



ACADEMIA MILITAR

A Ameaça Aérea Emergente: Novos Desafios Para a Artilharia Antiaérea

Aspirante a Oficial de Artilharia Bruno Jorge Nunes Gonçalves

Trabalho de Investigação Aplicada

Mestrado Integrado em Ciências Militares, na Especialidade de Artilharia

Orientadora: Professora Doutora Elisabete Sofia Nabais de Oliveira de Freitas e Menezes

Coorientador: Major de Artilharia Lúcio Manuel da Costa Lopes

Júri

Presidente: Professor Auxiliar Nuno Alexandre Antunes Martins Pessanha Santos

Arguente: Tenente-Coronel de Artilharia José Miguel Sequeira Maldonado

Orientadora: Professora Doutora Elisabete Sofia Nabais de Oliveira de Freitas e Menezes

Diretor de Curso: Tenente-Coronel Paulo Alexandre Siborro Alves

junho de 2024



ACADEMIA MILITAR

A Ameaça Aérea Emergente: Novos Desafios Para a Artilharia Antiaérea

Aspirante a Oficial de Artilharia Bruno Jorge Nunes Gonçalves

Trabalho de Investigação Aplicada

Mestrado Integrado em Ciências Militares, na Especialidade de Artilharia

Orientadora: Professora Doutora Elisabete Sofia Nabais de Oliveira de Freitas e Menezes

Coorientador: Major de Artilharia Lúcio Manuel da Costa Lopes

Júri

Presidente: Professor Auxiliar Nuno Alexandre Antunes Martins Pessanha Santos

Arguente: Tenente-Coronel de Artilharia José Miguel Sequeira Maldonado

Orientadora: Professora Doutora Elisabete Sofia Nabais de Oliveira de Freitas e Menezes

Diretor de Curso: Tenente-Coronel Paulo Alexandre Siborro Alves

junho de 2024

EPÍGRAFE

A Defesa é a Arte da preparação para a Guerra

Napoleão Bonaparte

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares, camaradas e amigos, com quem pude sempre contar nesta longa jornada. Em especial ao meu pai, o maior exemplo de força e resiliência que tenho na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Quero aproveitar este espaço para dar os meus mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que tornaram este Trabalho de Investigação Aplicada possível, com os seus conselhos, sugestões, experiências e com a disponibilidade do seu precioso tempo.

Um agradecimento aos meus orientadores, a Professora Doutora Sofia Menezes e o Major de Artilharia Lúcio Lopes, por todo o apoio em termos de organização do trabalho, crítica construtiva e incentivo ao longo de toda a redação deste trabalho.

Aos gabinetes de Artilharia da Academia Militar e da Escola das Armas, por todos os conhecimentos transmitidos ao longo destes últimos 2 anos.

Ao Tenente-Coronel Jesús de la Quintana da *Academia General Militar* de Espanha, pela difusão dos questionários aos oficiais de Artilharia Antiaérea de nacionalidade espanhola que deram o seu contributo para esta investigação.

A todos os oficiais que se disponibilizaram a responder aos questionários realizados no âmbito deste trabalho, dispondo assim do seu tempo para colaborar com as suas experiências em contexto real.

E, como não poderia deixar de ser, a toda a minha família e amigos pelo amparo que me ofereceram nos momentos mais difíceis.

A todos, o meu obrigado. Ficarei eternamente em dívida para com todos.

RESUMO

O presente Trabalho de Investigação Aplicada explora a ameaça aérea emergente e os novos desafios que representa para a defesa antiaérea da Organização do Tratado do Atlântico Norte, com foco especial para a Artilharia Antiaérea. O estudo aborda o problema crescente de ameaças aéreas não convencionais e a necessidade de adaptação dos sistemas de defesa antiaérea atuais para responder a essas novas ameaças. Os objetivos desta investigação são a caracterização e avaliação da eficácia das capacidades de defesa antiaérea existentes na aliança atlântica e avaliar a sua eficácia diante das ameaças emergentes.

A metodologia utilizada envolveu uma revisão detalhada da literatura científica e técnica, análise de documentos oficiais da Aliança Atlântica, e questionários a especialistas na área. Os resultados mostraram que, apesar das dificuldades representadas pelas ameaças aéreas emergentes, a Organização do Tratado do Atlântico Norte possui sistemas de defesa antiaérea eficazes quando totalmente integrados e operacionais. A confiança nos sistemas de defesa antiaérea da aliança é reforçada pela continuidade de investimentos e desenvolvimentos nessa área.

As conclusões destacam a importância de manter uma contínua e permanente evolução dos sistemas de defesa antiaérea, devido à constante evolução da ameaça. A atualização e modernização dos sistemas de Artilharia Antiaérea são cruciais para prevenir vulnerabilidades na defesa dos territórios da Aliança Atlântica.

Palavras-chave: Artilharia Antiaérea; ameaça aérea emergente; Organização do Tratado do Atlântico Norte; Sistemas de Defesa Antiaérea.

ABSTRACT

This Applied Research Project explores the emerging aerial threat and the new challenges it represents for the air defense of the North Atlantic Treaty Organization, with a particular focus on Anti-Aircraft Artillery. The study addresses the growing problem of unconventional aerial threats and the need to adapt current air defense systems to respond to these new threats. This research aims to characterize the existing air defense capabilities within the Atlantic Alliance and evaluate their effectiveness against emerging threats.

The methodology involved a detailed review of scientific and technical literature, analysis of official documents from the Atlantic Alliance, and questionnaires to experts in the field. The findings underscore that, despite the challenges posed by emerging aerial threats, the North Atlantic Treaty Organization has effective air defense systems when fully integrated and operational. Continuous investments and developments reinforce confidence in the alliance's air defense systems.

The conclusions highlight the criticality of maintaining the constant evolution of air defense systems in light of the ever-evolving threats. Updating and modernizing Anti-Aircraft Artillery systems is crucial to preventing vulnerabilities in the defense of the Atlantic Alliance's territories.

Keywords: Anti-Aircraft Artillery; Emerging Aerial Threat; North Atlantic Treaty Organization; Anti-Air Defense Systems.

ÍNDICE GERAL

| | |
|--|-----|
| EPÍGRAFE..... | i |
| DEDICATÓRIA..... | ii |
| AGRADECIMENTOS..... | iii |
| RESUMO..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | ix |
| ÍNDICE DE QUADROS..... | x |
| LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS..... | xii |
| <i>AHEAD- Advanced Hit Efficiency and Destruction</i> | xii |
| AIRCOM – Allied Air Command..... | xii |
| AMRAAM - <i>Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile</i> | xii |
| AMRAAM-ER - <i>Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile – Extended Range</i> | xii |
| AP – Autopropulsado..... | xii |
| ASRD – Advanced Short-Range Air Defense System..... | xii |
| ATAM – <i>Air-to-Air Missile</i> | xii |
| BCT – <i>Brigade Combat Units</i> | xii |
| BM – <i>Ballistic Missile</i> | xii |
| BMC4I – <i>Battle Management, Command, Control, Communications, Computers and Intelligence</i> | xii |
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA..... | 2 |
| 1.1. Ameaça aérea..... | 2 |
| 1.1.1. Sistemas Aéreos Não Tripulados..... | 4 |
| 1.1.2. Mísseis de Cruzeiro..... | 6 |
| 1.1.3. Mísseis Balísticos..... | 9 |
| 1.1.4. Foguetes, munições de artilharia e morteiros (<i>Rocket, Artillery and Mortar – RAM</i>) | 10 |

| | |
|--|----|
| 1.2. Defesa Aérea – Sistemas de defesa de AAA | 12 |
| 1.2. 1. NATINAMDS | 13 |
| 1.3. A Artilharia Antiaérea – Sistemas de Armas | 15 |
| 1.3.1. Princípios Gerais | 15 |
| 1.3.2. SHORAD E VSHORAD | 17 |
| 1.3.2.1 <i>NBS Mantis</i> | 18 |
| 1.3.2.2. M-SHORAD | 19 |
| 1.3.2.3. <i>FIM-92 Stinger</i> | 21 |
| 1.3.2.4. Mistral | 22 |
| 1.3.3. MRSAM e HIMAD | 23 |
| 1.3.3.1. NASAMS | 23 |
| 1.3.3.2. MEADS | 25 |
| 1.3.3.3. PATRIOT | 26 |
| 1.3.4. C-RAM | 28 |
| 1.3.4.1. <i>Centurion</i> | 29 |
| 1.3.4.2. <i>Oerlikon Skyguard III</i> | 30 |
| 1.3.5. C-SANT | 31 |
| 1.3.5.1. <i>Batelle DroneDefender</i> | 33 |
| 1.3.5.2. <i>Dronebuster Block 3</i> | 34 |
| 1.3.5.3. KVSG-6 | 34 |
| CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA, materiais e métodos | 34 |
| 2.1. Metodologia | 34 |
| 2.2. Materiais e Métodos | 36 |
| CAPÍTULO 3 – Apresentação e discussão dos resultados | 37 |
| 3.1. Resultados | 37 |
| 3.2. Discussão dos Resultados | 48 |
| CAPÍTULO 4 – conclusões e recomendações | 51 |

| | |
|---------------------------------|------|
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 55 |
| APÊNDICES | LXIV |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura n.º 1 – Classificação SANT | 5 |
| Figura n.º 2 - Funcionamento do sistema <i>Iron Sting</i> | 12 |
| Figura n.º 3 - Categorias de Defesa Aérea no NATINAMDS..... | 15 |
| Figura n.º 4 - Volumes de empenhamento dos sistemas GBAD | 17 |
| Figura n.º 5 - Canhão do Sistema NBS <i>Mantis</i> | 19 |
| Figura n.º 6 - MSHORAD e seus principais constituintes | 21 |
| Figura n.º 7 - LCHR do sistema NASAMS..... | 24 |
| Figura n.º 8 - LCHR´s e BMC4I do sistema MEADS | 26 |
| Figura n.º 9 - Míssil PAC-2 a ser disparado de um LCHR do sistema PATRIOT..... | 28 |
| Figura n.º 10 - Sistema <i>Oerlikon Skyguard III</i> | 31 |
| Figura n.º 11 - Classificação de SANT da OTAN e respetiva área de atuação da AAA..... | 32 |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1: Constituição da amostra e respetiva experiência na área..... | 37 |
|--|----|

LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

| | |
|---|-------|
| APÊNDICE A- DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO | LXIV |
| APÊNDICE B- INFORMED CONSENT STATEMENT | LXV |
| APÊNDICE C- QUESTIONÁRIO C-RAM | LXVI |
| APÊNDICE D- QUESTIONÁRIO C-SANT | LXVII |
| APÊNDICE E- QUESTIONÁRIO MRSAM HIMAD | LXIX |
| APÊNDICE F- QUESTIONÁRIO SHORAD VSHORAD | LXXI |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

- AAA** – Artilharia AntiAérea
- AC** – Artilharia de Campanha
- AHEAD**- *Advanced Hit Efficiency and Destruction*
- AIRCOM** – Allied **Air Command**
- AMRAAM** -*Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile*
- AMRAAM-ER** -*Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile – Extended Range*
- AP** – Autopropulsado
- ASRD** – Advanced Short-Range Air Defense System
- ATAM** – *Air-to-Air Missile*
- BCT** – *Brigade Combat Units*
- BM** – *Ballistic Missile*
- BMC4I** – *Battle Management, Command, Control, Communications, Computers and Intelligence*
- C2** – Comando e Controlo
- CAOC** – *Combined Air Operations Center*
- CM** – *Cruise Missile*
- COB** – Centro De Operações Da Bateria
- COP** – *Common Operational Picture*
- C-RAM** – Counter Rocket, Artillery and Mortar
- C-SANT** – Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados
- DA** – Defesa Aérea
- DGAED** – Direção Geral de Armamento e Equipamentos de Defesa
- ECS** – *Engagement Control Station*
- EI** – Estado Islâmico
- ESSI** – *European Sky Shield Initiative*
- EUA** – Estados Unidos da América
- FCU** – *Fire Control Unit*
- FDC** – *Fire Distribution Center*
- FFAA**- Forças Armadas
- FLIR** – Forward-Looking Infrared
- FND** – Força Nacional Destacada
- FOB** – *Forward Operating Base*

GBAD – *Ground Based Air Defense*
GPS – *Global Positioning Systems*
HE – *High Explosives*
HI – *Hipótese de Investigação*
HIMAD – *High to Medium Air Defense*
HPT – *High Payoff Target*
IAMD – *Integrated Air & Missile Defense*
ICBM – *InterContinental Ballistic Missiles*
IED – *Improvised Explosive Device*
IFF – *Identification Friend or Foe*
I-MCP – *Improvised Missile Control Post*
IRBM – *Intermediate-Range Ballistic Missiles*
ISTAR – *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*
IUM – *Instituto Universitário Militar*
LACM – *Land Attack Cruise Missiles*
LCHR – *Launcher*
LCMR – *Lightweight Counter Mortar Radar*
LCR – *Large Caliber Rockets*
LIDAR – *Light Detection and Ranging*
LIDS – *Low, Slow, Small, Unmanned Aircraft Integrated Defeat System*
LSS – *Low, Slow, Small*
MBDA – *Matra, British Aerospace Dynamics Limited and Alenia*
MEADS – *Medium Extended Air Defense System*
MMW – *Millimeter-Wave*
MRBM – *Medium-Range Ballistic Missiles*
MRSAM – *Medium-Range Surface-to-Air Missile*
MSHORAD – *Maneuver Short-Range Defense*
MTCR – *Missile Technology Control Regime*
NASAMS – *National Advanced Surface-to-Air Missile*
NATINAMDS – *NATO Integrated Air Defense System*
OE – *Objetivo Específico*
OG – *Objetivo Geral*
ONU – *Organização das Nações Unidas*
OTAN – *Organização do Tratado do Atlântico Norte*

PAC-2GEM-C – PATRIOT *Advanced Capability – 2 Guidance Enhancement Missile - Cruise*

PAC-2GEM-T – PATRIOT *Advanced Capability – 2 Guidance Enhanced Missile – Tactical Ballistic Missile*

PAC-3MSE – PATRIOT *Advanced Capability-3 Missile Segment Enhancement*

PATRIOT – *Phased Array Tracking Radar to Intercept on Target*

PC – Posto de Comando

PD – Pergunta Derivada

PDE – Publicação Doutrinária Do Exército

PP – Pergunta de Partida

RAM – *Rocket, Artillery and Mortar*

RDX – *Research Department X*

Reb – Rebocado

RMO – *Reprogrammable Microprocessor*

SACEUR – *Supreme Allied Commander Europe*

SANT – Sistemas Aéreos Não Tripulados

SHORAD – *Short-Range Air Defense*

SLBM – *Submarine Launched Ballistic Missiles*

SMLC – *Sistema Míssil Ligeiro Chaparral*

SRBM- *Short Range Ballistic Missiles*

TBM – *Tactical Ballistic Missile*

TDL – *Tactical Data-Links*

TIA – Trabalho de Investigação Aplicada

TO – Teatro de Operações

TPM – Tiros Por Minuto

TPOA – Tirocínio Para Oficiais De Artilharia

TTP – Técnicas Táticas E Procedimentos

UE – União Europeia

UEB – Unidades Escalão Batalhão

UHF – *Ultra-High Frequency*

VPR – Veículos Pilotados Remotamente

VSHORAD – *Very Short-Range Air Defense*

WMD – *Weapons of Mass Destruction*

INTRODUÇÃO

Este Trabalho de Investigação Aplicada (TIA) insere-se no âmbito do Tirocínio Para Oficiais de Artilharia (TPOA) e tem como tema, “A Ameaça Aérea Emergente: Novos Desafios Para a Artilharia Antiaérea”. Nele serão caracterizadas as ameaças aéreas emergentes do atual ambiente operacional e, os sistemas de armas de Artilharia Antiaérea (AAA) dos países membros da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) que lhes dão resposta.

A decisão da escolha deste tema, prende-se com a relevância crescente da defesa antiaérea no cenário geopolítico atual, marcado por uma proliferação de Sistemas Aéreos Não Tripulados (SANT) e pela emergência de novas ameaças aéreas. A necessidade de entender e avaliar as capacidades de defesa aérea da OTAN é fundamental para garantir a segurança coletiva dos aliados e para contribuir para a construção de uma defesa aérea mais resiliente e adaptável aos avanços tecnológicos e estratégicos.

O Tenente-General Abel Cabral (1988, p. 329) define ameaça como sendo “qualquer acontecimento ou ação (em curso ou previsível) que contraria a consecução de um objetivo e que, normalmente, é causador de danos, materiais ou morais (...) podem ser de natureza variada (militar, económica, subversiva, ecológica, etc...) (...) provenientes de uma vontade consciente (...) produto de uma possibilidade por uma intenção.”

Com estes conceitos em mente, esta investigação tem como Objetivo Geral (OG): Caracterizar as capacidades de defesa antiaérea existentes ao serviço da OTAN para dar resposta às ameaças aéreas emergentes no atual contexto operacional. Deste modo, para dar resposta a este OG, foi formulada a seguinte Pergunta de Partida (PP): De que forma os sistemas de defesa aérea atuais ao serviço da OTAN dão resposta às novas ameaças aéreas no atual contexto operacional?

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 eles:

OE1: Identificar as ameaças aéreas emergentes do atual contexto operacional;

OE2: Identificar os sistemas de defesa aérea mais eficazes ao serviço da OTAN;

OE3: Identificar as últimas atualizações dos sistemas de defesa aérea mais eficazes ao serviço da OTAN.

As delimitações à investigação realizada a fim de concretizar estes objetivos foram as seguintes: temporal: o estado da arte atual tanto ao nível dos equipamentos de defesa aérea, como na ameaça aérea que estes sistemas enfrentam; espacial: os 32 estados-membros da OTAN e os estados por esta Aliança considerados como hostis; conceptual: as capacidades dos sistemas de Defesa Antiaérea e Autodefesa Antiaérea.

O presente trabalho foi redigido de acordo com a Norma de Execução Permanente (NEP) 522/1.º/AM de 20 de janeiro de 2016 e a sua parte textual é constituída por 4 capítulos.

No capítulo 1 está redigida a análise documental, que representa o estado da arte da temática de investigação, apresentando as principais características da ameaça aérea emergente e os sistemas de armas de AAA que lhes dão resposta.

O capítulo 2 explana a metodologia de abordagem utilizada nesta investigação, que justifica as linhas de orientação seguidas, bem como a formulação das Perguntas Derivadas (PD). Neste capítulo, é também apresentada a técnica de recolha de dados por questionários e os elementos que constituem a sua amostra.

No capítulo 3, são apresentados os dados dos questionários realizados, a sua análise e correlação, com dados obtidos anteriormente, no 1º capítulo.

Por último, no capítulo 4, é retomada a temática em estudo, enfatizando os principais aspetos abordados e reflete-se sobre os resultados com os quais é respondida a PP. São ainda referidas neste capítulo, as limitações e dificuldades sentidas no decorrer do processo científico, bem como, uma recomendação quanto a eventuais propostas para investigações futuras.

CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Ameaça aérea

Com base no OG deste trabalho, é necessário compreender o que é a ameaça aérea atual e o que ela representa no moderno Campo de Batalha (CB). Segundo a Publicação Doutrinária do Exército (PDE) 3-37-00 Tática de Artilharia Antiaérea de 2016, esta ameaça está em permanente evolução e pode revelar novas características e capacidades num futuro próximo. Dada a proliferação de tecnologias e sistemas de armas nos últimos anos, a gama e intensidade de ameaças aéreas aumentou exponencialmente (Couceiro R. , 2023).

A PDE 3-37-00 (2016) relata que ameaças tradicionais aéreas, ou seja, aeronaves de asa fixa e basculante, continuam ainda a desempenhar um papel crucial nos Teatro de Operações (TO) da atualidade. No entanto, verifica-se, atualmente, uma tendência para a proliferação de SANT. Devido a razões de custo vs. eficácia, os SANT são meios acessíveis a qualquer ator estatal e não estatal (Couceiro R. , 2023). Não é só o baixo custo dos SANT que levanta novos desafio às Forças Armadas (FFAA) e às Forças de Segurança, o seu fácil acesso também acrescenta uma nova problemática. Os presumíveis elementos que fazem parte de células terroristas ou os lobos solitários, na União Europeia (UE), têm acesso facilitado a este tipo de meios, uma vez que os SANT de pequeno porte estão à venda em diversos estabelecimentos (Imperial, 2016). Embora seja previsível que as ameaças aéreas tradicionais continuem a existir e a evoluir, a aquisição de SANT torna-se cada vez mais aliciante, pelas razões indicadas.

