÃO E CONTRAMEDIDAS

O sistema de posicionamento não possui módulo de proteção contra *jamming* ou *spoofing* de GPS, no entanto, estes são detetáveis e o drone passará para um modo de operação que não confia nesses sinais. Para comunicações, tanto para o sistema de vídeo de pilotagem como de controlo são encriptados e emparelhados com sistemas de *frequency hopping* para procurar a banda com menor interferência.

O comportamento por defeito consiste no retorno ao local de lançamento. No entanto, o drone poderá ser configurado para apenas aterrar no local ou ficar estacionário (até recuperar a comunicação). Para modos automáticos fora do alcance das comunicações, o drone pode ser configurado para ignorar a perda de comunicações e continuar a missão para a qual foi programado.

As munições ou carga, se puder levar, são completamente descartáveis ou parcialmente reutilizáveis? R: O BVQ407 tem a capacidade de transportar cargas e largar durante o voo. O sistema de largada é reutilizável.

A operação do BVQ407 deverá seguir as especificações e diretivas constantes nos respetivos manuais, requerendo o conhecimento de operação básica de drones. A

manutenção do sistema requer apenas atenção para os sistemas de alimentação (baterias) e para componentes de desgaste, como as hélices.

É possível operar em ambientes urbanos ou com obstáculos? R: Sim, mas o drone não possui sensores para prevenir colisões na sua configuração base. A navegação será da responsabilidade do piloto de acordo com os dados recolhidos pelas câmaras.

LOGÍSTICA E CICLO DE VIDA

Qual é o tempo médio de preparação para lançamento? Que tipo de manutenção ou apoio técnico é necessário? R: A operação do BVQ407 deverá seguir as especificações e diretivas constantes nos respetivos manuais, requerendo o conhecimento de operação básica de drones. A manutenção do sistema requer apenas atenção para os sistemas de alimentação (baterias) e para componentes de desgaste, como as hélices.

DESENVOLVIMENTO FUTURO

A Beyond Vision está a explorar sistemas não tripulados com sistema de alimentação híbrido (elétrico, combustão e hidrogénio). Para navegação, estão também a ser estudadas alternativas ao posicionamento global sem recurso a sinais de GPS.

Sim, os sistemas da Beyond Vision possuem uma componente de IA para aplicações mais avançadas como a deteção de alvos e o respetivo seguimento. Além disso, a deteção de padrões ou POI (pontos de interesse) é também baseada em IA

Os desenvolvimentos a decorrer incluem a integração de sistemas *de anti-jamming e anti-spoofing* de GPS, bem como de sistemas de encriptação de dados de comunicação. Notas Adicionais / Observações: O BVQ407 possui uma configuração base que permite a integração de diversos sensores e atuadores, de acordo com as necessidades específicas de cada operação. Além disso, os sistemas de navegação e de propulsão são modulares, o que permite a sua troca por elementos mais baratos e/ou mais avançados ao longo do tempo. A nível estrutural, os materiais usados poderão ser também configurados desde que a estabilidade da estrutura não seja comprometida.

Apêndice F – Síntese das informações recolhidas na observação direta

Entrevistado	Contexto / Exercício	Função / Perfil	Tema Principal	Síntese da Resposta
Entrevistado A	Campo Militar de Santa Margarida	Engenheiro de sistemas de defesa (<i>Loitering Munition</i>)	Emprego e integração tática de LM	A <i>loitering munition</i> demonstrada operava integrada com um drone ISR e foi concebida para missões de ataque de precisão com lançamento por catapulta; o sistema não é recuperável.
Entrevistado B	Vendas Novas	Engenheiro de desenvolvimento (Drone FPV)	Capacidades técnicas e táticas do FPV	Destacou-se a elevada manobrabilidade e letalidade do FPV, bem como o desafio da sua deteção por radar; os custos variam entre 1.000 e 2.500€, dependendo do nível de integração.
Entrevistado C	ARTEX25 (SPG)	Técnico de guerra eletrónica (SPG)	Efetividade dos <i>jammers</i> SPG	O SPG é eficaz entre os 300 e 500 m com linha de visão direta. A sua modularidade permite adaptação tática, mas a eficácia reduz-se com obstáculos físicos ou rotas inesperadas.
Entrevistado D	RAAA1 (Conversa informal)	Comandante do Regimento de Artilharia Antiaérea n.º 1	Armamento AA em Portugal: atual e futuro	Foi abordado o inventário atual da Artilharia Antiaérea nacional, com destaque para os sistemas <i>Stinger</i> e P-STAR, e mencionada a futura integração dos sistemas GM200 e <i>RapidRanger</i> , no âmbito da LPM, reforçando a capacidade C-UAS.