Toda esta constante evolução da ameaça aérea a que assistimos, exige às FFAA, e neste caso concreto à AAA, uma capacidade de adaptação e de desenvolvimento dos meios e metodologias, capazes de combater tanto as ameaças convencionais menos difusas, como as ameaças não convencionais atualmente amplamente disseminadas (Reis, et al., 2016).

Portugal, como membro da aliança, OTAN, doutrinariamente está em sintonia com o seu membro mais influente, os Estados Unidos da América (EUA), em relação à nova tipologia de ameaça aérea que as FFAA devem esperar do inimigo no moderno CB. Segundo a ATP 3-01.8 *Techniques for Combined Arms for Air Defense* (2016), devemos assumir que o inimigo usa tanto estratégias convencionais como não convencionais, empregando uma panóplia de ameaças aéreas. Ameaças estas que podem ser uma combinação de equipamentos tripulados ou não tripulados, de grande ou pequena envergadura, ou até mesmo plataformas de mísseis e foguetes terra-terra. Segundo Reis et al. (2016), todas as ameaças estudadas nos subcapítulos seguintes: SANT, Mísseis Balísticos e de Cruzeiro (BM¹ e CM² respetivamente), e foguetes, granadas de artilharia e morteiro (*Rocket, Artillery and Mortar - RAM*), enquadram-se numa conjectura de propaganda sensacionalista, ausente de ética e regras, cujo objetivo principal é a mediatização de terror. Este terror é um catalisador do colapso de estados modernos, devido a resultados subsequentes como a rotura social e política, até à paralisia de infraestruturas e recursos cruciais ao bom funcionamento das sociedades modernas.

¹ *Ballistic Missile*

² *Cruise Missile*

1.1.1. Sistemas Aéreos Não Tripulados

Os SANT têm vindo a ser cada vez mais utilizados no moderno espaço de batalha em quantidade e variedade, devido fundamentalmente ao seu baixo custo, facilidade de produção e à sua grande versatilidade de utilização (Couceiro R. , 2023). Segundo a doutrina nacional, PDE 3-37-00 (2016), os SANT incluem *drones*, caracterizados por utilizarem rotas de voo pré-programadas, e Veículos Pilotados Remotamente (VPR) controlados por operadores/pilotos em terra. Apesar dos custos de formação de um operador de um SANT serem menores do que os da formação de um piloto de uma aeronave, a doutrina OTAN ATP-3.3.7 *Guidance For The Training Of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Operators* (2014) regula que os operadores de VPR devem ter um conhecimento profundo dos regulamentos de voo aplicáveis de autoridades nacionais e internacionais. Os operadores de SANT devem ainda, à semelhança de um piloto de uma aeronave, ter a capacidade de utilizar e compreender os procedimentos padrão e listas de verificação ao longo da missão, assim como, compreender o seu sistema de funcionamento dentro da estrutura da força em que está inserido.

Os SANT são constituídos por diversos elementos, sendo eles: o veículo propriamente dito; as cargas nas quais se incluem os sensores e o armamento; o elemento humano; os elementos de controlo; comunicações e elementos de apoio (Melo, 2018). Estes sistemas aéreos, ainda que relativamente recentes, estão categorizados por classes. A doutrina nacional, através da PDE 5-36-00 Planeamento Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados (C-SANT) de 2020 (ainda em aprovação), classifica os SANT em 3 classes, considerando os critérios de peso, altitude operacional e alcance (fig. 1).

| Classificação SANT | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------|----------------------|
| Classe | Categoria | Empenhamento normal | Altitude Operacional | Alcance | Comandante apoiado primário | Plataforma (exemplo) |
| Classe III (> 600 kg) | Combate ¹ | Estratégico / Nacional | Até 19800 m | Ilimitado (BLOS - Beyond Line Of Sight) | Teatro de Operações | Reaper |
| | HALE - High Altitude Long Endurance | Estratégico / Nacional | Até 19800 m | Ilimitado (BLOS) | Teatro de Operações | Global Hawk |
| | MALE - Medium Altitude Long Endurance | Operacional / Teatro de Operações | Até 13700 m (MSL - Mean Sea Level) | Ilimitado (BLOS) | Força Conjunta | Heron |
| Classe II (150 kg - 600 kg) | Táticos | Formação Tática | Até 5500 m (AGL - Above Ground Level) | 200 km (LOS - Line Of Sight) | Brigada | Hermes 450 |
| Classe I | Pequenos | Unidade Tática | Até 1500 m (AGL) | 50 km (LOS) | Regimento, Batalhão | Scan Eagle |
| | Mini (<15 kg) | Subunidade Tática (lançamento manual) | Até 900 m (AGL) | Até 25 km (LOS) | Companhia, Pelotão, Secção | Skylark |
| | Micro (<66 J) ² | Subunidade Tática (lançamento manual) | Até 60 m (AGL) | Até 5 km (LOS) | Pelotão, Secção | Black Widow |

Figura n.º 1 – Classificação SANT

Fonte: PDE 5-36-00 - Planejamento Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados (C-SANT) (Em Aprovação), (2020)

Esta classificação é a mesma que a OTAN utiliza da ATP-3.3.7 (2014). A classe I agrupa os sistemas micro, mini e pequenos, a classe II agrupa os sistemas de empenhamento operacional, semelhantes às tradicionais aeronaves (Couceiro R. , 2023). Devido às suas pequenas dimensões, no caso da classe I de SANT, estes sistemas têm baixas assinaturas de radar e térmica, tornando-se assim difíceis de detetar, seguir e empenhar. Os SANT desta classe são também designados como SANT LSS³, lentos, de pequenas dimensões e voam a baixa altitude (Couceiro R., 2023). Os meios de defesa aérea e míssil integrada (IAMD⁴) podem combater eficazmente SANT de classes maiores, mas têm dificuldade em realizar a identificação, seguimento (*tracking*) e destruir SANT LSS (Estado Maior do Exército [EME], 2020).

São também estas duas classes que mais favoreceram grupos insurgentes como é o caso do autoproclamado Estado Islâmico (EI). “O EI e outros grupos não estatais têm vindo a adaptar-se às capacidades relativamente recentes dos SANT, utilizando recursos que têm à disposição para desenvolverem novas táticas. Neste âmbito, o EI procura armar os SANT, centrando-se na conservação de munições convencionais com vista à obtenção de um arsenal de munições improvisadas” (Ribeiro, 2021, p. 26). As técnicas de emprego destes sistemas aéreos por estes movimentos insurgentes são variadas. Podem ser utilizados como plataformas de lançamento de: granadas de mão; munições de lança-granadas 40 x 46SRS mm; e até cartuchos M383 HE⁵ com pesos na ordem dos 340g com uma espoleta de impacto integrada que contem 55g de RDX⁶ e um raio de fragmentação de 15 m. Tendo em conta o seu peso, forma e disponibilidade, estas munições são ideais para a tipologia de SANT disponíveis no mercado civil. Outro método simples, porém, eficaz, consiste em esconder um engenho explosivo improvisado (IED⁷) dentro dos componentes do próprio veículo. Estes IEDs destinam-se a matar ou a ferir os combatentes e não-combatentes que tentem recuperar o SANT, pelo que este nem precisa de ser manobrável para ser eficaz (Ribeiro, 2021). Importa referir que os SANT não têm só a capacidade de servir de plataforma de lançamento de granadas ou de armas de tiro direto, estes sistemas também representam atualmente uma ferramenta muito útil na componente de

³ *Low, Slow, Small*

⁴ *Integrated Air and Missile Defense*

⁵ *High Explosives*

⁶ *Research Department X; ciclotrimetilenotrinitramina (Ribeiro, 2021)*

⁷ *Improvised Explosive Device*

Informações, Vigilância, Aquisição de Objetivos e Reconhecimento (ISTAR⁸) (Ribeiro, 2021). Nos primeiros meses do conflito entre a Ucrânia e a Rússia estes sistemas foram utilizados na regulação de tiros de Artilharia de Campanha (AC), responsáveis por 70% das mortes civis e militares (Observador, 2022).

Assim como o emprego de minas terrestres afeta o movimento das forças armadas e civis, o medo de ataques surpresa por SANT limita as operações militares. No conflito entre a Rússia e a Ucrânia verificam-se ataques bem-sucedidos com recurso a *drones kamikaze*. Estes *drones* transportam cargas explosivas que produzem grande efeito. São muito vulneráveis às defesas antiaéreas, mas devido ao seu baixo custo, podem ser empenhadas “nuvens de *drones*” para um mesmo alvo, a fim de garantir a sobrevivência de um número reduzido (Bispo, 2023). Exemplo desta técnica foi o ataque russo de 11 de fevereiro de 2014 às regiões ucranianas de Kiev, Vínitsia, Zhytomyr, Kirovohrad, Mykolayiv, Cherkasy, Odessa, Dnipropetrovsk e Kherson. Neste ataque, foram usados *drones Shahed* 136/131 de fabrico iraniano, dos quais 40 dos 45 *drones* utilizados foram intercetados pelo sistema antiaéreo, segundo a Força Aérea Ucraniana (Jornal de Notícias, 2024). O impacto psicológico produzido pelos *drones*, tem um efeito negativo na população civil, alvo de muitos destes ataque, independentemente de estarem armados ou não (Couceiro R. , 2023).

Os SANT, mesmo sendo equipamentos de relativo baixo custo, possibilitam um alto retorno (*high payoff*) para vigilância e reconhecimento, acrescentando ainda a capacidade de transporte de inúmeros tipos de carga (letais ou não letais). Esta capacidade, facilmente disponível a grupos insurgentes, tornou nos últimos anos imperativo às forças da OTAN obter formas de combater, interceptar ou neutralizar esta tipologia de ameaça (Sousa S. , 2020)

1.1.2. Mísseis de Cruzeiro

Segundo o glossário de termos e definições da OTAN AAP-06 (2013), um míssil é uma “munição autopropulsionada cuja trajetória ou rumo é controlada durante o voo”. Já um CM é definido pelo governo dos EUA como sendo “um veículo de emprego de armas não tripulado, guiado, descartável, que é continuamente autopropulsionado e mantém o voo através do uso de sustentação aerodinâmica (Mira J. C., 2014)

⁸ *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance*

A doutrina nacional (2016) define um míssil como sendo um “sistema não tripulado, autoguiado, que mantêm um voo sustentado a altitudes variáveis”. Em 1987, os 7 países mais industrializados do mundo⁹ (G7) elaboraram o Regime de Controlo a Tecnologias Míssil (MTCR¹⁰) do qual fazem parte atualmente 35 países, Portugal faz parte do acordo desde 1992. O MTCR diferencia os CM dos BM na altitude de voo. Os CM voam na atmosfera inferior¹¹ (abaixo de 30km = 98 425 pés) empregando sustentação aerodinâmica para ganhar e manter altitude. Esta baixa altitude de voo permite aos CM o aproveitamento dos contornos do terreno para a sua dissimulação. Também o custo é um fator diferenciador entre dois tipos de mísseis. Em média, o custo de um CM, é um sexto de um BM. Além dos altos custos operacionais e de suporte, os pré-requisitos tecnológicos para sustentar uma força de BM fazem com que este armamento seja restrito a um grupo seleto de nações (Mishra, 2012).

Com o sucesso obtido pelos EUA no emprego deste tipo de armas, existem muitos países interessados em desenvolver/adquirir este tipo de armamento. Operações militares como a de 2011 na Líbia levada a cabo pelos EUA, Reino Unido e França iniciaram-se com recurso a salvas de CM. Estes mísseis foram lançados a partir de submarinos e aeronaves, visando principalmente centros de Comando e Controlo (C2) inimigos, aeródromos, sistemas de defesa aérea e outros alvos de elevado valor (HPT¹²). Nesta operação em concreto, foram disparados mais de 100 CM de ataque terrestre (LACM¹³) (Mira J. C., 2014). Este sistema de armas, apresenta-se como um engenho muito semelhante a um pequeno avião sem piloto. As suas superfícies aerodinâmicas podem ser visíveis a todo o momento (superfícies fixas), ou só o serem após o lançamento do míssil, mediante abertura (superfícies extensíveis) (Mira J. C., 2014).

Atualmente, este armamento continua muito presente nos conflitos. Prova disso foi o início da guerra na Ucrânia. De 24 de fevereiro até ao fim de maio de 2022, mais de 2000 CM 3M-54 *Kalibr*, Kh-101 e Kh-555 foram disparados contra a Ucrânia, por norma, em salvas de 4 a 12 (Bronk, Reynolds, & Watling, 2022). A velocidade atingida por esta tipologia de mísseis continua a constituir um desafio exigente mesmo para os melhores

⁹ Os 7 países mais industrializados do mundo são o Canadá, a França, a Alemanha, a Itália, o Japão, o Reino Unido e os EUA.

¹⁰ Acordo *Missile Technology Control Regime* (MTCR) foi “criado em 1987, e tendo como objetivo obstar à proliferação de mísseis e veículos aéreos não pilotados, desde que capazes de transportar uma carga útil de 500 Kg a 300 ou mais Km, ou armas não convencionais que possam lançar armas de destruição maciça” (DGAED, 2006)

¹¹ ≤ 30 km de altitude = 98 425 pés

¹² *High Payoff Target*

¹³ *Land Attack Cruise Missiles*

sistemas de armas de AAA existentes. Em ataques como o de 24 de setembro de 2023, na região ucraniana de Kherson, é evidente o poderio do CM supersônico¹⁴ russo *Onyx*. Neste ataque, todos os 19 *drones Shahed* de fabrico iraniano e mais 12 CM *Kalibr* foram abatidos, segundo o porta-voz da Força Aérea Ucraniana. Outros 2 mísseis *Onyx* destruíram estruturas de armazenamento de cereais. Segundo o mesmo porta-voz da Força Aérea Ucraniana: “Os mísseis *Onyx* são difíceis de abater. Podem ser contrariados, mas não têm qualquer efeito sobre eles. O míssil é supersônico e voa muito baixo. Por isso, não podem ser abatidos pelos sistemas de defesa aérea existentes” (Diário de Notícias, 2023). Em 25 de Março de 2024 os mesmos mísseis foram usados, desta vez com a capital Kiev como alvo. Foram atingidos edifícios residenciais e de escritórios no centro da cidade de onde resultaram 5 mortos e vários feridos (RTP, 2024). Esta tipologia de míssil, segundo a *Missile Threat* (2021), foi desenhada para transportar uma ogiva HE de 200 kg ou uma ogiva de penetração de blindagem de 250 kg. À data de publicação desta informação não existia menção de capacidade de transporte de uma ogiva nuclear. Outro CM que representa uma dificuldade ainda maior aos sistemas de defesa aérea atuais é o modelo russo 3M22 *Zircon* ou SS-N-33. A 7 de fevereiro de 2024 foi utilizado, pela primeira vez em combate, num ataque a Kiev, segundo o governo ucraniano. (CNN, 2024). A sua velocidade hipersônica¹⁵ torna-o imune até aos melhores sistemas de defesa antimísseis como o PATRIOT. Com uma velocidade estimada em *Mach* 8, quase 9900 km/h, torna-o o míssil mais rápido do mundo. O 3M22 *Zircon* conta ainda com uma nuvem de plasma que emite durante o voo, absorvendo quaisquer raios de radiofrequência tornando-o indetetável aos radares modernos (*Missile Defense Advocacy Alliance*, 2024). Em relação à capacidade nuclear deste modelo e dos CM em geral, esta depende da capacidade de transportar em segurança e detonar uma ogiva de grandes dimensões e peso. CM de regime hipersônico como o *Zircon* descrevem uma trajetória irregular a velocidades extremamente altas, para tal são necessários propulsores que dependem de um fluxo constante de oxigénio para o seu correto funcionamento. A adição de uma ogiva nuclear nesta tipologia de míssil, pode comprometer o fluxo de oxigénio necessário, devido ao aumento considerável do seu peso total.

¹⁴ Superior à velocidade de deslocamento do som ao nível do mar (1236 km/h ou 340 m/s = *Mach* 1) Segundo a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). (2021)

¹⁵ Superior a *Mach* 5 (6180 km/h ou 1701 m/s), Segundo a *National Aeronautics and Space Administration* (2021)

1.1.3. Mísseis Balísticos

Enquanto os CM regem-se pelas leis da aerodinâmica na sua trajetória, os BM são regidos pelas leis da balística. Desta forma, a rota dos BM é mais facilmente previsível que a dos seus semelhantes de cruzeiro. Esta previsibilidade torna este armamento menos indicado para ataques convencionais de precisão do que os seus pares de cruzeiro, ou aeronaves tripuladas. Por outro lado, torna-os mais vocacionados para o emprego de armas de destruição massiva (WMD¹⁶) (Leitão, 2017). Na maioria dos casos, a sua trajetória atinge altitudes exoatmosféricas¹⁷ (onde o oxigénio atmosférico é inexistente), e as velocidades atingidas em voo são de regime supersónico. É esta última característica que confere ao BM a sua grande vantagem militar (Mira J. C., 2012).

Existem diversos critérios de classificação deste sistema de armas, como o tipo de propelente usado, a carga militar transportada, a sua precisão, ou mais comumente, o seu alcance (Leitão, 2017). Sobre este último critério, a PDE 3-37-00 (2016) define que os BM são classificados em:

- Mísseis Balísticos de Curto Alcance (SRBM¹⁸): com alcances até 1000km, também denominados por Mísseis Balísticos Táticos (TBM¹⁹)
- Mísseis Balísticos de Médio Alcance (MRBM²⁰): com alcances de 1000 a 3000km;
- Mísseis Balísticos de Alcance Intermédio (IRBM²¹) com alcances de 3000 a 5500 km;
- Mísseis Balísticos Intercontinentais (ICBM²²): com alcances maiores de 5500 km;
- Mísseis Balísticos lançados por submarinos (SLBM²³): capacidades semelhantes aos ICBM.

Para além da sua diversidade de alcances, este armamento oferece também uma variedade de sistemas de lançamento. Mesmo quando apresentam mobilidade, por serem transportados em viaturas, o lançamento ocorre muitas vezes a partir de superfícies anteriormente preparadas, com coordenadas geográficas pré-determinadas, o que também

¹⁶ *Weapons of Mass Destruction*

¹⁷ Acima dos 122 km (400 000 pés) segundo a *National Aeronautics and Space Administration*.

¹⁸ *Short Range Ballistic Missiles*

¹⁹ *Tactical Ballistic Missiles*

²⁰ *Medium Range Ballistic Missiles*

²¹ *Intermediate-Range Ballistic Missiles*

²² *Intercontinental Ballistic Missiles*

²³ *Submarine Launched Ballistic Missiles*

poderá constituir uma vulnerabilidade, se aquelas forem conhecidas atempadamente por um inimigo (Mira J. C., 2012).

O emprego desta tipologia de mísseis em combate não é algo comum, devido às características acima enunciadas. Contudo, o facto de países com intenções dúbias aos olhos da comunidade internacional (como o Irão), possuírem cerca de 3 000 destes mísseis armazenados segundo previsões de especialistas, levanta preocupações. No dia 14 de abril de 2024, num ataque sem precedentes, mais de 100 BM foram lançados do Irão contra o estado de Israel, a mais de 2000 km de distância (CNN Portugal, 2024). Cerca de 99% dos mísseis e *drones* iranianos empregues neste ataque foram intercetados sem causar vítimas. Numa primeira abordagem, foram neutralizados sobre o território jordano, sírio e iraquiano por caças e sistemas antimísseis britânicos, americanos, franceses, jordanos e de outras nações árabes que permanecem anónimas de forma a evitar uma possível retaliação iraniana. No espaço aéreo israelita, caças F35 e sistemas de defesa de AAA *Iron Dome* e *Kela David* intercetaram as restantes ameaças iranianas (Cymerman, 2024).

Outra nação com um vasto arsenal desta tipologia míssil é a Rússia. Segundo a Federação de Cientistas Americanos, a Rússia detém cerca de 5 580 ogivas nucleares. Destas, cerca de 870 estão implementadas em MB terrestres, 640 em SLBM e 200 em bases aéreas de bombardeiros pesados (CNN Brasil, 2024). Um dos recentes avanços russos em matéria de BM, é o ICBM *Sarmat*. Com uma capacidade de transporte de 10 ogivas nucleares e um alcance estimado entre os 17 000 e os 18 000 km, este sistema míssil é considerado um trunfo no arsenal nuclear da federação russa, capaz de atingir alvos em toda a Europa e até os EUA, está atualmente pronto para combate depois de ter sido testado em abril de 2022 (Diário de Notícias, 2023).

1.1.4. Foguetes, munições de artilharia e morteiros (*Rocket, Artillery and Mortar – RAM*)

Esta ameaça, segundo a PDE 3-37-00 (2016) teve a sua origem e desenvolvimento no Médio Oriente, desde o conflito israelo-árabe. Foi também a ameaça predominante nos ataques contra as bases e instalações militares no Afeganistão e no Iraque, especialmente desde o 11 de setembro de 2001. Com efeitos negativos no moral das tropas, os meios RAM geram respostas desproporcionadas, numa perspetiva mediática, o que tem contribuído negativamente para a credibilidade das forças. Esta ameaça, para além de irregular e de poder constituir um ato terrorista, caracteriza-se pelo recurso a foguetes, munições de artilharia e morteiros lançados com recurso a meios relativamente

rudimentares. Esta tipologia de projéteis, muitas vezes construídos de forma artesanal, com recurso ao mercado negro e despojos de conflitos anteriores (Couceiro R. E., 2016).

O Glossário de Termos Militares (2020) do Instituto Universitário Militar (IUM) define um morteiro como sendo uma “boca de fogo de cano curto, destinada ao lançamento de projéteis, com grande ângulo de tiro”. Trata-se de um sistema de armas de tiro indireto que não produz os mesmos efeitos no objetivo que a AC, mas em contrapartida traz outras vantagens. Devido ao seu peso relativamente leve, conseguem ser facilmente manobrados e, por serem menos sofisticados do que as bocas de fogo da AC, também são mais simples de apontar e fazer fogo.

No entanto, não é por ser um sistema simples que não existe espaço para uma evolução tecnológica. No atual conflito entre Israel e o Hamas, a *Elbit Systems* estreou em combate o seu sistema *Iron Sting* (ferrão de ferro) (fig. 2). O sistema foi projetado para uso em terreno aberto e ambientes urbanos, tentando reduzir a possibilidade de que não-combatentes sejam feridos. A arma consiste num morteiro de 120 mm com *Global Positioning System* (GPS) e orientação a *laser* para atingir alvos com precisão, num raio de um a doze quilómetros, e tem capacidade de penetrar cimento reforçado (Jornal de Notícias, 2023).



Figura n.º 2 - Funcionamento do sistema *Iron Sting*

Fonte: Jornal de Notícias, (2023)

Do glossário do IUM não consta a definição de foguete (*rocket*), no entanto o glossário OTAN (2013) define-o como sendo “um veículo autopropulsionado cuja trajetória, em voo, não pode ser controlada”. Apesar de simples na sua constituição, os seus resultados são devastadores, tanto em forças combatentes, como na população civil.

No caso do atual conflito entre Israel e o Hamas, há muito que o Hamas depende de *rockets* para travar as suas batalhas assimétricas com Israel. No primeiro dia de ataques, 7 de outubro de 2023, o grupo terrorista afirma ter disparado 5000 *rockets* contra Israel, a maioria dos quais foi interceptada pelo sistema de defesa aérea israelita Cúpula de Ferro (*Iron Dome* (Chapman, Ash, Medina, & Gordon, 2023)). Normalmente, são disparados em grande número precisamente para sobrecarregar os sistemas de defesa, e aumentar as probabilidades de atingir os alvos efetivamente. Num ataque a uma área populacional, basta um destes *rockets* atingir um prédio civil para se causarem baixas em não-combatentes, e, sobretudo, fomentar um sentimento de terror e vulnerabilidade na população. As imagens do conflito revelam que o grupo terrorista palestino emprega *rockets Qassam* ou *Saraya al-Quds*. A maioria dos *Qassam* do Hamas são atualmente produzidos pelo próprio grupo, sendo que a forma e método permanecem desconhecidos. No entanto, numa entrevista com o canal de notícias árabe *RT Arabic*, Ali Baraka - chefe das relações nacionais do Hamas no estrangeiro disse “temos fábricas locais para tudo, para foguetes com alcance de 250km, 160 km, 80 km e 10 km. Temos fábricas de morteiros e munições...” (Gonçalves, 2023).

1.2. Defesa Aérea – Sistemas de defesa de AAA

Segundo a PDE 3-37-00 Tática de Artilharia Antiaérea (2016), o conceito de Defesa Aérea (DA) compreende as medidas ativas e passivas e os respetivos meios associados, destinados a anular ou reduzir a eficácia dos ataques hostis efetuados pela ameaça aérea, de forma a permitir a liberdade de ação das forças amigas e assegurar a proteção de meios e instalações críticos. As medidas ativas de DA são conduzidas através de sistemas de C2, sensores aéreos terrestres e navais, sistemas de comunicações e sistemas de armas. A finalidade é detetar, identificar, interceptar e destruir os meios aéreos hostis que constituem ameaça para as forças amigas, meios e instalações. A principal rede de C2 desta natureza ao serviço da OTAN será abordada no subcapítulo seguinte. Já as medidas passivas de DA visam aumentar o grau de sobrevivência das forças e das instalações perante um ataque

hostil e compreendem cobertos, abrigos, decepção, camuflagem, dispersão e construções de proteção.

A doutrina nacional esclarece ainda que a DA integra um sistema coordenado e sincronizado que engloba três níveis de atuação: operações defensivas de luta aérea, defesa antiaérea e autodefesa antiaérea. Este trabalho irá focar-se nos últimos dois níveis de atuação. A Defesa Antiaérea é constituída por meios específicos de AAA com a responsabilidade primária de manter a liberdade de ação e proteger os elementos críticos da força, prevenindo ataques aéreos e destruindo, anulando ou reduzindo a eficácia da ameaça aérea. A Autodefesa Antiaérea é o conjunto das ações ativas e passivas desenvolvidas pelas unidades, contra a ameaça aérea identificada positivamente como Inimiga e que execute atos hostis contra as referidas unidades.

Por último, a PDE 3-37-00 (2016) refere que a AAA, inserida na Defesa Antiaérea, é o principal elemento das forças terrestres que assegura, através dos seus subsistemas, o combate antiaéreo contra a ameaça aérea no CB. A AAA tem como missão geral garantir a liberdade de ação das Forças Amigas e a proteção de infraestruturas vitais num TO, destruindo, neutralizando, ou reduzindo a eficiência dos meios aéreos inimigos em voo.

1.2.1. NATINAMDS

A IAMD da OTAN é implementada através do NATINAMDS²⁴, uma rede de sistemas nacionais e da OTAN interligados, composta por sensores, recursos de C2 e sistemas de armas (fig. 3).

O NATINAMDS é um sistema integrado de defesa antimíssil desenvolvido e mantido pela OTAN. Projetado para proteger os países da OTAN contra ameaças de BM e CM, o NATINAMDS é uma peça fundamental na estratégia de defesa coletiva da aliança (OTAN, 2023). Este sistema está sob a autoridade do Comandante Supremo Aliado da OTAN na Europa (SACEUR²⁵).

Durante a Guerra Fria, uma barreira de mísseis terra-ar estendia-se ‘da Noruega à Turquia’ e ajudou a proteger os membros da Aliança Atlântica dos ataques aéreos provenientes dos membros do antigo Pacto de Varsóvia. Hoje, uma função fundamental da OTAN continua a ser garantir a segurança do espaço aéreo aliado, dos seus territórios, centros populacionais e forças armadas contra ameaças aéreas e de mísseis. Para isso a IAMD é um trunfo dos Aliados na estratégia de dissuasão pela postura de

²⁴ *North Atlantic Treaty Organization Integrated Missile Defense System*

²⁵ *Supreme Allied Commander Europe*

intransponibilidade, a fim de pôr em causa a confiança de um agressor em atingir os seus objetivos através do ar (Muravska, 2023).

Em tempos de paz, existem duas grandes atividades em curso no âmbito da IAMD da OTAN: o policiamento aéreo e a defesa contra BM (BMD²⁶). Em tempos de paz a missão do policiamento aéreo, com origem na década de 1960, é uma missão de defesa coletiva, para assegurar a integridade do espaço aéreo da aliança e para proteger os aliados através de uma vigilância aérea contínua e uma capacidade de resposta aérea (Vicente, 2019). O Comando Aéreo Aliado (AIRCOM²⁷), com sede em Ramstein, Alemanha, supervisiona a missão de policiamento aéreo da OTAN com C2 de forma ininterrupta a partir de dois Centros Combinados de Operações Aéreas (CAOCs²⁸): um em Torrejón, Espanha, que cobre o espaço aéreo europeu da OTAN ao Sul dos Alpes, e um em Uedem, Alemanha, cobrindo o Norte (OTAN, 2023).

A missão da BMD é defender as populações, territórios e forças OTAN na Europa contra a ameaça crescente representada pela proliferação de BM de fora da área euro-atlântica, particularmente a sudeste das fronteiras da aliança (OTAN, 2023). As preocupações com o sudeste das fronteiras da aliança têm crescido com a intensificação dos testes de mísseis do Irão e ao alcance e precisão dos seus BM. O BMD da OTAN não é dirigido contra a Rússia e não prejudicará a dissuasão estratégica da Rússia (OTAN, 2023).

O sucesso do NATINAMDS depende não apenas da eficácia dos seus componentes individuais, mas também da integração e interoperabilidade entre eles. A OTAN investe significativamente em sistemas de C2 avançados para garantir uma coordenação eficiente entre países membros e as diferentes plataformas e sensores do sistema de defesa. Sendo o NATINAMDS um sistema que engloba meios de todos os aliados, o que se traduz em sistemas com uma panóplia de capacidades, de Técnicas, Táticas e Procedimentos (TTP) e formas de operar díspares, torna-se essencial que exista uma interoperabilidade fluída de forma a que a troca de informação entre todos seja o mais eficiente possível (Correia , Cartaxo , Lopes , & Pedroso , 2023)

Talvez o esforço de cooperação mais ambicioso da IAMD em termos de participação seja o *European Sky Shield Initiative* (ESSI). Proposta e liderada pela Alemanha em agosto de 2022, a ESSI pretende construir um sistema europeu aéreo contra mísseis, através da aquisição conjunta de sistemas. Esta iniciativa aposta em capacidades

²⁶ *Ballistic Missiles Defense*

²⁷ *Allied Air Command*

²⁸ *Combined Air Operations Centers*

prontas a serem utilizadas com interoperabilidade entre os países membros. Outros 18 países já assinaram a carta de intenções, incluindo os estados bálticos e o Reino Unido (Muravska, 2023). Os fundadores desta ideia pretendem integrar o ESSI com o NATINAMDS e elevar as suas capacidades. No entanto, França e Alemanha têm visões diferentes sobre como defender os céus europeus. Berlim propõe um escudo comum e para tal prevê a compra de equipamentos militares alemães, israelitas e norte-americanos. A França pretende antes alargar o sistema defensivo que desenvolveu nos últimos anos com a Itália (Euronews, 2023).

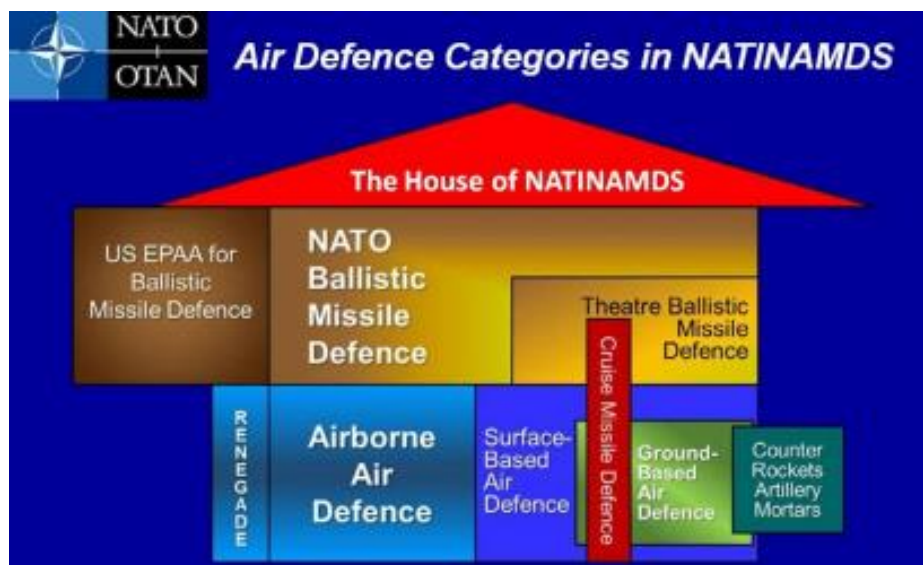


Figura n.º 3 - Categorias de Defesa Aérea no NATINAMDS

Fonte: PDE 3-37-00 Tática de Artilharia Antiaérea (2016)

1.3. A Artilharia Antiaérea – Sistemas de Armas

1.3.1. Princípios Gerais

Como foi estudado no capítulo anterior, a ameaça aérea tem como característica uma panóplia diversificada de sistemas de ataque ao solo. “Esta diversidade assenta num conjunto de meios, com características próprias muito variáveis e distintas, para as quais os sistemas de defesa de AAA têm que se adaptar, por forma a conseguir neutralizá-los de forma célere e eficazmente” (Sousa J. , 2018, p. 48). De acordo com o PDE 3-37-00 (2016), o sistema de AAA é constituído por: sistemas de C2, sistemas de deteção e alerta e sistemas de armas. Este último sistema atua como os “músculos” do sistema de defesa

antiaérea. É também a parte mais visível das unidades de antiaérea, embora não nos possamos esquecer da sua dependência dos outros sistemas referidos (Rosendo, 2019). Um só sistema de armas de AAA não tem a capacidade de enfrentar todos os tipos de ameaça aérea. As várias técnicas de ataque associadas a diferentes tipos de meios podem ser utilizadas de diferentes formas, variando em altitudes de voo, implicando a existência de uma complementaridade de sistemas de armas para dar resposta à possível ameaça. Para enfrentar eficientemente a ameaça aérea é necessário um conjunto de armas dotado de diferentes sistemas complementares, os quais, integrados numa defesa coesa, possibilitam uma adequada capacidade de resposta contra as diferentes técnicas normalmente utilizadas pelos meios aéreos inimigos (Preto & Marrafa, 2019). A DA deve ser entendida como uma rede multicamada, isto é, uma sobreposição de zonas de empenhamento de diferentes sistemas que somente se torna eficaz, se as ameaças puderem ser identificadas precocemente e de forma conjunta (Couceiro R. , 2023).

Para este efeito os sistemas de armas de AAA dividem-se em três grupos, de acordo com o seu alcance e altitude de empenhamento:

- Sistemas de curto alcance / baixa e muito baixa altitude (SHORAD²⁹/VSHORAD³⁰);
- Sistemas míssil de médio alcance (MRSAM³¹) e grande altitude (HIMAD³²);
- Sistemas C-RAM³³;

Todos os sistemas no conjunto destas três categorias, englobam-se no elemento terrestre da DA, denominado *Ground-Based Air Defense* (GBAD) (fig. 4), que constitui uma capacidade da OTAN que o SACEUR pode implementar sob a sua responsabilidade para defender forças da aliança de ataques ou possíveis ameaças (Preto & Marrafa, 2019).

²⁹ *Short-Range Air Defense*

³⁰ *Very Short-Range Air Defense*

³¹ *Medium-Range Surface-to-Air-Missile*

³² *High to Medium Air Defense*

³³ *Counter Rocket, Artillery and Mortar*

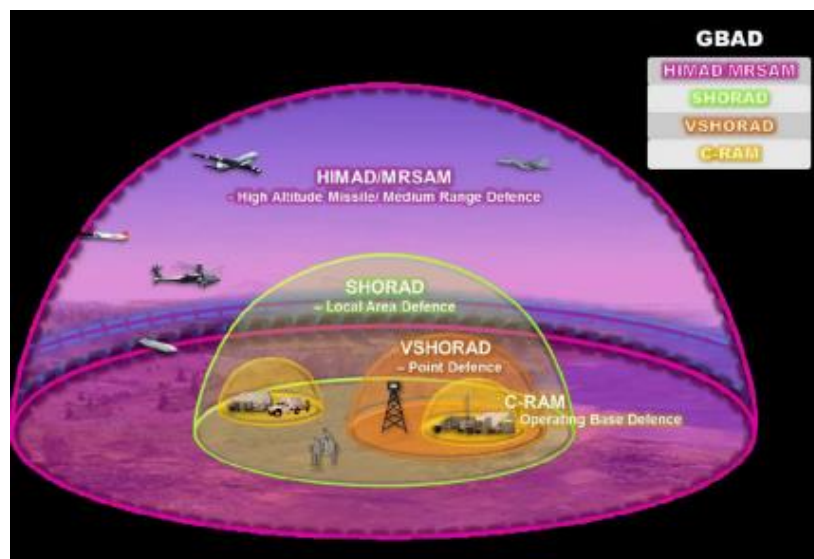


Figura n.º 4 - Volumes de empenhamento dos sistemas GBAD

Fonte: Preto & Marrafa, (2019)

No caso do Exército português apenas existem sistemas SHORAD e VSHORAD, designadamente:

- O Sistema Míssil Ligeiro Chaparral (SMLC), já descontinuado e totalmente inoperacional. Está em curso um projeto de reequipamento tendo em vista a sua substituição;
- O sistema MANPAD³⁴ Stinger, atualmente em operações na Roménia com tropas portuguesas em Forças Nacionais Destacadas (FND);
- O Sistema Canhão Bitubo, um VSHORAD de calibre 20mm.

Neste capítulo, vão ser analisados os sistemas de armas mais eficazes atualmente ao serviço da OTAN através de países membros como os EUA, a Alemanha, a França e a Espanha. Para a seleção destes sistemas foi feita uma escolha que abrange tanto sistemas com provas dadas em múltiplos TO, como sistemas que, apesar de não terem provas dadas, estão equipados com as tecnologias mais avançadas em uso.

1.3.2. SHORAD E VSHORAD

Os sistemas de curto alcance/baixa e muito baixa altitude são empregues para apoiar as forças de manobra, tendo por finalidade defender as forças contra ataques inimigos sendo também utilizados na área da retaguarda (Preto & Marrafa, 2019). A doutrina nacional, através da PDE 3-37-00 (2016), define que estes dois sistemas de armas

³⁴ *Man-Portable Air-Defense*

englobam os sistemas canhão, míssil portátil e míssil ligeiro. Podendo ainda os sistemas canhão e sistemas míssil ligeiro serem classificados de acordo com a sua mobilidade em sistemas rebocados (Reb), autopropulsados (AP) e até fixos. Nesta investigação na categoria de sistemas canhão e míssil ligeiro, apenas serão estudados os sistemas com capacidade C-RAM, cada vez mais importante na defesa de instalações e pessoal nos TO modernos.

Sobre os sistemas MANPAD, a PDE 3-37-00 (2016) define que são constituídos por mísseis guiados, disparados ao ombro ou a partir de apoios ou reparos ligeiros como bipés ou tripés, ou até mesmo a partir de viaturas, apresentando alcances que variam entre os 3 km e os 5 km. Estes mísseis também são muitas vezes integrados pelos seus fabricantes em sistemas de lançamento próprios - LCHR³⁵, integrados em viaturas com capacidade para vários destes mísseis. Neste tipo de configuração, podem ser classificados como Sistemas de Míssil Ligeiro. Como é o caso do sistema *Avenger* com capacidade de transportar 8 mísseis *stinger* divididos em duas rampas de lançamento (Preto & Marrafa, 2019).

Os sistemas canhão são caracterizados por uma capacidade de reação e empenhamento muito rápida, com zonas mortas reduzidas e capazes de empenhar sobre alvos com baixa assinatura radar, surgindo nas versões AP ou Reb. Esta característica determina o tipo de missão que é possível atribuir a estes meios (Proteção AA a unidades de manobra ou defesa de pontos ou áreas sensíveis) (Sousa J. , 2017).

1.3.2.1 NBS Mantis

O exército alemão, para a defesa a baixas altitudes, dispõe de um sistema que tem a particularidade de colaborar com esta componente de C-RAM (Preto & Marrafa, 2019). O sistema *Rheinmetall's Skyshield/Mantis* (fig.5) “também designado por NBS (*NachstBereichs-Schutzsystem*) pelo exército alemão, começou a ser desenvolvido em 2007, foi testado na Turquia em 2009 e foi utilizado no TO do Afeganistão em 2011” (Couceiro R. E., 2016, p. 16). O sistema *Mantis* tem a capacidade de disparar munições de 35mm, cuja produção inicial teve como objetivo a proteção das *Forward Operating Base* (FOB) no Afeganistão, como já referido, devido aos constantes ataques por meios de armas de tiro indireto dos vários grupos insurgentes a operar naquele TO (Preto & Marrafa, 2019).