ANEXOS

Anexo A – Folheto Técnico do *RapidRanger* da Thales

thalesgroup.com/uk

THALES

RAPIDRanger Mobile Integrated Defence



RAPIDRanger

Mobile Integrated Defence



MULTI MISSION FORCE PROTECTION

Threats to civilians and military forces are changing and the diversity of these threats can only be defeated by truly flexible and rapidly deployed defence and security systems.

RAPIDRanger is a unique lightweight, vehicle based, highly automated system capable of delivering a rapid reaction response to threats from the air or the ground.

APPLICATIONS

RAPIDRanger can be integrated into a network enabled force structure and be coordinated with Early Warning Command and Control (C2) systems, or it can operate in an autonomous mode for specific missions.

When using the STARStreak missile with its extremely fast time of flight, a variety of threats can be defeated from head on or fast crossing aerial targets, to targets such as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and helicopters. When used with the LMM a capability is provided to defeat surface targets such as Light Armoured Vehicles (LAVs), trucks and fixed installations and aerial targets such as UAVs. Both missiles utilise the Thales laser beam riding guidance system.

With the increasing need for Force Protection against conventional and asymmetric threats, RAPIDRanger provides the multi-mission effects demanded by modern forces.

The system weighs less than 500 kg, and being of modular design, can be fitted to many types of wheeled or tracked vehicles. The RAPIDRanger open architecture enables the integration of a range of missiles from the highly effective STARStreak Air Defence Missile to anti-armour missiles and rockets.

The main components of the system are a servo driven turret and the weapon's operator Human Machine Interface (HMI). The turret houses the Stabilised Sight Head (SSH), and supports two missile panniers. The SSH contains Daylight and Thermal Imaging cameras, integrated with an Automatic Target Tracker (ATT), laser guidance unit to support STARStreak and LMM and optional laser rangefinder.

The RAPIDRanger is designed to include an integral 360° surveillance sensor - either a passive Infra Red Search and Track (IRST) or integrated Surveillance and Track Radar which provides the RAPIDRanger with completely autonomous system operation.

FEATURES & BENEFITS

- Lightweight design and capable of being integrated on a wide range of vehicles
- Ease of transport and deployment
- Network Enabled or can also operate in autonomous mode
- Multi-missile turret - surface to air/surface to surface
- Minimal reaction times with automatic slew to cue
- Latest generation Thermal Imager (TI) and daylight TV cameras for 24 hour operation
- Easy to use – incorporating the latest Automatic Target Tracking (ATT)
- Built in training and test
- In service HMI