³⁵ *Launcher*

O sistema é constituído por seis canhões de 35x288mm *Millennium*, cujas munições libertam submunições de alta densidade³⁶, com cada um destes canhões capazes de disparar 1000 Tiros Por Minutos (TPM). O sistema completo deste armamento não conta apenas com estes canhões. Fazem ainda parte do sistema, duas unidades de sensores e uma unidade de comando central. O sistema de sensores é composto por radar, sensores eletro-óticos instalados no perímetro da base, é totalmente automatizado e funciona 24 horas por dia. O radar é capaz de detetar mísseis a cerca de 3 km de distância (*Army-Technology*, 2021).



Figura n.º 5 - Canhão do Sistema NBS Mantis

Fonte: Army-Technology, (2021)

1.3.2.2. M-SHORAD

Segundo o relatório anual *Military Balance – The Annual Assessment of Global Military Capabilities and Defence Economics* (2023), o exército dos EUA, desde o final de 2022, conta na sua orgânica com Unidades de Escalão Batalhão (UEB) de um novo sistema SHORAD. Este novo sistema denomina-se de M-SHORAD³⁷ (fig.6) e, segundo o seu fabricante, a Leonardo DRS, é um meio de AAA que consegue mover-se e acompanhar a manobra em apoio direto às Equipas de Combate de Brigada (BCT³⁸) a fim de destruir, neutralizar ou dissuadir ameaças aéreas de baixa altitude, incluindo SANT de classe III (>600kg), aeronaves de asa fixa e basculante. Deteta, identifica e monitoriza ameaças aéreas com sensores integrados que fornecem vigilância aérea de 360°. O M-SHORAD usa o *chassi* de um veículo de combate *Stryker* M-1126, com bom desempenho todo-o-terreno.

³⁶ Cada munição é pré-programada através de um indutor eletromagnético à boca do cano. Esta tecnologia permite que cada munição se divida, no momento correto através de um cronómetro digital, em 152 submunições. Cada uma destas submunições, leva consigo 3.3g de tungsténio (*Army-Technology*, 2021).

³⁷ *Maneuver Short-Range Defense*

³⁸ *Brigade Combat Units*

Os sistemas de armas e radar são configurados pela Leonardo DRS e posteriormente instalados no *chassi* pela *General Dynamics Land Systems*, empresa que fabrica o *Stryker M-1126* (Feickert, 2023). Este sistema está equipado com dois mísseis *AGM-114L Longbow Hellfire* vocacionados para alvos terrestres, quatro mísseis *FIM-92 Stinger* para alvos aéreos. O seu armamento secundário é o canhão automático 30mm *XM914* e uma metralhadora média 7.62mm *M240*. O míssil *AGM-114L Hellfire*, também conhecido como *Longbow*, é um míssil de ataque preciso que utiliza um sistema de radar de onda milimétrica (MMW³⁹) para navegação. Este sistema de navegação permite que o míssil opere em condições climáticas adversas e de baixa visibilidade, garantindo uma capacidade de *fire-and-forget*, essencial para a sobrevivência no moderno CB (*Missile Threat*, 2021). Já o outro sistema míssil do MSHORAD, o *FIM-92 Stinger*, apesar de originalmente ter sido desenhado como sistema MANPAD, foi posteriormente adaptado para ser disparado a partir de uma ampla variedade de veículos terrestres e até de aeronaves de asa basculante.

Por ser um sistema tão recente, o M-SHORAD está equipado com uma elevada tecnologia de gestão de espaço aéreo. Com uma antena IFF⁴⁰ e uma outra antena capaz de fornecer vigilância aérea tática, que funciona através do efeito *doppler*, garante a precisão do seu radar para detetar, localizar e monitorizar alvos aéreos e terrestres, incorpora ainda equipamento capaz de apoiar na guerra eletrónica (Fraga, 2021). A recente adição do sistema M-SHORAD proporcionará melhor proteção das forças de manobra a distâncias maiores e com maior mobilidade, permitindo uma defesa mais robusta das forças dos EUA e conseqüentemente da Aliança Atlântica.



³⁹ Millimeter-wave

⁴⁰ Identification Friend or Foe

Figura n.º 6 - MSHORAD e seus principais constituintes

Fonte: Leonardo DRS, (2024)

1.3.2.3. FIM-92 Stinger

O sistema MANPAD mais amplamente usado na Aliança Atlântica é o míssil FIM-92 *Stinger*. Foi integrado no exército dos EUA em 1981 e, desde então, outros 29 países o utilizam, incluindo Portugal. Apesar de mais de 40 anos ao serviço, continua a ser uma peça de defesa fundamental no acompanhamento das forças de combate altamente móveis. Já esteve presente em 4 grandes conflitos onde provou a sua eficácia com mais de 270 neutralizações de aeronaves de asas fixa e basculante confirmados (*Army Recognition*, 2023).

Segundo a doutrina do corpo de fuzileiros norte-americanos, a *Marine Corps Reference Publication (MCRP) 3-25.10A, Low Altitude Air Defense (LAAD) Gunner's Handbook* (2011), o sistema míssil FIM-92 *Stinger*, é um míssil guiado de interceção aérea, portátil, compacto, disparado ao ombro para defesa própria. Tem como missão a proteção contra ataques aéreos hostis, efetuados a baixa e muito baixa altitude sobre unidades de manobra e de apoio de combate. O sistema completo tem um peso total de 15.6 kg e 1.52 m de comprimento, o seu tubo de lançamento é descartável e o grupo do punho é reutilizável até 4 vezes. Uma vez disparado o míssil, este tem um alcance máximo de 8 km e de eficácia máxima de 5 km, uma altitude máxima de 3 km e uma velocidade máxima de Mach 2.2 (750m/s).

Desde 1981, foram criadas várias versões deste armamento, sendo a mais comum, a versão RMP⁴¹. Os mísseis desta versão são também amplamente usados noutras plataformas terrestres, como é o caso do *Avenger* e do MSHORAD. Em plataformas aéreas também foi integrado, como no helicóptero AH-64 *Apache* (*Army Recognition*, 2023).

O *stinger* continua a provar o seu valor atualmente em solo ucraniano frente às forças russas, sobretudo contra aeronaves de asa fixa e basculante. Um exemplo disso aconteceu a 5 de março de 2022, quando as forças ucranianas abateram um helicóptero Mi-24 com este sistema. Outro exemplo foi a 22 de abril de 2022 em que fuzileiros e paraquedistas ucranianos destruíram 2 helicópteros russos Mi-8 com o mesmo sistema (*Missile Defence Advocacy Alliance*, 2024). Segundo o Departamento de Defesa dos EUA (2024), desde o início do conflito em fevereiro de 2022 até dia 15 de janeiro de 2024, mais de 2000 sistemas MANPAD *stinger* foram enviados para as tropas ucranianas.

⁴¹ *Reprogrammable Microprocessor*

1.3.2.4. Mistral

Outro sistema míssil MANPAD que representa uma referência na Aliança Atlântica, é o sistema Mistral, fabricado pelo grupo MBDA⁴². Este sistema foi introduzido no exército francês em 1987 e atualmente é utilizado por mais de 25 países, dentro e fora da OTAN. Semelhante ao *stinger* em muitos aspetos, apresenta a última tecnologia de míssil *fire-and-forget* (Martins, Silva, & Pereira, 2020). Esta característica permite aumentar a probabilidade de sobrevivência do seu operador após o disparo segundo o seu fabricante, o míssil portátil Mistral, é totalmente digital, funciona por deteção de zonas de calor e foi desenhado para complementar qualquer ramo das FFAA. Tem uma eficácia de 97% taxa de sucesso e uma maior segurança em relação aos restantes MANPAD.

O sistema completo deste MANPAD conta com: o corpo de míssil, ótica infravermelha, tripé de montagem e um carregador. Como características técnicas apresenta: peso de míssil de 19.7 kg e 1.86 m de comprimento, um alcance máximo de 7.5 km e mínimo de 500 m, altitude máxima de 3 km e uma velocidade máxima de Mach 2.6 (800m/s) (*Military News*, 2024).

O Mistral conta com várias versões, a versão MANPAD é a mais básica com um lançador portátil e controlos manuais. Uma das versões mais utilizadas, é o Albi Mistral, um sistema de 2 mísseis integrados em veículos de rodas ou lagartas. O seu lançador duplo está instalado numa torre flexível que garante uma defesa a 360°, sendo manualmente operada pelo apontador. Esta variante consegue ainda operar de forma semiautomática, através dos sensores térmicos (vigilância setorial passiva) e IFF ou integrada num sistema de C2 automático através de um centro de direção de tiro próprio do fabricante⁴³ (Sousa J. , *Sistemas de AAA - Míssil e Radar*, 2017). Existe ainda a versão Mistral RC que junta as capacidades do sistema Mistral com controlo remoto. Nas plataformas navais, destacam-se as versões *Simbad* e *Simbad RC* com lançadores duplos, e ainda as versões *Tetral* e *Sadral* com 4 e 6 lançadores mísseis respetivamente, totalmente automatizadas. Por fim nas plataformas aéreas existe a versão ATAM⁴⁴, usada em aeronaves de asa basculante

⁴² MBDA é uma multinacional da indústria de armamento. Resulta da fusão, em 2001, dos maiores fabricantes de armamento de França, Reino Unido e Itália: *Matra*, *British Aerospace Dynamics Limited* (*Bae Dynamics*) e *Alenia*.

⁴³ *Mistral Co-ordination post* ou I-MCP (*Improved Missile Control Post*)

⁴⁴ *Air-to-Air Missile*

1.3.3. MRSAM e HIMAD

Segundo a doutrina nacional (2016), os sistemas MRSAM têm características muito semelhantes às dos sistemas HIMAD, o que lhes confere o mesmo tipo de missão e tarefas. A principal diferença reside essencialmente na gama de altitudes de empenhamento, mais reduzida no caso dos MRSAM. Os sistemas HIMAD são utilizados, principalmente, para combater a ameaça de BM, podendo também ser utilizados contra: CM, SANT, foguetes de grande calibre (LCR⁴⁵) e aeronaves de asa fixa e basculante.

1.3.3.1. NASAMS

Nos sistemas de defesa AA de médias altitudes, atualmente a Noruega, Espanha, Holanda e Finlândia contam com o sistema NASAMS⁴⁶ (fig. 7). Com a sua terceira geração lançada em 2019, é um dos mais avançados sistemas de DA do mundo. O sistema resulta de uma parceria entre a norueguesa *Kongsberg Defense & Aerospace* e a norte-americana *Raytheon*. O NASAMS começou a operar em 1998 e, ao longo dos anos, foi sendo aprimorado e atualizado graças aos avanços tecnológicos (Capucho, 2023). O sistema pode ser utilizado para identificar, rastrear e destruir aeronaves de asa fixa e basculante, CM e SANT. Foi desenhado para proteger bases aéreas e navais e áreas populacionais contra ameaças ar-superfície (*Airforce-Technology*, 2023), em cenários de clima ártico, subtropical e até desérticos. Uma das áreas populacionais protegidas por este sistema, é a capital dos EUA, Washington D.C desde 2005. Atualmente este sistema está operacional em 13 países, entre eles, a Noruega, Espanha, EUA, Holanda, Finlândia, Omã, Lituânia e Indonésia.

Segundo os seus fabricantes, o sistema completo NASAMS é constituído por: um radar AN/MPQ-64 *Sentinel* capaz de fornecer leituras em três dimensões sobre a localização de 72 alvos em simultâneo e tem um raio de deteção de ameaças a 120km, que pode variar com o clima ou a altitude de voo (Capucho, 2023); um posto de C2 - FDC⁴⁷ que gere todo o comando, controlo, comunicações e informações (C3I) recolhidas do CB e que, graças à sua arquitetura de rede aberta permite-lhe uma interoperabilidade com outros sistemas de armas como o sistema HIMAD PATRIOT⁴⁸; sensores de infravermelhos e

⁴⁵ *Large Caliber Rockets*

⁴⁶ *National Advanced Surface-to-Air Missile System* ou *Norwegian Advanced Surface-to-Air Missile System*

⁴⁷ *Fire Distribution Center*

⁴⁸ *Phased Array Tracking Radar to Intercept on Target*

eletro-óticos MSP 500 que operam em modo passivo; plataformas lançadoras de mísseis; e uma gama diferenciada de mísseis que garante ao NASAMS alcances diferenciados.

A versão mais recente deste sistema vem equipada com 3 tipos diferentes de mísseis. Produzidos pelo próprio fabricante norte-americano, são o AMRAAM⁴⁹ e 2 variantes: o AMRAAM-ER⁵⁰ que tem alcance superior até aos 50km e o AIM-9X-2 para distâncias mais curtas. Cada LCHR do NASAMS pode transportar e disparar rapidamente até 6 mísseis (*Airforce-Technology*, 2023). O FDC de cada sistema NASAMS tem a capacidade de controlar remotamente via rádio cada um dos seus LCHR até uma distância de 25km e os seus 6 mísseis podem ter 6 alvos diferenciados (*Army Recognition*, 2024). Todos os componentes do NASAMS são transportáveis por viaturas todo-o-terreno e desenhados de forma a serem também aerotransportáveis pelo C-130 Hercules ou por helicóptero.

Em novembro de 2022 foram integrados os primeiros sistemas NASAMS na Ucrânia para fazerem face à crescente ameaça aérea russa contra o território ucraniano (*Expresso*, 2022). A precisão deste sistema é fulcral para as defesas ucranianas, o arsenal da Ucrânia era suficiente para interceptar e abater alguns dos mísseis e *drones* russos de menores dimensões, mas era incapaz de fazer frente aos CM mais sofisticados. O perfil de voo baixo, mais próximo do solo, permitia a este armamento não ser detetado pelos radares ucranianos. Nesta área, o sistema de radares e sensores do NASAMS é decisivo (*Expresso*, 2022). Segundo o Departamento da Defesa dos EUA (2024), até ao dia 15 de janeiro de 2024 já tinham sido implantados 12 sistemas NASAMS norte-americanos em solo ucraniano.



Figura n.º 7 - LCHR do sistema NASAMS

⁴⁹ *Advanced Medium Range Air-to-Air Missile*, o NASAMS foi o primeiro sistema de armas a utilizar esta tipologia míssil a partir da superfície

⁵⁰ *Advanced Medium Range Air-to-Air Missile – Extended Range*

1.3.3.2. MEADS

Outro sistema de escalão MRSAM, é o MEADS⁵¹ (fig. 8), um projeto conjunto de defesa antimísseis dos EUA, Alemanha e Itália originalmente desenhado para substituir o sistema HIMAD PATRIOT. O programa tinha em vista preencher a lacuna existente entre os sistemas SHORAD e HIMAD (*Missile Threat*, 2021).

Introduzido no exército alemão desde 2015, a fim de substituir o sistema PATRIOT, apresenta a tecnologia mais recente e capacidade de empenhamento a 360° contra TBM, CM, SANT e toda a tipologia de aeronaves (Preto & Marrafa, 2019). Uma única bateria MEADS é capaz de defender até 8 vezes a área de uma bateria PATRIOT através dos seus sensores avançados, capacidade de lançamento vertical e do alcance do míssil PAC-3 MSE⁵² da *Lockheed Martin* (*Army-Technology*, 2017). Segundo este fabricante (2015), o míssil PAC-3 MSE incorpora modificações ao nível do sistema de propulsão como baterias térmicas e fins maiores que aumentam o seu alcance em relação aos antecessores. Com uma tecnologia própria de guiamento, *hit-to-kill*⁵³, a *Lockheed Martin* afirma que este míssil é capaz de fazer frente a todas as ameaças modernas. Com mais de 1700 PAC-3 MSE produzidos e mais de 90 testes de voo bem-sucedidos até ao momento da realização deste trabalho de investigação. O míssil tem comprovado a sua capacidade de interseção e destruição de alvos aéreos numa variedade de cenários.

O sistema emprega duas tipologias de radar, um radar UHF⁵⁴ para vigilância e rastreamento, e um radar responsável pela identificação e classificação das ameaças - MFCR⁵⁵. Ambos os radares funcionam através do efeito *Doppler* (*Missile Threat*, 2021). O sistema conta ainda com uma estação de C2 própria, a BMC4I⁵⁶, que também funciona como Centro de Operações da Bateria (COB). Por último, cada bateria MEADS, conta com 2 LCHR com capacidade de transporte de 8 mísseis cada um. Todos estes componentes foram desenhados com a mobilidade em mente, de modo a fornecer proteção contínua às forças de manobra. Cada um dos radares, BMC4I e LCHR podem ser integrados no *chassi*

⁵¹ *Medium Extended Air Defense System*

⁵² *PATRIOT Advanced Capability-3 Missile Segment Enhancement*

⁵³ *Hit-to-kill* trata-se de uma tecnologia utilizada por diversos tipos de mísseis desenhados para destruir as ameaças aéreas com o impacto nas mesmas, minimizando o risco para as forças terrestres (*Lockheed Martin*, 2021)

⁵⁴ *Ultra-High Frequency – 300 Mhz a 3000 Mhz*

⁵⁵ *Multi-Function Fire Control Radar*

⁵⁶ *Battle Management, Command, Control, Communications, Computers, and Intelligence* conta com a tecnologia *plug-and-fight*, que permite que outros sensores, radares e sistemas de armas se liguem à sua rede com total interoperabilidade de sistemas.

de um viatura todo-o-terreno, e ainda aerotransportáveis por meios como o C-130 Hercules e o A400M (*Army-Technology*, 2017).



Figura n.º 8 - LCHR's e BMC4I do sistema MEADS

Fonte: Army-Technology, (2017)

1.3.3.3. PATRIOT

O sistema HIMAD que o MEADS supostamente irá substituir a longo prazo, o PATRIOT (fig. 9), continua a ser o principal meio HIMAD dos EUA e em utilização por outros 17 países ⁵⁷. Inicialmente projetado como um sistema contra aeronaves convencionais, graças aos melhoramentos tecnológicos ao nível dos radares e mísseis atualmente é capaz de fazer frente a BM, CM, RAM e aeronaves de asa fixa e basculante (*Missile Threat*, 2023). Este sistema configura um esforço conjunto pelas empresas norte-americanas *Raytheon Technologies*, que produz o radar e demais equipamentos terrestres, e a *Lockheed Martin* que produz os mísseis (Feickert, 2023).

Uma bateria PATRIOT é constituída por: uma estação fornecedora de energia, um radar, uma estação de C2 própria - ECS⁵⁸, 6 LCHR, uma estação antena responsável pelas comunicações e os mísseis interceptores (Feickert, 2023). Atualmente o sistema PATRIOT é compatível com os mísseis PAC-2 e PAC-3. As variantes do PAC-2 mais recentes, o PAC-2 GEM-T⁵⁹ e PAC-GEM-C⁶⁰, entraram ao serviço em 2002 e foram desenhadas para

⁵⁷ EUA, Alemanha, Grécia, Israel, Japão, Jordânia, Kuwait, Marrocos, Holanda, Polónia, Qatar, Roménia, Arábia Saudita, Espanha, Coreia do Sul, Suíça, Taiwan, Emirados Árabes Unidos e a Ucrânia desde 2023 (*Army Recognition*, 2024)

⁵⁸ *Engagement Control Station*

⁵⁹ *PAC-2 Guidance Enhanced Missile – TBM*

⁶⁰ *PAC-2 Guidance Enhanced Missile - Cruise*

interceptar TBM e CM respetivamente e explodem a uma distância suficientemente próxima para interceptar o alvo (*Missile Threat*, 2023). Já a versão mais recente do PAC-3 MSE, detona por contacto direto com o alvo graças à tecnologia de guiamento *hit-to-kill* anteriormente abordado no sistema MEADS. Após o míssil ser disparado de um dos LCHR, o radar continua a seguir o movimento do alvo e transmite esta informação ao míssil. Uma vez suficientemente próximo do alvo, o seu *active seeker* faz os ajustes necessários na sua trajetória. O modelo PAC-2 detona por aproximação, a uma distância que lhe possibilite interceptar o alvo, enquanto o modelo PAC-3 detona por impacto (Feickert, 2023).

A evolução de PAC-2 para PAC-3 não ficou apenas pelos mísseis. O radar também foi alvo de melhoramentos significativos, passando do AN/MPQ-53 para o AN/MPQ-65. Este novo radar equipado com uma antena de tecnologia PESA⁶¹, oferece leituras mais precisas ao nível da localização dos alvos e uma melhor resistência a contramedidas eletrónicas. O alcance foi melhorado para os 100 km contra aeronaves e para os 160 km contra BM, contudo estes alcances podem variar conforme a altitude e as condições climáticas (*Army Recognition*, 2024). O radar AN/MPQ-62 consegue rastrear os movimentos até 100 alvos que podem variar entre BM, CM ou aeronaves com tecnologia *stealth*⁶² (*Missile Defense Advocacy Alliance*, 2023)

No conflito russo-ucraniano este sistema HIMAD tem tido um papel vital na defesa de infraestruturas dos mísseis e SANT russos (SIC Notícias, 2023). Outro trunfo do PATRIOT é a sua mobilidade e simplicidade de sistemas de C2. Prova disso é o facto de os 65 militares ucranianos que receberam formação de como manobrar e operar este sistema em *Fort Sill*, Oklahoma em 2023, apenas precisaram de 10 semanas para serem certificados pelo exército norte-americano a fazê-lo em solo ucraniano (CNN, 2023). Até à data de elaboração deste trabalho, a Alemanha e os EUA enviaram, cada um, uma bateria PATRIOT (*Department of Defense United States of America*, 2024).

⁶¹ *Passive electronically scanned array*

⁶² *Stealth* – qualquer tecnologia militar destinada a tornar veículos ou mísseis indetetáveis aos radares inimigos ou outros meios de deteção eletrónica. Embora detalhes específicos relativos a esta tecnologia sejam confidenciais, algumas informações gerais são atualmente conhecidas. Como por exemplo o uso de materiais e revestimentos com propriedades absorventes de transmissões radar (Britannica, 2024).



Figura n.º 9 - míssil PAC-2 a ser disparado de um LCHR do sistema PATRIOT

Fonte: SIC Notícias, (2023)

1.3.4. C-RAM

Esta classe de sistemas de armas, segundo a doutrina nacional (2016), destina-se à proteção da força contra a ameaça RAM, podendo defender instalações e/ou infraestruturas fixas ou semifixas tais como pontes, Postos de Comando (PC), locais de reabastecimento e remuniamento avançados, bases logísticas, centros populacionais entre outros. Podem ser classificados em dois grupos: C-RAM míssil e C-RAM canhão. Ambos os sistemas possuem seis fases de atuação: a prevenção a deteção, o aviso, a interceção, a proteção e o ataque (Couceiro R. E., 2016). Já referida neste trabalho, a capacidade C-RAM está cada vez mais presente nos sistemas SHORAD e VSHORAD, dada a proliferação da ameaça RAM, como foi o caso dos sistemas NBS *Mantis* e MSHORAD. Segundo o centro de excelência da IAMD da OTAN (2024), os meios C-RAM atuam de forma autónoma com pouco tempo de resposta e alto nível de automatismos. Devem ainda ser coordenados através de meios de controlo do espaço aéreo e integrados na arquitetura NATINAMDS.

Com a participação dos EUA nos TO do Afeganistão e Iraque, verificaram-se de imediato ataques a instalações utilizando munições RAM, dado o seu baixo custo e facilidade de acesso por parte dos insurgentes. Mesmo tratando-se de armamento simples, e muitas vezes antiquado, a ameaça RAM afeta o moral e sobretudo a credibilidade da força. Desta forma, e para fazer rapidamente face a estas ameaças, os EUA tiveram de preencher esta lacuna recorrendo a sistemas de armas já existentes, adaptando-os para que fossem rapidamente projetados para TO modernos (Mainha, 2013). As generalidades dos sistemas C-RAM foram desenvolvidas com base em sistemas canhão já existentes (Couceiro R. E., 2016).

1.3.4.1. *Centurion*

Um dos primeiros sistemas C-RAM, foi precisamente baseado num sistema canhão inicialmente desenhado para proteger navios da Marinha norte-americana de CM e outras ameaças SHORAD e VSHORAD (*Army Recognition*, 2023). O sistema *Centurion*, também designado por *Phalanx*, é fabricado pela empresa norte-americana *Raytheon* a partir do sistema canhão *Vulcan Phalanx 1B*. Esta modificação, testada pela primeira vez em 2004, consistiu em acoplar o sistema *Vulcan* numa plataforma de rodas e associar-lhe novos radares de direção de tiro, aviso e alerta (Couceiro R. E., 2016).

A primeira utilização deste sistema num cenário real, foi no Iraque em 2006, para proteger a *Green Zone* - a grande área de Bagdad transformada em base militar. O *Centurion* foi capaz de eliminar entre 70 a 80% dos foguetes e morteiros que cuja trajetória estava dentro do alcance do seu canhão (*Army Recognition*, 2023).

O *Centurion* é composto pelo seu sistema canhão, os radares e o sistema de C2. O canhão que equipa este sistema é uma metralhadora *Gatling M6A1* de 20 mm, composto por seis tubos capazes de atingir uma taxa de 3000 a 5400 TPM que se autodestroem de forma a não causarem danos colaterais. Ao ser empenhado, este sistema emite um som característico, que serve de alerta aos combatentes e não-combatentes que um ataque com munições RAM está a acontecer, permitindo desta forma reduzir a probabilidade de perda de vidas (Mainha, 2013). Associado ao canhão está ainda um subsistema de infravermelhos (FLIR⁶³) que permite a aquisição de alvos em quaisquer condições de visibilidade (*Army Recognition*, 2023). Tem capacidade de ligar-se a radares como o AN/TPQ-36 *Firefinder* ou ao AN/TPQ-64 *Sentinel*, como outros sistemas estudados neste trabalho de investigação, ambos garantindo o aviso prévio. O *Centurion* possui também um radar LCMR⁶⁴ que lhe permite a deteção da ameaça RAM, calculando o ponto de impacto e a sua origem, através da análise da sua trajetória (Couceiro R. E., 2016). Uma das variantes deste sistema é o *Mobile C-RAM Centurion*, em que todos os componentes do sistema estão integrados numa única viatura pesada todo-o-terreno Oshkosh HEMTT A3 (*Army Recognition*, 2023).

⁶³ *Forward-Looking Infrared*

⁶⁴ *Lightweight Counter Mortar Radar*

1.3.4.2. *Oerlikon Skyguard III*

Outro sistema C-RAM de referência na Aliança Atlântica, é o *Oerlikon Skyguard III* (fig. 10) de fabrico alemão, a mais recente versão do sistema míssil e canhão duplo *Skyguard I*. Desenvolvido pela *Rheinmetall Air Defense*, este sistema oferece proteção contra aeronaves de asa fixa e basculante, SANT, foguetes e mísseis (*Army Recognition*, 2018). O *Oerlikon Skyguard III* vem equipado com um sistema canhão bitubo de 35 mm para empenhamento a curtas distâncias até 4 km, e, ainda dois lançadores de mísseis ASRAD⁶⁵ para empenhamento a longas distâncias até 7 km. As munições utilizadas são dotadas da tecnologia AHEAD⁶⁶ que à semelhança do sistema NBS *Mantis* do mesmo fabricante, formam nuvens de submunições capazes de neutralizar pequenos alvos, tanto a baixa como alta altitude (*Airforce Technology*, 2024). A rajada normal dos dois canhões, consiste em 25 tiros disparados em cerca de 0.7 segundos. Estas 25 munições contêm mais de 3800 submunições. Este sistema C-RAM pode ainda ser totalmente operado em modo autónomo por unidade de controlo de tiro própria (FCU⁶⁷) ou manualmente operado por um militar (*Army Recognition*, 2018).

O sistema radar, que equipa o *Oerlikon Skyguard III*, é o X-TAR3D. Trata-se de um radar de aquisição tridimensional que opera na banda-X. “Permite procurar, detetar, adquirir, seguir, identificar e classificar alvos aéreos, de forma a fornecer uma imagem tridimensional da imagem aérea (LAP⁶⁸) para facilitar o comando e controlo, assim como a utilização dos sistemas de armas sobre as diversas ameaças” (Couceiro R. E., 2016, p. 18). O X-TAR3D permite até fazer face a plataformas com tecnologia *stealth* e possui um alcance até 55 km.

⁶⁵ *Advanced Short-Range Air Defense System*

⁶⁶ *Advanced Hit Efficiency and Destruction*

⁶⁷ *Fire Control Unit*

⁶⁸ *Local Air Picture*



Figura 10 - Sistema Oerlikon Skyguard III

Fonte: Army Recognition, (2018)

1.3.5. C-SANT

Apesar de não constar na doutrina nacional como um dos grupos de sistemas de armas da AAA, esta componente tem ganho cada vez mais relevância na AAA dos exércitos da OTAN devido à proliferação dos SANT, tanto no CB como fora dele. No surgimento destes sistemas, verificou-se que os sistemas de armas antiaéreas mais adequados para lhes fazer frente, seriam os sistemas C-RAM e sistemas canhão guiado. Apesar de serem extremamente eficazes em cenários de campanha, verificou-se a existência de danos colaterais dos seus projéteis, sobretudo em contexto de combate urbano. Assim sendo, o sistema C-SANT revela-se eficaz e sem produção de qualquer dano colateral na população e infraestruturas mesmo quando empenhado em eventos de elevada visibilidade, permitindo o derrube e até captura do SANT, garantindo um uso dual para AAA (Sousa J. , 2018). A componente C-SANT é constituída por diversos sistemas de AAA, com aplicabilidade de acordo com as subcategorias de SANT (fig. 11).

| Classe | Categoria | Emprego Habitual | Altitude de Operação | Raio de Ação | Comando Apoiado Primariamente | Exemplo de Plataforma | Área de Atuação dos Sistemas de Armas de Defesa Antiaérea |
|--|---|---|--------------------------------|--|--------------------------------|---|---|
| DRONE ⁽¹⁾ (Menos de 1,5 kg) | Nano Drones Mini Drones | | | Até 4 km. Até 45 min. Autonomia | | Tricopter Quacopter | |
| DRONE ⁽¹⁾ (Menos de 10 kg) & CLASSE I (Menos de 600 kg) | MICRO UAV Menos de 2 kg | Tático - Pelotão/Seção/ Individual (operador Individual) | Até 200 ft (61 m) AGL | 5 km (LOS) | Pelotão/Seção | Black Widow | |
| | Drones Regulares ⁽²⁾ Menos de 10 kg | Melo civil/pessoal e Transportes de Cargas (Ex.: agricultura - pulverização de pesticidas) | | Até 15 min. Autonomia | | Quacopter Hexacopter (dreamagle x4-10 Drone) | |
| | Drones de Larga Dimensão ⁽¹⁾ Menos de 10 kg | Transportes de Cargas (Ex.: agricultura - pulverização de pesticidas) | | Até 10 km. Até 30 min. Autonomia | | Octocopter (MAHATMA Drone) | |
| | Mini UAV De 2 a 20 kg | Tático - Batalhão/Companhia (Lançamento manual) | Até 3000 ft (900 m) AGL | 25 km (LOS) | Companhia | Scan Eagle, SkyLark, Raven, DH3, Aladin, Strix | |
| | SMALL UAV Mais de 20 kg | Tático - Batalhão/Companhia (Necessita de sistema de lançamento) | Até 5000 ft (1,5 km) AGL | 50 km (LOS) | Batalhão/Regimento/ Brigada | Luna, Hermes 90 | |
| CLASSE II (Entre 150 kg e 600 kg) | UAV TÁCTICO | Formação Tática | Até 10,000 ft (3 km) AGL | 200 km (LOS) | Comando de Brigada | Spencer Iview 250, Hermes 450, Aerostar Ranger | |
| | MALE | Operacional/Teatro | Até 45,000 ft (13,7 km) AGL | Unlimited (BLOS) | JTF COM | Predator B, Predator A, Heron, Heron TP, Hermes 900 | |
| CLASSE III (Mais de 600 kg) | HALE | Estratégico/Nacional | Até 65,000 ft (19,8 km) AGL | Unlimited (BLOS) | Theatre COM | Global Hawk | |
| | ATAQUE/COMBATE | Estratégico/Nacional | Até 65,000 ft (19,8 km) AGL | Unlimited (BLOS) | Theatre COM | | |

Figura n.º 11 - Classificação de SANT da OTAN e respetiva área de atuação da AAA

Fonte: Melo (2018)

A tabela da figura n.º 11 evidencia bem como a capacidade C-SANT só estará complementada com o C-RAM, de modo a garantir a necessária complementaridade de sistemas. Integrar esta complementaridade de sistemas numa operação de C-SANT passa por um processo faseado de deteção, identificação, reação e de relato da ameaça. Para se executar estas técnicas deve considerar-se:

- “Integrar e interligar sensores em rede para desenvolver a compreensão situacional sobre a ameaça de SANT;
- Manobrar para obter boas posições de observação;
- Desenvolver e partilhar a Imagem Operacional Comum (COP⁶⁹);
- Realizar ações de observação (vigia do ar) para detetar e relatar ameaças de SANT
- Garantir a comunicação com o gestor de espaço aéreo e pessoal da aviação;
- Coordenar com o escalão superior o apoio de meios não orgânicos como sensores ou meios de guerra eletrónica;

⁶⁹ Common Operational Picture

- Estabelecer uma área de empenhamento imediato de C-SANT (prevenção de fratricídios)” (US Army, 2017).

A detecção prévia é chave para o sucesso da componente C-SANT e, para tal, devem ser conjugados meios radar, dispositivos óticos, sonoros e recursos humanos. Toda a informação recolhida por estes meios conjuga-se numa COP que é transmitida às forças no terreno. A fase seguinte, identificar, deve permitir reconhecer a tipologia SANT em termos de: envergadura de asas; comprimento; cor; configuração da cauda; tipo de voo (estacionário, direcionado ou aleatório); tipo de ataque (direto, indireto, enxame ou reconhecimento). Por último, reagir e relatar. Sempre que uma força se cruza com um ameaça SANT, independentemente da sua tipologia, deve ser assumida como hostil, mesmo que não o aparente. Com toda a informação processada e de acordo com a avaliação do comandante da força, a reação será realizada com recurso a medidas de defesa passivas como a camuflagem ou ocultação ou com medidas de defesa ativa, fazendo-se uso de meios de interceção (Couceiro R. , 2023).

Estes meios de interceção, efetuados pelas forças no terreno para combater a ameaça SANT são divididos em *soft-kill* e *hard-kill*. Segundo a PDE 5-36-00 – Planeamento Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados (C-SANT) (2020), ainda em aprovação, as medidas *Hard-Kill* assentam na utilização de meios de força destrutiva (sistemas de armas) com o objetivo de neutralizar os SANT. Enquanto as medidas *soft-kill* não utilizam meios de força destrutiva para neutralizar os SANT, é comum a utilização de meios que cortam a comunicação entre o SANT e o operador. Os meios *soft-kill* são necessariamente usados em ambientes sensíveis a danos colaterais como eventos de alta visibilidade.

Uma vez que são os SANT de classe 1, que agrupam os sistemas micro, mini e pequenos, aqueles que representam ameaça que não é detetada pelos sistemas C-RAM e sistemas míssil. Neste subcapítulo serão estudados os sistemas anti-drone atualmente utilizados pela Aliança Atlântica e pelas forças ucranianas no seu conflito contra a Rússia, uma vez que este conflito tem servido de plataforma de testes para as indústrias de defesa.

1.3.5.1. Batelle DroneDefender

Um dos sistemas de armas *soft-kill* já em uso pelo exército dos EUA é o *Batelle DroneDefender*, tendo já sido empregue nos TO da Síria e Iraque (Ribeiro, 2021). Com os primeiros testes realizados em 2017 no estado norte-americano da Flórida, o sistema emite

uma frequência rádio que inutiliza ameaças SANT, até aos 400 m (*Airforce Technology*, 2017).

1.3.5.2. Dronebuster Block 3

Outra arma anti-drone *soft-kill* em uso pelos EUA é o *Dronebuster Block 3* (Ribeiro, 2021). Produzido pela empresa norte-americana *Flex Force* funciona de modo semelhante ao *Batelle DroneDefender*, através de *jamming* consegue interferir nos sistemas de localização geográfica de uma ameaça SANT em que tenha linha de vista, inutilizando-o totalmente. Foi desenhado para ser empenhado em drones comerciais de classe 1 e também é um sistema leve (>3 kg), sem qualquer tipo de material externo, com 56 cm de comprimento tem uma duração de bateria estimada de mais de 3 horas em *jamming* contínuo (*Flex Force*, 2022).

1.3.5.3. KVSG-6

No conflito da Ucrânia com a Rússia têm sido vários os sistemas anti-drone *soft-kill*, um dos mais utilizados tem sido o “silenciador” KVSG-6 de fabrico ucraniano. Com um alcance até 3 km, este sistema emite feixes de radiofrequência através das suas antenas que interceptam os sinais de controlo utilizados pelos *drones* de fabrico chinês, e pelo sistema de posicionamento por satélite russo GLONASS presente em drones como o Orlan-10. Ao conseguirem recuperar os drones abatidos, as forças ucranianas conseguem utilizar as imagens recolhidas por esses sistemas para identificar possíveis informações neles contidas (Observador, 2022).

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA, MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Metodologia

Neste capítulo será apresentado o processo por detrás da presente investigação científica. Será explicada a metodologia de base e fundamentada as opções tomadas designadamente ao nível do tipo de abordagem, e, ainda exposto o modelo de análise com a pergunta de partida e perguntas derivadas. Tudo isto de forma a explicar em que sentido as conclusões apresentadas vão ao encontro do objetivo pretendido.

A metodologia, ou o método aplicado na investigação científica, “é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a seguido,

detetando erros e auxiliando as decisões do investigador” (Freixo, 2012, p. 88). De forma a organizar-se uma linha de pensamento capaz de gerar conhecimento válido e adequado do objeto de estudo, surge o método científico cartesiano, que compreende quatro fases: a verificação da existência de evidências reais sobre o fenómeno que se pretende estudar; a análise dos fenómenos na sua forma mais simples, devendo-se para tal, dividir ao máximo a realidade; a sintetização do conhecimento adquirido, agrupando novamente num todo as pequenas frações estudadas e por fim, a enumeração de todos os princípios seguidos e todas as conclusões obtidas, de modo a manter a estruturação do pensamento (Sousa & Baptista, 2011).

O método utilizado nesta investigação é o qualitativo, uma vez que neste caso o investigador observa, descreve, interpreta e aprecia o meio e o fenómeno tal como se apresentam, sem procurar controlá-los (Fortin, 2003). Uma pesquisa que faz uso desta estratégia, trabalha com valores, crenças, representações, hábitos, atitudes e opiniões. Em vez da medição do fenómeno, o seu objetivo é alcançar um entendimento mais profundo e subjetivo do objeto de estudo, sem se preocupar com medições e análises estatísticas (Vilelas, 2009). No presente TIA, não se pretendem alcançar valores numéricos, mas sim relacionar realidades, neste caso, os sistemas de defesa aérea atualmente ao serviço da OTAN e ameaça aérea emergente dos TO atuais, de acordo com a visão de especialistas e a interpretação de dados concretos. O processo de investigação, pode ser suportado por mais do que um método (Sarmiento, 2013). Posto isto, para a realização do presente trabalho foi também utilizado o método dedutivo que, segundo Freixo (2012), é feito do geral para o particular, ou seja, raciocinar dedutivamente é partir de premissas gerais em busca de uma verdade particular. Outro método de recurso para a averiguação das questões formuladas é o inquisitivo, na medida em que a metodologia de aplicabilidade prática consiste na formulação de questionários.

Após uma revisão de literatura, esta investigação pretende dar resposta à PP: De que forma os sistemas de defesa aérea atuais ao serviço da OTAN dão resposta às novas ameaças aéreas do ambiente operacional?

De forma a obter-se uma resposta mais cabal à PP, foram criadas 3 Perguntas Derivadas (PD):

PD n.º 1: Quais são as ameaças aéreas emergentes do ambiente operacional atual?

PD n.º 2: Quais são os sistemas de defesa aérea mais eficazes ao serviço da OTAN?

PD n.º 3: Quais são as últimas atualizações dos sistemas de defesa aérea ao serviço da OTAN?

2.2. Materiais e Métodos

No que diz respeito à tarefa de recolha de dados, é comum encontrar na literatura sobre metodologia diferentes abordagens e classificações para esta tarefa. Os termos utilizados variam entre “processos”, “método” e, ainda “técnicas”. Por questões de orientação e coerência, no presente TIA será utilizado o termo “técnica” para designar os “meios” e os “processos” de recolha de dados.

Desta forma, com a obtenção de informações credíveis que permitissem responder aos objetivos desta investigação, as técnicas de recolha de dados utilizadas consistiram na análise documental e formulação de inquéritos na forma de questionários de resposta aberta. No que respeita à análise documental, foram estudados artigos científicos, sobretudo provenientes de revistas militares, publicações doutrinárias do Exército português e dos EUA, como também da OTAN, livros e informação *online*. Toda a informação *online* utilizada nesta investigação é proveniente de agências noticiosas e de armamento de referência.