SPECIFICATIONS

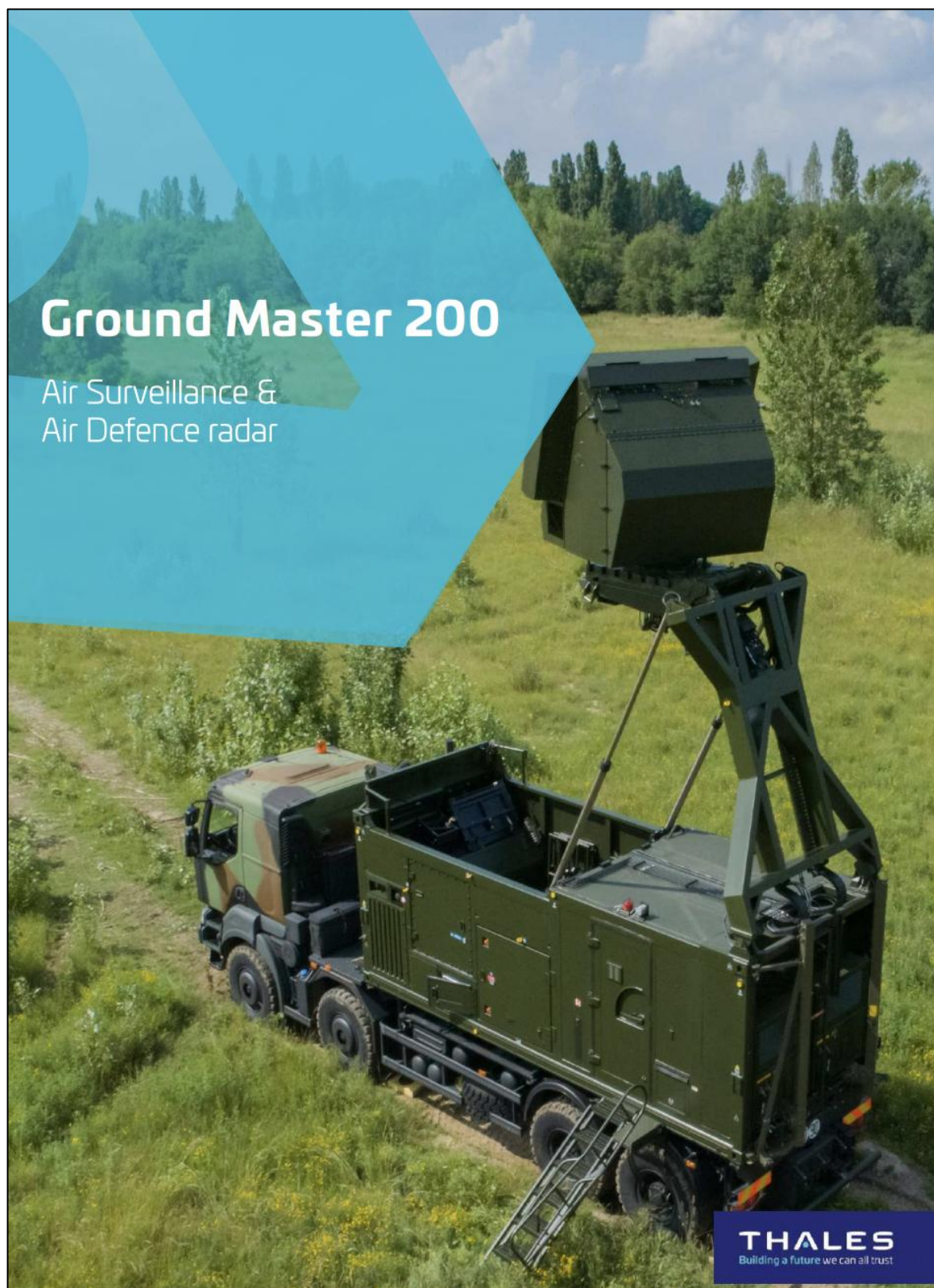
- Launcher weight <500 kg
- C130 transportable
- Range of target detection >15 km
- Range of target kill >7 km
- TI Camera 3-5 μm or 8-12 μm FPA
- Daylight TV Camera 2/8° FOV
- Reaction times <5 sec



Alanbrooke Road, Castlereagh, Belfast, BT6 9HB
Tel: +44 (0)28 9046 5200 – Fax: +44 (0)28 9046 5201 – > thalesgroup.com <



Anexo B – Folheto Técnico do GM200 da Thales



Watching your back while moving forward

Ground Master 200



Outstanding Detection Performance

Detect without compromise

- Track of all threats at the same time: fighters, missiles, ships, UAVs, hovering and pop-up helicopters, rocket/artillery/mortar
- Excellent sensors for Ground Based Air Defence (GBAD) systems
- Obtain a clear view with 8-meter-high antenna
- Eliminate clutter with an extended time-on-target
- Augment your situational awareness with integrated IFF featuring certified Mode 5



Easy to Deploy and Operate

Move without constraint

- One single 20 ft ISO package with mast, antenna, power generator unit (24-hour autonomy) and two operator consoles
- Superior survivability with truck-mounted configuration deployed in 15 min
- Immediate operation with only 2 operators and fast on-boarding training

Easy to Integrate and Maintain

Operate without limit

- Already integrated with more than 10 Air Surveillance and GBAD Systems
- More than 35 countries trust Ground Master Radars