Outra técnica de recolha de dados já mencionada foi o recurso ao inquérito, que é uma técnica de recolha direta de informação sobre determinada temática, na forma de um conjunto de questões ordenadas e organizadas. Estas questões podem ser respondidas de forma escrita ou oral e refletem a opinião ou perceção dos sujeitos inquiridos (Tuckman, 2000). Segundo Santos & Lima (2019), “o inquérito é a técnica mais utilizada para se proceder à recolha de dados”. Esta técnica pode assumir vários formatos, de onde se destaca o questionário, o qual pode também assumir várias formas. Nesta investigação foram utilizados questionários de resposta aberta, que possibilitam respostas de maior profundidade, mas de interpretação mais difícil (Sousa & Baptista, 2011).

A população a que os questionários se destinam, é um conjunto de indivíduos que apresentam no mínimo, uma característica em comum (Sarmiento, 2013). No caso específico do presente trabalho de investigação, foram considerados para aplicar os inquéritos, os Oficiais de Artilharia de exércitos da OTAN com conhecimento ou formação em sistemas de defesa antiaérea nas suas várias vertentes. No domínio das investigações sociais, a população alvo do estudo é de dimensão elevada, havendo assim a necessidade de recurso à construção de uma amostra representativa, suscetível de ser estudada, com vista em chegar a conclusões extrapoláveis aos restantes elementos da população (Santos & Lima, 2019).

A técnica de análise dos dados consistiu na análise qualitativa do conteúdo subjetivo dos questionários realizados.

Os elementos da amostra, 8 oficiais de AAA da OTAN, todos com experiência de comando em baterias de AAA (cujo consentimento informado foi dado com as suas assinaturas nos Apêndices A e B), serão adiante designados por inquirido n.º 1 a 8 (ou I1 a I8 por motivos de abreviação e compreensão textual).

| Código | Posto | Experiência na área |
|--------|---------|---|
| I1 | Major | Atual Cmdt sistema C2 |
| I2 | Capitão | 2 anos Cmdt Btr |
| I3 | Capitão | Atual Cmdt Btr Canhão |
| I4 | Capitão | Atual Cmdt Btr Canhão |
| I5 | Capitão | Atual Cmdt Btr Canhão |
| I6 | Capitão | 3 anos Cmdt Btr |
| I7 | Capitão | Associado a sistemas PATRIOT desde 2015 |
| I8 | Capitão | 3 anos Cmdt Btr |

Quadro 1: Constituição da amostra e respetiva experiência na área

Fonte: Elaboração própria

CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1. Resultados

Após a realização dos questionários de resposta aberta à amostra constituída por 8 oficiais de Artilharia com domínio nos diferentes escalões de GBAD, 1 de nacionalidade portuguesa, e 7 de nacionalidade espanhola⁷⁰. Foram elaborados 4 modelos de questionários distintos, 1 por cada escalão GBAD, incluindo C-SANT de forma obter-se informação o mais detalhada possível. Os resultados obtidos foram os seguintes:

SHORAD e VSHORAD - Sistemas Canhão - A este questionário (Apêndice F) reponderam os inquiridos n.º 1, 2, 3, 4 e 5⁷¹.

⁷⁰ Estrutura dos questionários igual à dos portugueses, em versão traduzida para inglês.

⁷¹ Os inquiridos n.º 3, 4 e 5, responderam em conjunto a todas as questões de SHORAD e VSHORAD.

Questão n. °1: Da análise às respostas obtidas, torna-se evidente, pela diversidade de sistemas apontados como sendo “o mais eficaz”, que não existe uma concordância relativa à nomeação dos sistemas mais eficazes. Podemos concluir que este facto se deve à ausência de informação em fontes abertas relacionada com a eficácia dos sistemas. Em que em todo o caso, as respostas baseiam-se na publicidade de cada fabricante de armamento. Cada fabricante acaba por motivos óbvios, por publicitar o seu sistema como sendo o mais eficaz no mercado. Com isto em mente, o I2 aponta o *Oerlikon Skyguard III*, e os inquiridos n.º 3, 4 e 5 apontam o *Oerlikon SkyRanger*⁷² como os mais eficazes, baseando-se na experiência e conhecimentos na área. O I1, aponta o Sistema *Geppard*⁷³ nesta categoria, sem justificação.

Questão n. °2: Dado o sigilo inerente a este tipo de questões, os 5 inquiridos responderam de formas diferentes à questão. O I1 relata que existe um projeto OTAN em curso no sentido de garantir a integração destes sistemas no sistema de defesa aéreo. O I2 admite que não está a par deste assunto, contudo, tem conhecimento de que a OTAN está atualmente a investir para fazer face à ameaça aérea opositora destes sistemas, de forma mais eficaz. Os inquiridos n.º 3, 4 e 5, também não estão a par de desenvolvimentos nesta tipologia SHORAD e VSHORAD, mas responderam à segunda parte da questão. Frisando desde logo, que o melhoramento dos sistemas canhão é uma temática complexa, afirmam que esse desenvolvimento pode ser feito de duas formas: a primeira é o melhoramento dos sistemas atuais tirando proveito dos avanços tecnológicos; a segunda é o investimento em tecnologias que estão a ter boas prestações em contextos civis como os *persistent-type radars*, como também em tecnologias em desenvolvimento, como é o caso dos *lasers* de aplicação militar. Por último, na otimização de munições de tipologia AHEAD já mencionada no presente trabalho.

Questão n. °3: No que concerne a esta questão, não existe consenso nos inquiridos. Enquanto o I1 afirma que, até à data, os sistemas canhão têm provado ser eficazes frente à ameaça aérea a que se destinam, o I2 identifica os SANT LSS como indetetáveis a estes sistemas, e como tal totalmente ineficazes contra esta ameaça. Os inquiridos n. °3, 4 e 5, argumentam mais o porquê da pouca utilidade atual dos sistemas canhão, sem esquecer a sua eficácia contra ameaça RAM, de asa fixa e basculante e o papel que ainda têm no

⁷² O sistema *Oerlikon Skyranger* é um sistema canhão SHORAD/VSHORAD ntegrado num veículo de rodas com alta mobilidade fabricado pela empresa alemã *Rheinmetall* (Rheinmetall, 2024)

⁷³ O Sistema *Gepard*, é um sistema bi-canhão de 35 mm SHORAD/VSHORAD, autopropulsado de lagartas que opera em qualquer condição climatérica fabricado pela empresa alemã KNDS (KNDS, 2024).

moderno CB. São os SANT e a possibilidade de formarem nuvens com dezenas ou centenas destas plataformas aéreas que ditam a utilidade atual dos sistemas canhão, que não são capazes de neutralizar estas nuvens no espaço de tempo pretendido.

Questão n. °4: Dada a diversidade de inquiridos, cada questionário aponta uma limitação diferente destes sistemas de armas. O I1 relata a dificuldade sentida na integração dos sistemas canhão, por não possuírem a capacidade de integração por *Tactical Data-Links* (TDL). O I2 volta a frisar a dificuldade dos sistemas de detecção e vigilância frente aos SANT LSS, devido à sua assinatura térmica muito baixa, resultando na inutilidade dos sistemas canhão frente a esta ameaça aérea. Os inquiridos n.º 3, 4 e 5 apontam duas grandes limitações. A primeira que se prende com o elevado custo destes sistemas em relação a alguns sistemas míssil que são até mais eficazes em alguns casos. A segunda limitação apontada é o reduzido alcance, comparativamente com os sistemas míssil.

SHORAD e VSHORAD – Sistemas MANPAD - A este questionário (Apêndice F) reponderam os inquiridos n. ° 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Questão n. °1: Na resposta a esta questão, 3 sistemas MANPAD foram enunciados como o mais eficaz. O sistema FIM-92 Stinger foi o escolhido pelos inquiridos n. °1 e 6. O sistema MISTRAL pelos inquiridos n. ° 2, 3, 4 e 5 pela sua mobilidade e adaptabilidade em diversas plataformas tanto terrestres como navais. E por último, o sistema *StarStreak*⁷⁴, usado pelo Exército Britânico, descrito pelos inquiridos n. ° 3, 4 e 5 como o MANPAD com melhor alcance, velocidade máxima e eficácia.

Questão n. °2: Uma vez mais, devido ao sigilo característico deste tipo de desenvolvimento em indústrias de defesa, as repostas a estas questões foram diversificadas. O I1 relata que existem desenvolvimentos ao nível da adaptação destes sistemas em viaturas e na automatização dos mesmo na aquisição de alvos, permitindo exponenciar as suas capacidades. O I2, à semelhança da mesma questão relacionada com os sistemas canhão, não está a par dos desenvolvimentos nesta tipologia de armas, mas tem conhecimento de que a OTAN está a fazer investimentos para fazer face às ameaças aéreas opositoras destes sistemas. O I6 também não está a par dos desenvolvimentos em sistemas MANPAD, mas compreende que é fundamental a integração destes sistemas nas redes de

⁷⁴ O sistema MANPAD Starstreak, é fabricado pela empresa britânica *Thales*. Utilizado pela primeira vez em contexto real no Iraque em 2003 e desde então tem servido as FFAA britânicas e outros países da OTAN (*Thales*, 2024)

C2, de modo a aumentara a complementaridade de sistemas. Por fim, os inquiridos n.º 3, 4 e 5 desconhecem desenvolvimentos nesta matéria para além da 3ª atualização do Mistral.

Questão n.º 3: Existe uma concordância entre todos os inquiridos que responderam a este questionário, no que diz respeito a esta questão. O I1 afirma que os MANPAD têm provado o seu valor nos conflitos em que participam e o I2 acrescenta que apesar de muito portáteis, apresentam falhas. Os inquiridos n.º 3, 4 e 5 provam o valor destes sistemas afirmando que são a principal ameaça para qualquer tipo de aeronaves, uma vez que, a maioria delas, de modo a cumprir a sua missão, necessitam de operar em altitudes que estão ao alcance dos MANPAD. Já o I2, continua a referir como os SANT LSS são a principal ameaça aérea e que, os MANPAD devido ao alto custo dos seus mísseis, não são uma escolha fiável para lhes fazer frente.

Questão n.º 4: Nesta questão, existe uma concordância entre os inquiridos n.º 6 e 2, em que referem as limitações dos MANPAD frente aos SANT LSS, por serem indetetáveis à maioria dos radares existentes. Já o I1 refere as limitações ao nível da integração destes sistemas por parte de alguns exércitos. Já os inquiridos n.º 3, 4 e 5 apontam os alcances vertical e horizontal como as principais limitações. É ainda apontada, por estes três inquiridos, a inutilidade dos MANPAD frente a aeronaves que se coloquem em fuga depois de detetadas.

SHORAD - Sistemas Míssil Ligeiro - A este questionário (Apêndice F) reponderam os inquiridos n.º 1, 3, 4, 5 e 6.

Questão n.º 1: Houve uma dispersão de respostas a esta questão, pelos mesmos motivos apontados nas anteriores questões n.º 1. O I1 aponta o sistema *StarStreak* versão *Rapid Ranger*⁷⁵ como sendo o mais eficaz, o I6 tem preferência pelo FIM-92 Stinger mais habitual em versão MANPAD como foi estudado na revisão de literatura. Os inquiridos 3, 4 e 5 relatam que por nunca tiveram experiência com sistemas mísseis ligeiros para além do *Aspide*⁷⁶ fabricado pela MBDA que já não se encontra ao serviço do exército espanhol, mas que reconhecem não ser o melhor sistema.

⁷⁵ Versão do míssil ligeiro Starsterak integrada numa torre que pode ser acoplada em qualquer viatura de armadura leve ou pesada. Pode também ser totalmente automatizado na aquisição e neutralização de objetivos (*Thales*, 2024)

⁷⁶ O míssil ligeiro Aspide, na sua versão mais recente Aspide 2000 apresenta ao nível das velocidades de regime supersónico elevado e um alcance superior a 25 km (*MBDA systems*, 2024)

Questão n. °2: Dado o segredismo habitual destas temáticas, as respostas obtidas foram algo vagas. Com o I1 sem conhecimento nesta área, o I6 à semelhança dos sistemas MANPAD, não está a par dos desenvolvimentos nestes sistemas, mas compreende que é fundamental a integração dos mesmos nas redes de C2, de modo a aumentar a complementaridade de sistemas. Por último, os inquiridos n. °3, 4 e 5, sem entrarem em informações específicas, relatam ter conhecimento de desenvolvimentos ao nível da integração dos sistemas míssil ligeiro com sistemas canhão.

Questão n. °3: Uma vez mais, nesta temática não existe consenso entre os inquiridos. O I1 novamente afirma que os sistemas em causa são suficientes e que o tem provado. O I6 continua a insistir no perigo da ameaça SANT LSS e comenta que uma forma possível de a combater é com a complementaridade de sistemas míssil ligeiro com sistemas canhão, dando o exemplo do M-SHORAD norte-americano. Os inquiridos n. ° 3, 4 e 5 falam de como não possuem conhecimento suficiente para responder com certeza a esta questão, mas afirmam que, no caso do exército espanhol, o sistema míssil ligeiro não é suficientemente eficaz.

Questão n. °4: Esta questão também continua a ser respondida de formas diversificadas. O I1 afirma que por se tratar de sistemas em que é necessária a ação do operador na pontaria e empenhamento sobre o alvo, geralmente feito à linha de vista, os danos colaterais podem ser nefastos em ambientes de combate urbano. O I6 insiste em como os sistemas SHORAD e VSHORAD, na sua globalidade, não estão aptos para fazer frente à ameaça SANT. E no caso específico do Exército espanhol, os inquiridos n. °3, 4 e 5, relatam que os seus sistemas SHORAD e VSHORAD também não estão aptos a combater a ameaça SANT devido à idade do armamento.

MRSAM – A este questionário (Apêndice E) responderam os inquiridos n. °1, 5 e 7.

Questão n. °1: A esta questão houve concordância entre os inquiridos n. °1 e 5, que apontaram o sistema NASAMS sem margem para dúvidas. Já o I7 nomeia o sistema PATRIOT como o MRSAM mais eficaz.

Questão n. °2: Dado o segredismo inerente a este tipo de questões, as respostas dos inquiridos variaram entre o conhecimento específico e detalhado, e o desconhecimento total. O I1 afirma que os projetos de evolução destes sistemas são ao nível das contra medidas eletrónicas dos sistemas míssil, capacidades de identificação dos radares de vigilância associados aos MRSAM e por fim, sobretudo na capacidade de C2. A resposta

do I7 é mais vaga, que comenta apenas que existem desenvolvimentos em vários países. E por fim, o I5 não tem conhecimento de desenvolvimentos nestes sistemas.

Questão n. °3: Nesta temática, as respostas continuam a não reunir consenso. Enquanto o I1 dá o exemplo do conflito entre a Rússia e a Ucrânia de como os MRSAM são eficazes tanto contra ameaças convencionais como CM. O I7 afirma que estes sistemas não eficazes contras as ameaças atuais e o I5 afirma que não o conhecimento suficiente para responder com certeza à questão.

Questão n. °4: Nesta questão as experiências diferenciadas entre os inquiridos resultaram em respostas igualmente diferenciadas. O I1 afirma que a única limitação é existente no que concerne à integração em certos sistemas *legacy*⁷⁷, que ainda não possuem a capacidade de integração no sistema de defesa aéreo constituído com base na rede link-16. O I5 aponta os desenvolvimentos recentes nas fuselagens de aeronaves com tecnologia *stealth* que as tornam indetetáveis aos atuais radares, e por fim o I7 aponta a velocidade e tamanho dos atuais mísseis como a principal limitação dos MRSAM.

HIMAD - A este questionário (Apêndice E) responderam os inquiridos n. °1, 5 e 7.

Questão n. °1: A esta questão o I1 aponta o sistema norte-americano PATRIOT e o sistema francês SAMP/T⁷⁸, por esta ordem, como os HIMAD mais eficazes ao serviço da Aliança Atlântica. O I5 uma vez mais começa por afirmar que não tem a informação suficiente para nomear um sistema com certeza, mas considera o PATRIOT o mais eficaz nesta categoria de SAM. A resposta do I7 não foi considerada para análise.

Questão n. °2: Uma vez mais, dado o secretismo destas matérias, existe informação limitada em fontes abertas. Uma das fontes, é relatada pelo I1, que diz respeito à modernização do sistema PATRIOT. Esta atualização tem por objetivo culminar/terminar a limitação de empenhamento a 240° (zona morta de empenhamento). Já o I5 não respondeu a esta questão e o I7 não tem conhecimento de desenvolvimentos na matéria.

Questão n. °3: A esta questão o I1 afirma que os sistemas HIMAD atuais são eficazes, contudo, não graças ao sistema de armas em si, como o PATRIOT ou o SAMP/T,

⁷⁷ Termo utilizado para designar os sistemas com capacidade limitada de integração, não estando capacitados de integrar plenamente através de TDL recentes.

⁷⁸ O Sistema ASTER 30 SAMP/T, fabricado pela multinacional MBDA Systems, é um SAM de alta mobilidade destinado a intercepar ameaças TBM, CM e aeronaves de qualquer tipologia. Os seus mísseis podem atingir Mach 4.5 e tem um alcance de mais de 100 km (MBDA Systems, 2024)

mas sim graças ao sistema de C2 em que estão inseridos como o Aegis Ashore⁷⁹. Este sistema é responsável pela integração e interoperabilidade entre os sistemas de armas inseridos. Já o I5, novamente, não possui informação suficiente para dar uma resposta com certeza, e o I7 afirma que os HIMAD atuais ao serviço da OTAN não são eficazes o frente à ameaça aérea designada.

Questão n. °4: A experiência diversificada dos inquiridos, novamente, resulta em respostas diversificadas. O I1 aponta como principal lacuna dos sistemas HIMAD, a sua mobilidade, mais precisamente em aplicar a técnica *shot, move, shot*, que só assim garante a sobrevivência da bateria. O I5 comenta que a principal falha desta tipologia de SAM reside no aviso prévio de alvos aéreos. É nesta matéria que entram em cena os já mencionados *persistent type radars* com raios de alcance alargados. Por último, o I7 aponta que os altos custos destes sistemas são a sua principal falha.

C-RAM - A este questionário (Apêndice C) responderam os inquiridos n. °1 e 5.

Questão n. °1: Na decisão sobre a escolha de sistema C-RAM mais eficaz ao serviço da OTAN, uma vez mais, foram obtidas respostas variadas pelos motivos anteriormente referidos neste tipo de questão. O I1 nomeia os sistemas *Centurion Phalanx* 20mm e o NBS *Mantis* 35mm, já estudados na revisão de literatura do presente trabalho. O I5, com base nas informações em fontes abertas, nomeia o sistema israelita *Iron Dome*⁸⁰, apesar de o mesmo não integrar a OTAN.

Questão n. °2: Devido ao secretismo característico desta temática, nenhum dos dois inquiridos possui informação detalhada sobre a mesma. No entanto, à semelhança da resposta dada no inquérito SHORAD e VSHORAD – Sistemas Canhão, o I5 sugere que a eficácia destes sistemas pode ser melhorada de duas formas possíveis. A primeira é através de melhoramentos nos sistemas atualmente em uso, e a segunda, é no investimento em tecnologias emergentes.

⁷⁹ Sistema Aegis Ashore, integrante do NATINMDS, é responsável pela BMD da OTAN. Atualmente compreende várias componentes como o centro de C2 da OTAN em Rammstein, a base de defesa sediada em Deveselu na Roménia contanto com uma panóplia de mísseis interceptores, baterias HIMAD PATRIOT e SAMP/T na Turquia e 4 contratorpedeiros em permanente estado de alerta na Base Naval de Rota em Espanha (Correia, Couceiro, Morais, Cartaxo, & Lopes, 2018).

⁸⁰ Sistema *Iron Dome*, de fabrico israelita, é responsável pela defesa C-RAM do estado de Israel desde 2011 e tem registado uma grande eficácia. Uma única bateria *Iron Dome*, é capaz de garantir a defesa C-RAM de um território com uma área superior a 150 km² (Missile Threat, 2021)

Questão n. °3: A esta questão o I1 afirma que os sistemas C-RAM têm demonstrado que são suficientemente eficazes contra a ameaça designada, e dá o exemplo do sistema israelita *Iron Dome* que contempla elementos C-RAM. O I5, novamente, não tem acesso a informação que lhe permita responder com certeza.

Questão n. °4: O I1, a esta questão, apontou os alcances destes sistemas como uma limitação, por comparação aos sistemas míssil, assim como o elevado número de munições necessárias para o desempenho da sua missão. Esta limitação logística, que exige um apoio célere na sua retaguarda, também é mencionada pelo I5, que salienta o facto dos sistemas C-RAM operarem por saturação de munições. Outra limitação apontada pelo mesmo inquirido, é o elevado custo de munições C-RAM, sobretudo quando comparado com custo de munições RAM.

C-SANT – *Soft-kill* - A este questionário (Apêndice D) responderam os inquiridos n. °5 e 8

Questão n. °1: A esta questão, o I5 começa por admitir que não tem experiência com outros sistemas C-SANT para além dos que estão ao serviço do exército espanhol. Contudo deixa o seu testemunho em como os melhores sistemas desta tipologia devem possuir uma boa autonomia, no sentido de ser capaz de combater a ameaça SANT com recurso à inteligência artificial. O I5 acrescentou ainda que, esta nova tecnologia deve estar presente em sistemas C-SANT, desde a deteção de ameaças, até ao momento da neutralização. O I8, é mais específico, e nomeia os sistemas *Cervus III*⁸¹ e *Indra's CROW*⁸², ao serviço do exército e Força Aérea Espanhola, respetivamente.

Questão n. °2: O secretismo inerente a estas questões é uma constante, sobretudo em sistemas tão recentes como os C-SANT. O I8 começa por explicar isso mesmo, mas também relata o conhecimento que tem, através de fontes abertas. Como o facto de vários países estarem a reunir esforços para desenvolverem o melhor sistema SANT que faça uso de tecnologias radar, inteligência artificial, camaras e LIDAR⁸³. Quanto aos desenvolvimentos em C-SANT, são sobretudo focados em tecnologias de disrupção remota

⁸¹ Sistema C-SANT *Cervus III*, fabricado pela empresa espanhola TRC, tem desde 2023 disponível a 3ª versão deste armamento soft-kill.

⁸² O sistema *Crow* do fabricante espanhol Indra, foi apresentado ao público em 2022. Já provou a sua eficácia na proteção de tropas espanholas no Mali e em eventos de alta visibilidade como cimeiras (*Unmanned Airspace*, 2022)

⁸³ *Light Detetion and Ranging*

por *jamming*. Mas estas tecnologias acabam por se revelar insuficientes, uma vez que as frequências em que operam os SANT podem ser alteradas pelos seus operadores. O I8 na sua reposta, volta a ser mais específico, e relata os desenvolvimentos da França com o sistema BASSALT⁸⁴, desenhado para garantir a segurança C-SANT em aeroportos. E também aborda o sistema JEY-CUAS, que se trata de um projeto conjunto europeu que visa a obter um sistema C-SANT comum a vários países.

Questão n. °3: Nesta questão o I5 começa por esclarecer que não tem a informação suficiente para responder com certezas. Mas que é óbvio, segundo o mesmo, que os enxames de SANT, controlados por inteligência artificial, representam um grande desafio para os sistemas C-SANT. O I8, comenta que a eficácia dos sistemas C-SANT é constantemente posta em causa devido aos avanços tecnológicos dos sistemas SANT.

Questão n. °4: O I5 começa por referir que muitos destes sistemas ainda não tiveram a oportunidade de serem testados em combate real, devido ao seu pouco tempo em atividade. E para terminar, volta a frisar o desafio que os enxames de SANT representam para os forças terrestres, devido à sua capacidade de saturação dos sistemas de defesa antiaérea. O I8 também volta a frisar a resposta anterior, salientando o facto de as frequências que operam os SANT são mais rapidamente atualizadas, do que as frequências inibidoras dos sistemas C-SANT.

C-SANT – *Hard-kill* – A este questionário (Apêndice D) responderam os inquiridos n. °5 e 8

Questão n. °1: A esta questão, o I5 deu a mesma resposta que na questão n. °1 do questionário anterior referente a C-SANT *soft-kill*. O I8 nomeia o sistema em uso pelo exército norte-americano, o sistema LIDS⁸⁵ fabricado pela *Raytheon*.

Questão n. °2: Para uma ameaça tão recente como a ameaça SANT, segundo o I5, existem desenvolvimentos por parte de vários países para ser definida a melhor forma de neutralizar os SANT de foram *hard-kill*. Existem investimentos em sistemas canhão, sistemas laser, granadas programáveis e até sistemas em rede constituídos por cordas para travar o empenhamento dos SANT. Mais específico, é novamente o I8, que aponta o

⁸⁴ Não foi encontrada informação credível em fontes abertas acerca deste sistema de fabrico francês.

⁸⁵ O sistema LIDS (*Low, slow, small, unmanned aircraft Integrated Defeat System*), fabricado pela empresa norte-americana Raytheon, foi projetado para proteger o exército dos EUA da ameaça SANT. Usando um radar de última geração KuRFS, interceta a ameaça designada com recurso a um míssil ligeiro (Raytheon, 2024).

sistema *Guardian 2.0* do fabricante espanhol *Escribano Mechanical and Engineering* como um dos últimos desenvolvimentos nesta área.

Questão n. °3: A esta questão o I5 deu a mesma resposta que na questão n. °3 do questionário anterior referente a C-SANT *soft-kill*. O I8 refere que a eficácia dos sistemas C-SANT *hard-kill* tem sido alta, mas que ainda precisa de melhoramentos.

Questão n. °4: A esta questão o I5 deu a mesma resposta que na questão n. °4 do questionário anterior referente a C-SANT *soft-kill*. O I8 aponto como principal limitação destes sistemas, a capacidade dos SANT se movimentarem e mudarem rapidamente a sua posição sobre os 3 eixos, que torna o empenhamento sobre esta ameaça muito difícil.

Questão n. °5: O I5 começa por explicar, que na sua opinião, os meios C-SANT *soft-kill* deverão ser reservados para uso de forças policiais, contudo, podem servir de complemento aos meios *hard-kill* usados pelas forças armadas. O inquirido não esquece que os meios *soft-kill* permitem a poupança de munições, mas, uma vez que não garantem em todos os casos a neutralização da ameaça, os meios *hard-kill* serão sempre mais fiáveis e úteis às forças armadas. O I8 explica que ambos os meios são vitais no armamento C-SANT, mas, devido a alguns SANT terem já a capacidade de executar a sua missão com uma ausência total de telecomandos os guiamentos GNSS, os meios *hard-kill* são a única forma de defesa C-SANT válida contra este tipo de ameaça.

Sistemas de defesa de Artilharia Antiaérea (AAA) – A este questionário (presente nos Apêndices C, D, E e F) responderam todos os inquiridos⁸⁶.

Questão n. °1: A esta questão existe consenso entre a maioria das respostas.

O I1 descarta a hipótese da existência de ameaças para a qual a OTAN não tenha capacidade de defesa, existem sim dificuldades de respostas a estas. Trata-se das ameaças com as quais ainda não se deparou no TO, referindo-se aos *HyperGlide Vehicles (HGV)*, nos quais estão inseridos os mísseis hipersónicos.

O I2 a esta questão aponta para a óbvia falta de preparação de OTAN ao nível de C-SANT, o que considera normal dado o crescimento exponencial desta ameaça, para a qual ainda estão a ser desenvolvidas contramedidas.

Os inquiridos n. °3, 4 e 5, na sua resposta voltam a apontar para os desenvolvimentos da inteligência artificial nos SANT, e do uso dos mesmos em enxames

⁸⁶ A estas questões, os inquiridos n. °3, 4 e 5 responderam em conjunto.

como a principal ameaça aos sistemas de defesa da AAA. Reforçam ainda a ideia de que é essencial desenvolver os meios C-SANT para que não haja um “buraco” na defesa da aliança.

O I6 responde com assertividade que sim, que existem ameaças aéreas para as quais a OTAN tem dificuldade de defesa. O inquirido aponta os SANT e a sua rápida e evolução, bem como a escala e complexidade do TO moderno, como as principais causas da dificuldade sentido atualmente pela Aliança Atlântica.

O I7 também responde com assertividade a esta questão, em como a OTAN atualmente tem dificuldades de defesa antiaérea. Para fundamentar a sua resposta, dá o exemplo dos BM com capacidades superiores às dos sistemas de defesa, dos SANT que evoluem a ritmo a que OTAN não consegue acompanhar e por fim, aborda os radares e sistemas de aviso prévio em uso que não tem sido 100% eficazes.

O I8 a esta questão não deu resposta.

Questão n. °2: As respostas a esta questão revelam uma disparidade de opiniões e confiança nos sistemas de defesa antiaérea da OTAN, no seio dos oficiais de AAA.

O I1 responde com assertividade a esta questão, no modo como os sistemas de defesa aérea ao serviço da OTAN tem provado, até ao momento, serem suficientemente eficazes face à evolução da ameaça aérea.

O I2 afirma que, para o mesmo, a defesa antiaérea da OTAN tem acompanhado a evolução da ameaça, até mesmo dos SANT LSS.

Os inquiridos n. °3, 4 e 5 respondem a esta questão de uma forma um pouco mais extensa e aprofundada. Afirmam que a aliança está a avançar na direção correta, mas que ainda assim é essencial o investimento sobretudo em novo armamento de defesa antiaérea. Relatam como é preocupante o cenário de muitos exércitos, com sistemas de armas no final das suas vidas úteis, que já estão a ser levadas ao extremo com as atualizações possíveis. Os inquiridos deixam a nota de que é essencial a OTAN não ficar para trás no desenvolvimento tecnológico, sobretudo na aérea dos SANT e inteligência artificial. Acreditam ainda que o desafio da OTAN não é propriamente a natureza da ameaça aérea, mas sim a quantidade da mesma.

O I6 começa a sua resposta por dizer que é difícil responder à questão como um “sim” ou “não” por vários motivos. Começa por explicar que um motivo determinante é a proliferação dos SANT e a criação de novas táticas empregues com estes sistemas por parte do adversário. O outro motivo, são os avanços tecnológicos no mundo cyber, que tem

a capacidade de se infiltrar na rede dos sistemas de defesa antiaérea e analisar os seus pontos fracos e fortes. Por último, o crescimento do uso de tecnologia *stealth* em aeronaves também representa novos desafios aos sistemas de vigilância aérea.

O I7, é mais direto e responde com um “não” à questão. Argumentando que basta comparar a quantidade de ameaças existentes em contraste com a pouca quantidade de sistemas de defesa antiaérea existentes, à qual se acrescentam os fatores probabilidade e incerteza, e o resultado não é suficiente para garantir a segurança das forças, população e território.

Por último, o I8 comenta que a eficácia dos sistemas de defesa antiaérea da OTAN é bastante alta, mas que ainda necessita de melhoramentos. Para se tornarem 100% eficazes, os sistemas devem ser permanentemente atualizados.

3.2. Discussão dos Resultados

Neste subcapítulo serão discutidos e comparados os resultados obtidos na revisão da literatura com aqueles obtidos nos questionários de resposta aberta,

Olhando para os resultados da pesquisa feita no campo da GBAD SHORAD e VSHORDAD, existe uma diversidade de sistemas que é assumida como sendo a “mais eficaz” do mercado. Os motivos para esta disparidade foram apurados durante a fase da pesquisa por inquéritos, é um facto que cada fabricante de armamento publicita o seu produto como sendo mais eficaz que os da concorrência. Prova disso foi a variedade de sistemas canhão, MANPAD e míssil ligeiro apontados pelos inquiridos, em conjunto com aqueles estudados na revisão de literatura. Sobre os desenvolvimentos nesta gama de sistemas pouco se conseguiu apurar, tanto na revisão de literatura como nos inquéritos, para além de adaptações de armamento já com provas dadas em viaturas, e integração dos mesmos em redes de C2. Esta integração prova-se mais desafiante ao nível dos MANPAD, uma vez que, em regra, torna-se necessária a adição de um sistema ligeiro de C2 para a integração destes num sistema de defesa antiaérea mais abrangente. As grandes limitações comuns às três tipologias de armas que compõem este escalão de defesa são o alcance vertical e horizontal comparativamente aos sistemas MRSAM e HIMAD, e o facto dos sistemas radar acoplados não serem capazes de detetar a assinatura eletromagnética dos SANT LSS. Os sistemas canhão são os mais apropriados para fazer frente à ameaça SANT, no entanto ficam aquém da capacidade de um míssil ligeiro em neutralizar uma aeronave ou míssil inimigo. Por este motivo, foi considerado para estudo o sistema norte-americano

M-SHORAD que combina os dois sistemas numa plataforma com elevada mobilidade, também apontado nos inquiridos como um exemplo de complementaridade de sistemas.

Na gama MRSAM e HIMAD, existe menos variedade de armamento, dado o seu alto custo ao qual poucos países da OTAN estão dispostos a pagar. Ao todo foram 3 os sistemas apontados, o norueguês NASAMS, o norte americano PATRIOT e o francês SAMP/T, o único que não foi analisado na revisão de literatura. No que diz respeito aos desenvolvimentos nestes equipamentos, apurou-se através dos conhecimentos dos inquiridos, que estão a ser feitos ao nível das contra medidas eletrónicas dos sistemas míssil que os integram, nas capacidades de identificação dos radares de vigilância que também os integram, e sobretudo, na capacidade de C2. São também estes sistemas de C2, os principais responsáveis pelo sucesso desta tipologia SAM, apesar de os sistemas *legacy* apresentarem mais dificuldades de integração. No que diz respeito às limitações dos MRSAM e HIMAD, estão associadas aos avanços tecnológicos das ameaças a que faz frente. No caso das aeronaves é a tecnologia *stealth*, e no caso dos mísseis são os regimes hipersónicos que representam os maiores desafios a este armamento.

Em relação aos sistemas C-RAM, também foram apontados vários sistemas como sendo os mais eficazes ao serviço da aliança, também foi abordado pelos inquiridos o sistema israelita *Iron Dome* por ter capacidade C-RAM para além de MRSAM e HIMAD. O *Iron Dome* destaca-se pelas muitas provas dadas da sua eficácia devido à região conturbada em que opera. Não se conseguiu apurar informação detalhada acerca dos desenvolvimentos destes sistemas, mas é possível que estejam a ser melhorados a partir de tecnologias emergentes. Por serem baseados nos sistemas canhão, apresentam as mesmas limitações ao nível dos alcances verticais e horizontais, bem como o gasto elevado de munições. Não é só o elevado custo que este gasto acarreta, é também necessária uma boa logística associada a cada um destes sistemas na sua retaguarda.

Nos sistemas C-SANT, dada a relevância que os SANT têm ganho no moderno CB, existem desenvolvimentos nestes meios em vários países, quer em *soft-kill*, como em *hard-kill*. Existe uma vasta variedade de sistemas já disponíveis, contudo, a sua eficácia ainda é questionável pois a maioria ainda não foi posta à prova no CB. Para colmatar esta falha, algumas empresas de armamento têm usado o conflito entre a Rússia e a Ucrânia como uma plataforma de testes. Outro cenário em que também são utilizados os sistemas C-SANT, vertente *soft-kill*, é na segurança aérea a aeroportos e a eventos de elevada visibilidade. Os sistemas *soft-kill* apostam nas tecnologias de disrupção da frequência em que os SANT operam. A dificuldade desta tipologia de armamento reside na facilidade e

rapidez com que o adversário altera estas frequências. Já na vertente *hard-kill*, a principal aposta passa pelos sistemas canhão com radares adaptados à deteção de SANT. No conflito russo-ucraniano têm-se visto novas táticas para o emprego dos SANT, os enxames destes sistemas apoiados por inteligência artificial representam uma ameaça com a qual as forças da OTAN ainda não defrontaram. A preparação da Aliança contra estas novas TTP, é fundamental para o futuro da mesma. Ambas as vertentes C-SANT são importantes numa força armada. Os *soft-kill* permitem a contenção de danos colaterais, nenhum gasto em munições e a recuperação do SANT após a sua neutralização, mas são ainda os *hard-kill* que garantem a neutralização imediata da ameaça a partir do momento em que é adquirida. Por este motivo, os apurou-se através dos inquéritos que os meios *hard-kill* são mais apropriados à missão das FFAA.

CAPÍTULO 4 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com o objetivo de caracterizar as capacidades de defesa antiaérea existentes ao serviço da OTAN, este trabalho de investigação aplicada, abordou numa primeira fase, as ameaças aéreas que à data da investigação, representam o maior risco para as defesas antiaéreas da OTAN. Nesta fase, para além de uma explicação do que são e de como operam, foram dados exemplos concretos do seu uso no atual contexto e da sua letalidade.

Na fase seguinte, foi estudado o sistema de defesa antiaérea da OTAN, abordaram-se os seus sistemas integrados de C2 que tem a tarefa crucial de interligar os sistemas de vigilância e de armas dos países membros da aliança. Foi nos sistemas de armas que foi dado mais enfoque nesta fase, estudando-se as suas características e/ou historial nos TO dos últimos anos. Foram abordados por escalão de GBAD para uma melhor interpretação, em que foi acrescentado o âmbito de defesa antiaérea C-SANT, pela sua importância no TO moderno.

Por fim, numa terceira fase, foram realizados inquéritos a uma amostra de 8 oficiais de AAA de exércitos integrantes da OTAN, de modo a consolidar e, em algumas matérias, acrescentar informação à revisão de literatura.

Deste modo, com a investigação já realizada, podemos responder às perguntas derivadas que auxiliam na resposta à pergunta de partida.

Quanto à **PD n.º 1: Quais são as ameaças aéreas emergentes do ambiente operacional atual?**

Existe um consenso, tanto na literatura consultada como na maioria dos oficiais inquiridos, que os SANT representam a principal ameaça atual aos sistemas de defesa antiaérea da OTAN. Nesta tipologia de veículos aéreos, é a variante LSS, que pela sua reduzida assinatura eletromagnética, não são detetados pelos sistemas de vigilância em vigor. Para além da natureza desta ameaça, a quantidade de SANT LSS que é possível empregar num ataque com recurso é um desafio ainda maior aos sistemas de defesa C-RAM e C-SANT. Com formações de dezenas, ou até centenas destes *drones*, conseguem-se formar “enxames” ou “nuvens” destes aparelhos apoiados por inteligência artificial, em que basta apenas um *drone* atingir o seu alvo para se produzirem efeitos em infraestruturas, forças militares e civis.

Os novos regimes hipersónicos, com velocidades superiores a *Mach 5* e manobras evasivas, dos CM empregues pela Rússia, com provas dadas na sua disputa com a Ucrânia,

representam um desafio e uma incerteza para os sistemas MRSAM e HIMAD da Aliança Atlântica devido à dificuldade de intercepção. Dada a sua pouca utilização no CB, ainda é cedo para se tirarem conclusões sobre a eficácia dos sistemas PATRIOT, NASAMS e SAMP/T contra estes novos mísseis.

Também as aeronaves com tecnologia *stealth*, pela reduzida assinatura eletromagnética, tornam a sua deteção por sistemas radar convencionais impossível, permitindo a estas aeronaves operarem sem serem detetadas.

Relativamente à **PD n.º 2: Quais são os sistemas de defesa aérea mais eficazes ao serviço da OTAN?**

Devido ao facto de cada fabricante de armamento publicitar os seus sistemas de armas de AAA como sendo os mais eficazes do mercado, torna-se necessário atribuir esta qualidade aos sistemas que tem mais provas dadas em cenário de conflito, mas também àqueles que apresentam a melhor tecnologia que rivaliza com os avanços da ameaça. Serão apresentados por escalão de GBAD, os sistemas que resultam da pesquisa efetuada na revisão de literatura em conjunto com os inquéritos.

Nos escalões SHORAD/VSHORAD, foram analisados nesta investigação os sistemas: NBS *Mantis*, *Oerlikon SkyRanger*, *Geppard*, M-SHORAD, *StarStreak*, *Aspide* e FIM-92 *Stinger* e *Mistral*. Nos sistemas canhão e míssil ligeiro foi valorizada a combinação de mobilidade com armamento, nomeadamente com sistemas canhão e mísseis, oferecendo flexibilidade no CB e complementaridade. Nos sistemas MANPAD foi valorizada a capacidade de intercepção contra aeronaves de voo de baixa altitude, oferecendo ainda mobilidade e rápida implantação.

No que diz respeito aos escalões MRSAM e HIMAD, foram analisados os sistemas: NASAMS, MEADS, PATRIOT e SAMP/T. Devido aos seus alcances horizontais e verticais, estes sistemas destacam-se pelas suas integrações avançadas de C2, contando ainda com provas dadas tanto em cenários simulados como reais.

No escalão C-RAM foram abordados: o *Centurion* e *Oerlikon Skyguard III* e, novamente, os sistemas *Oerlikon SkyRanger* e *NBS Mantis*, pelas suas elevadas eficácias e capacidades de deteção, inclusive drones de classe II e III, demonstradas em cenários simulados e reais.

Por fim, na tipologia de armamento mais recente, C-SANT foram analisados na vertente *soft-kill* os sistemas: *Batelle DroneDefender*, *Dronebuster Block 3*, *Cervus III* e *Indra's CROW* que atualmente servem a OTAN e, o KVSG-6 de fabrico ucraniano, pela sua eficácia demonstrada no atual conflito entre a Rússia e Ucrânia. Na vertente *hard-kill*

destaca-se o sistema LIDS pelo seu sistema radar de última geração capaz de detetar SANT LSS.