Detection Domain

- Instrumented range:
 - 250 km Surveillance
 - 100 km Engagement
- Ceiling: up to 80,000 feet
- Elevation coverage: 70°
- Speed domain: 15 - 1,200 m/s
- Surface Channel

Key Features

- Gallium-Nitride S-Band
- Update rate: 1.5 s / 3 s
- Digital stacked beam
- Full Doppler waveforms
- Windfarm filter
- Cyber secured
- MTBCF: up to 2,800 hours
- MTR: 30 min

Combat Proven

Trust without hesitation

- With more than 80 GM200 radars sold around the world, the GM200 continues to protect forces against new evolving threats in the most extreme climatic conditions

NOW YOU SEE IT



THALES LAS FRANCE SAS – Voie Pierre-Gilles de Gennes – Hameau de Roussigny – 91470 Limours Cedex – France

> thalesgroup.com <



©Thales 2024. All rights reserved. Thales, the Thales logo, are trademarks and service marks of Thales and are registered in certain countries. 21 March 2024.

Anexo C – Folheto Técnico do SPG



SPG VANGUARD SYSTEM KEEPING YOUR SITE SECURE



SPG^{Lite} Swatter Portable Gun

The Swatter Portable Gun lite version is a lightweight device with ergonomic features and a very cost-effective CUAS tool that can defeat drone threats. This is a more complex system with the ability to disrupt drone and GNSS communication signals, but also capable of being transformed from a mobile system into a static system to protect a site or vehicle on the move, thanks to the advantage of having quickly replaceable antennas.

Features

Benefits

Fast Deployment	The SPG is a critical layer of a CUAS strategy because it can be deployed in less than 10 seconds and can be integrated into a perimeter security system.
Communication Disruption	The SPG can be customized to disrupt any range of communication frequencies commonly used for commercial drones but also for other infrequently used frequencies.
GNSS Disruption	The SPG can disrupt all the Global Navigation Satellite Systems frequencies (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou and QZSS).
Mitigating the Threat	Immediately after the SPG transmission begins the drone threat loses the communication with the remote control and GNSS signals.
Portable	With 86cm long, < 6kg and no need for external power source (high-capacity battery pack).
Easy to use	Operators can be trained to its basic operation in a short time.

Applications

- Military Base
- Airports
- Prison Security
- Law Enforcement
- Public Events
- Convoy Security
- Border Control
- Critical Infrastructure

This document or communication containing Trade Secrets or Confidential Commercial or Financial Information of Swatter Company, shall not be duplicated, used, or disclosed in-whole or in-part for any unauthorized purpose. If you have received it in error, please notify info@swattercompany.com & delete the document.

www.swattercompany.com

The only handheld electronic defense solution capable of integrating with 3^a party systems and interchange quickly & efficiently from portable to a fixed system

Specifications

Size	86 cm L x 22.5 cm H x 6.1 cm (33.86" x 8.86" x 2.4").
Weight	5.5 kg (12.13 lbs).
Battery Type	Lithium battery pack (5000mAh – 25V).
Battery Endurance	Within 24h stand-by and 30 minutes on continuous transmission.
External Power	Supports external power for recharge and continuous operation.
Fixed Site Mounting Points (optional)	Optional Picatinny rail mounts on top and bottom to support rapid change of sights and accessories (laser and flashlight).
Command and Control Jamming Frequencies	Common frequencies are integrated (433MHz, 868MHz, 900MHz, 2.4GHz, 5.2GHz and 5.8GHz). Other customized frequencies.
GNSS Jamming Frequencies	Lower & Upper band frequencies (1,2GHz, and 1,5GHz).
Effectiveness	As a device with the flexibility to communicate with third party systems it becomes capable of mitigating threats even without having them in line of sight (e.g., receiving data from radar systems).
Quick Change Antenna	This feature enables the system to use different antenna types and to transform from a portable device into a mobile (installed into a vehicle) or deployable/fixed (installed into a turret) configuration by removing the directional antennas provided a use of mounting kit.



info@swattercompany.com | +351 961963433
+351 925311496

This document or communication containing Trade Secrets or Confidential Commercial or Financial Information of Swatter Company, shall not be duplicated, used, or disclosed in-whole or in-part for any unauthorized purpose. If you have received it in error, please notify info@swattercompany.com & delete the document.

www.swattercompany.com