No que diz respeito à **PD n.º 3: Quais são as últimas atualizações e desenvolvimentos dos sistemas de defesa aérea ao serviço da OTAN?**

No que diz respeito aos desenvolvimentos que têm sido feitos na área do armamento, estes caracterizam-se pelo secretismo, o que acrescentou dificuldade à pesquisa destas matérias. Aquilo que foi possível apurar, deveu-se aos inquéritos realizados a especialistas nesta área.

Ao nível dos sistemas SHORAD, VSHORAD e C-RAM, existem esforços de vários países no que concerne à integração dos sistemas canhão, MANPAD e míssil ligeiro em redes de C2 que permitam uma melhor interoperabilidade entre os mesmos. A adaptação destes sistemas em viaturas, também é um ponto chave de modo a melhorar a sua mobilidade e prontidão. O grande passo dado nesta tipologia de armas é a junção dos sistemas canhão e míssil ligeiro numa mesma plataforma, como é o caso do M-SHORAD ou do *Oerlikon Skyguard III*.

Nos sistemas MRSAM e HIMAD os desenvolvimentos têm sido direcionados para as contra medidas eletrónicas dos mísseis que os equipam, para se protegerem de interferências e ataques cibernéticos, eliminação de ângulos morto, e no melhoramento da capacidade de pré-aviso dos radares associados. Capacidade esta determinante no sucesso da missão destes SAM.

No que diz respeito aos sistemas C-SANT, estes têm sido a tipologia de armas com maior desenvolvimento nos últimos anos. As tecnologias de disrupção por *jamming* são a grande aposta na vertente *soft-kill*, já com presença em vários exércitos da OTAN. Na vertente *hard-kill*, a principal aposta é nos radares especializados em deteção de SANT LSS que permitam aumentar a precisão e eficácia do seu armamento. Existem ainda várias possibilidades de desenvolvimento como adaptações de sistemas C-RAM, sistemas LASER, granadas programáveis e até mesmo sistema em rede com recurso a cordas ou cabos metálicos.

Por fim, podemos responder à **PP: De que forma os sistemas de defesa aérea atuais ao serviço da OTAN dão resposta às novas ameaças aéreas do ambiente operacional?**

Apesar de as ameaças abordadas neste trabalho representarem dificuldades sérias para a OTAN, podemos afirmar que não existe uma para a qual não exista defesa possível. Quando todos os sistemas referidos na PD n. °2 são empregues e devidamente integrados num sistema de C2, estes dão boas provas da sua eficácia. Existe confiança nos sistemas referidos nesta investigação e a defesa antiaérea em todos os escalões tem sido de alvo de investimentos que têm contribuído para o seu desenvolvimento. A evolução tecnológica dos sistemas de defesa aérea deve ser constante, uma vez que a evolução da ameaça também o é. Os *upgrades* dos sistemas de armas de AAA são essenciais para colmatar as limitações nas DA dos territórios OTAN. Para que a defesa antiaérea da OTAN consiga continuar a dar resposta às ameaças aéreas, é essencial o investimento e investigação interruptos nesta área.

Dificuldades e limitações

Durante a realização deste trabalho, a principal dificuldade prendeu-se com a falta de informação credível relativamente às últimas inovações nos sistemas de armas. Esta dificuldade deve-se ao facto de que a informação relacionada com os *upgrades* dos sistemas de armas ser mantida sobre secretismo por parte das indústrias de defesa. Também foi sentida dificuldade na recolha de informações relativas aos sistemas de DA que os países utilizam, uma vez que na maioria das vezes não são descritas as versões em concreto. Outra limitação foi a falta de adesão de oficiais de AAA portugueses aos questionários enviados, que seriam sempre um bom complemento à investigação.

Recomendações

Ao longo da investigação deste trabalho, foi estudada e sentida a preocupação dos oficiais relativamente à evolução dos SANT e da sua empregabilidade no TO moderno. Os sistemas C-SANT tentam acompanhar as evoluções tecnológicas desta nova ameaça pelas vertentes *soft-kill* e *hard-kill*. No entanto, muitos destes sistemas pecam pela sua pouca utilização em contexto real. Uma vez que os sistemas *hard-kill* são, na sua essência, sistemas C-RAM com radares especializados, sentiu-se a necessidade de um estudo aprofundado na vertente *soft-kill*, em que existe uma maior diversidade de tecnologias, todas com o mesmo propósito – a neutralização e posterior captura de SANT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Missile Defence Advocacy Alliance. (15 de Março de 2024). *FIM-92 Stinger*. Obtido de [missiledefenseadvocacy.org: https://missiledefenseadvocacy.org/defense-systems/fim-92-stinger/#_edn8](https://missiledefenseadvocacy.org/defense-systems/fim-92-stinger/#_edn8)
- Airforce Technology. (26 de Julho de 2017). *Batelle demonstra a capacidade C-SANT do DroneDefender*. Obtido de [airforce-technology.com: https://www.airforce-technology.com/news/newsbatelle-demonstrates-dronedefenders-capability-to-counter-uas-5884260/?cf-view](https://www.airforce-technology.com/news/newsbatelle-demonstrates-dronedefenders-capability-to-counter-uas-5884260/?cf-view)
- Airforce Technology. (20 de Março de 2024). *Defesa Aérea Rheinmettal - Sistema de Defesa Aérea Oerlikon Skyguard 3*. Obtido de [airforce-technology.com: https://www.airforce-technology.com/products/oerlikon-skyguard-3-airforce/#:~:text=Skyguard%20combines%20state%2Dof%2Dthe,to%201%2C100%20rounds%20per%20minute](https://www.airforce-technology.com/products/oerlikon-skyguard-3-airforce/#:~:text=Skyguard%20combines%20state%2Dof%2Dthe,to%201%2C100%20rounds%20per%20minute).
- Airforce-Technology. (7 de Agosto de 2023). *Sistema Nacional Avançado de Mísseis Superfície-Ar*. Obtido de [airforce-technology.com: https://www.airforce-technology.com/projects/nasams-defence-system-norway/?cf-view&cf-closed](https://www.airforce-technology.com/projects/nasams-defence-system-norway/?cf-view&cf-closed)
- Army Recognition. (29 de Setembro de 2018). *Sistema de defesa aérea Oerlikon Skyguard III*. Obtido de [armyrecognition.com: https://armyrecognition.com/germany_german_army_artillery_vehicles_systems_uk/skyguard_iii_3_oerlikon_air_defense_system_cannon_missile_technical_data_sheet_specifications.html](https://armyrecognition.com/germany_german_army_artillery_vehicles_systems_uk/skyguard_iii_3_oerlikon_air_defense_system_cannon_missile_technical_data_sheet_specifications.html)
- Army Recognition. (1 de Novembro de 2023). *C-RAM Centurion Phalanx*. Obtido de [armyrecognition.com: https://armyrecognition.com/united_states_us_army_artillery_vehicles_system_uk/centurion_c-ram_land-based_weapon_system_phalanx_technical_data_sheet_specifications_pictures_video.html](https://armyrecognition.com/united_states_us_army_artillery_vehicles_system_uk/centurion_c-ram_land-based_weapon_system_phalanx_technical_data_sheet_specifications_pictures_video.html)
- Army Recognition. (26 de Dezembro de 2023). *Stinger FIM-92 MANPADS*. Obtido de [armyrecognition.com: https://armyrecognition.com/united_states_american_missile_system_vehicle_uk/st](https://armyrecognition.com/united_states_american_missile_system_vehicle_uk/st)

- inger_fim-92_fim-92a_man_portable_air_defense_missile_system_manpads_technical_data_sheet_picture.html#top
- Army Recognition. (15 de Março de 2024). *NASAMS Norwegian Advanced Surface to Air Defense Missile System*. Obtido de armyrecognition.com: https://armyrecognition.com/norway_norwegian_army_missile_systems_vehicles_uk/nasams_norwegian_advanced_surface_to_air_missile_system_technical_data_sheet_pictures_video_12712158.html#google_vignette
- Army Recognition. (15 de Março de 2024). *PATRIOT MIM-104*. Obtido de armyrecognition.com: https://armyrecognition.com/united_states_american_missile_system_vehicle_uk/patriot_mim-104_surface-to-air_defense_missile_data_sheet_specifications_information_description.html
- Army Recognition. (25 de Março de 2024). *PATRIOT PAC-3 - MSE - GEM-T*. Obtido de armyrecognition.com: https://armyrecognition.com/defense_news_June_2023_global_security_army_industry/index.php?option=com_content&view=article&id=28749&=1
- Army-Technology. (26 de Junho de 2017). *Medium Extended Air Defense System*. Obtido de army-technology.com: <https://www.army-technology.com/projects/meads/?cf-view&cf-closed>
- Army-Technology. (11 de 01 de 2021). *Sistema de proteção de defesa aérea NBS MANTIS*. Obtido de army-technology.com: <https://www.army-technology.com/projects/mantis/?cf-view&cf-closed>
- Barbosa, P., & Santos, N. (2019). Recensão Crítica do Artigo The Future of Field Artillery Merging with Air Defense. *Revista de Artilharia*, 37-42.
- Bispo, A. d. (2023). Os efeitos da revolução tecnológica no poder militar; uma visão geral. *Revista Militar*, 609-630.
- Britannica. (03 de Abril de 2024). *Stealth Technology*. Obtido de britannica.com: <https://www.britannica.com/technology/stealth>
- Bronk, J., Reynolds, N., & Watling, J. (2022). The Russian air war and Ukrainian requirements for air defense.
- Bryant, A., & Charmaz, K. (2007). Grounded theory in historical perspective: An epistemological account. Em *The SAGE handbook of grounded theory* (pp. 31-57).

- Calhaço, N. (2023). As novas ameaças no quadro do conflito Rússia/Ucrânia. *Boletim da Artilharia Antiaérea*, 30-33.
- Capucho, I. (13 de Outubro de 2023). *NASAMS, o escudo de defesa antiaérea que Zelensky anseia receber dos EUA*. Obtido de observador.pt: <https://observador.pt/2022/10/13/nasams-o-escudo-de-defesa-antiaerea-que-zelensky-anseia-receber-dos-eua/>
- Chapman, I., Ash, A., Medina, D., & Gordon, A. (13 de 10 de 2023). *Rockets caseiros e Ak-47s transformadas: eis um olhar detalhado ao arsenal mortal do Hamas*. Obtido de CNN Portugal: <https://cnnportugal.iol.pt/guerra/israel/rockets-caseiros-e-ak-47s-transformadas-eis-um-olhar-detalhado-ao-arsenal-mortal-do-hamas/20231013/65293a0cd34e371fc0b8aa79>
- CNN. (22 de Março de 2023). *Tropas ucranianas impressionam militares dos EUA com a rapidez com que aprederam a manobrar os Patriot*. Obtido de [cnnportugal.iol.pt: 2023](https://cnnportugal.iol.pt/2023)
- CNN. (13 de Fevereiro de 2024). *A Rússia usou um míssil hipersónico avançado pela primeira vez num ataque recente, afirma a Ucrânia*. Obtido de [edition.cnn.com: https://edition.cnn.com/2024/02/13/europe/ukraine-russia-zircon-hypersonic-missile-intl-hnk-ml/index.html](https://edition.cnn.com/2024/02/13/europe/ukraine-russia-zircon-hypersonic-missile-intl-hnk-ml/index.html)
- CNN Brasil. (13 de Março de 2024). *Entenda o tamanho do arsenal nuclear da Rússia e como Putin o controla*. Obtido de [cnnbrasil.com.br: https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/entenda-o-tamanho-do-arsenal-nuclear-da-russia-e-como-putin-o-controla/](https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/entenda-o-tamanho-do-arsenal-nuclear-da-russia-e-como-putin-o-controla/)
- CNN Portugal. (18 de Abril de 2024). *Ataque contra Israel colocou à vista as fraquezas do arsenal bélico do Irão: eis o que o Ocidente aprendeu*. Obtido de [cnnportugal.iol.pt: https://cnnportugal.iol.pt/https://cnnportugal.iol.pt/guerra/israel/ataque-contraisrael-colocou-a-vista-as-fraquezas-do-arsenal-belico-do-irao-eis-o-que-o-ocidente-aprendeu/20240418/66215930d34e0498921fe5cb](https://cnnportugal.iol.pt/https://cnnportugal.iol.pt/guerra/israel/ataque-contraisrael-colocou-a-vista-as-fraquezas-do-arsenal-belico-do-irao-eis-o-que-o-ocidente-aprendeu/20240418/66215930d34e0498921fe5cb)
- Corpo docente do Instituto Universitário Militar. (2020). *Glossário de Termos Militares*. Lisboa: Instituto Universitário Militar e Academia das Ciências de Lisboa.
- Correia, A., Cartaxo, F., Lopes, P., & Pedroso, T. (2023). *NATINAMDS "A dissuasão contra a ameaça aérea aos membros da Aliança Atlântica"*. *Boletim de Artilharia Antiaérea*, 38-43.
- Correia, A., Couceiro, R., Morais, R., Cartaxo, F., & Lopes, P. (2018). *Aegis Ashore - A Defesa Contra a Ameaça Míssil Balístico à Europa*. *Revista de Artilharia*, 41-50.

- Couceiro, R. (2023). O C-SANT no quadro das novas ameaças aéreas. *Boletim da Artilharia Antiaérea*, 34-37.
- Couceiro, R. E. (Junho de 2016). C-RAM (Counter Rocket, Artillery and Mortar).
- Couto, A. C. (1988). *Elementos de Estratégia - Apontamentos para um curso Volume I*. Lisboa: Instituto de Altos Estudos Militares.
- Cymerman, H. (14 de Abril de 2024). *O dia em que tudo mudou no Médio Oriente*. Obtido de expresso.pt: <https://expresso.pt/opiniaio/2024-04-14-o-dia-em-que-tudo-mudou-no-medio-oriente-080af1a6>
- Department of Defense United States of America. (2024). *Ukraine Security Assistance*. Wshington D.C.
- Department of the Navy - Headquarters United States Marine Corps. (2011). *Marine Corps Reference Publiation (MCRP) 3-25.10S, Low Altitude Air Defense (LAAD) Gunner's Handbook*. Washington D.C. : United States Navy.
- Diário de Notícias. (24 de Setembro de 2023). *Dois mortos e vários feridos em ataques russos na região de Kherson*. Obtido de dn.pt: <https://www.dn.pt/internacional/ois-mortos-e-varios-feridos-em-ataques-russos-na-regiao-de-kherson-17074205.html/>
- Diário de Notícias. (01 de Setembro de 2023). *Rússia incorpora mísseis intercontinentais Sarmat no arsenal de combate*. Obtido de dn.pt: <https://www.dn.pt/internacional/russia-incorpora-misseis-intercontinentais-sarmat-no-arsenal-de-combate-16951299.html/>
- Estado Maior do Exército [EME]. (2016). *PDE 3-37-00 Tática de Artilharia Antiaérea*. Lisboa: Exército Português.
- Estado Maior do Exército [EME]. (2020). *PDE 5-36-00 - Planeamento Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados (C-SANT) (Em Aprovação)*.
- Euronews. (29 de Junho de 2023). *Que tipo de sistema de defesa para os céus europeus*. Obtido de euronews.com: <https://pt.euronews.com/2023/06/29/que-tipo-de-sistema-de-defesa-para-os-ceus-europeus>
- Expresso. (08 de Novembro de 2022). *NASAMS: quais as vantagens dos sistema de defesa antiaérea que chegou segunda-feira à Ucrânia?* Obtido de expresso.pt: <https://expresso.pt/internacional/guerra-na-ucrania/2022-11-08-NASAMS-quais-as-vantagens-do-sistema-de-defesa-antiaerea-que-chegou-segunda-feira-a-Ucrania--678238ce>
- Feickert, A. (2023). *PATRIOT Air and Missile Defense System for Ukraine*. Washington D.C.: Congressional Research Service.

- Feickert, A. (2023). *U.S. Army's Manuever Short-Range Air Defense (M-SHORAD) System*. Washington D.C.: Congressional Research Service.
- Flex Force. (2022). *Dronebuster Block 3*. Obtido de flexforce.us: <https://flexforce.us/wp-content/uploads/2021/08/2022-Dronebuster-Blk-3-Datasheet.pdf>
- Fortin, M. (2003). *O Processo de Investigação: da conceção à realização*. Loures: Lusociência.
- Fraga, J. (05 de 2021). A integração do novo sistema de Artilharia Antiaérea SHORAD no Grupo de Artilharia Antiaérea: Contribuições futuras para o Sistema de Defesa Aéreo Nacional.
- Freixo, M. J. (2012). *Metodologia Científica*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Gonçalves, P. Z. (13 de 10 de 2023). *Granadas, rockets e parapentes: Como é o arsenal mortífero do Hamas usado para atacar Israel*. Obtido de Executive Digest: <https://executivedigest.sapo.pt/noticias/granadas-rockets-e-parapentes-como-e-o-arsenal-mortifero-do-hamas-usado-para-atacar-israel/>
- Huot, R. (2002). *Métodos Quantitativos para as Ciências Humanas*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Imperial, N. F. (2016). O uso indevido de UAS no terrorismo e o Estado Islâmico. *Revista Militar*, 1165-1179.
- Integrated Air and Missile Defence Centre of Excellence. (14 de 03 de 2024). *Counter Rockets, Artillery and Mortars (C-RAM)*. Obtido de iamd-coe.org: <https://iamd-coe.org/focus-areas/counter-rockets-artillery-and-mortars-cram/>
- Jornal de Notícias. (27 de 10 de 2023). *Iron Sting: o revolucionário morteiro com GPS que Israel usa contra o Hamas*. Obtido de JN.pt: <https://www.jn.pt/5878763279/iron-sting-o-revolucionario-morteiro-com-gps-que-israel-usa-contra-o-hamas/>
- Jornal de Notícias. (11 de Fevereiro de 2024). *Ucrânia repeliu ataque russo a Kiev com drones assassinos iranianos*. Obtido de jn.pt: <https://www.jn.pt/6806738434/ucrania-repelio-ataque-russo-a-kiev-com-drones-assassinos-iranianos/>
- KNDS. (22 de Abril de 2024). *The Gepard stands for unsurpassed reaction capability in defence against low-flying aircraft*. Obtido de knds.de: <https://www.knds.de/en/systems-products/tracked-vehicles/air-defence-systems/gepard-1-a2/>
- Leitão, F. P. (2017). Defesa contra mísseis balísticos: uma capacidade multidimensional. *Revista de Ciências Militares*, 181-204.

- Leonardo DRS. (12 de Março de 2024). *Maneuver Short-Range Air Defense (M-SHORAD)*. Obtido de leonardodrs.com: <https://www.leonardodrs.com/what-we-do/products-and-services/m-shorad/>
- Lockheed Martin. (11 de Outubro de 2021). *Going Head-to-Head: The Tecnology Behind Missile Defence*. Obtido de lockheedmartin.com: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2021/Going-Head-to-Head-The-Technology-Behind-Missile-Defense.html>
- Mainha, R. J. (Julho de 2013). Sisteamas de Armas de Artilharia Antiaérea: Atualidade e Prospetiva.
- Martins, L., Silva, C., & Pereira, S. (2020). A Artilharia Antiaérea: modelos e referências de outros países a seguir como exemplo. *Atoleiros Revista Militar da Brigada Mecanizada*, 42-44.
- MBDA systems. (Abril de 25 de 2024). *Aspide 2000*. Obtido de mbda-systems.com: <https://www.mbda-systems.com/product/aspide-2000/>
- MBDA Systems. (25 de Abril de 2024). *Aster SAMP/T NG*. Obtido de mbda-systems.com: <https://www.mbda-systems.com/product/aster-30-sampt/>
- Melo, P. (2018). Levantamento e Edificação de Novas Capacidades de Artilharia Antiaérea. *Boletim de Artilharia Antiaérea*, 31-35.
- Military News. (10 de Março de 2024). *Mistral: o poderoso MANPAD francês de defesa aérea*. Obtido de military.news.: <https://military.news/wiki/mistral-powerful-french-manpads-for-reliable-air-defense/>
- Mira, J. C. (2012). Mísseis Balísticos: Tecnologias, Programas de Desenvolvimento e Contramedidas. *Revista Militar*, 1045-1076.
- Mira, J. C. (2014). Não proliferação de Armamentos: O Caso dos Mísseis de Cruzeiro. *Revista de Ciências Militares*, 269-293.
- Mishra, S. (2012). Cruise Missiles: Evolution, Proliferation and Futures. *Journal of Defence Studies*, 139-142.
- Missile Defense Advocacy Alliance. (1 de Março de 2023). *AN/MPQ-53/65 Radar*. Obtido de <https://missiledefenseadvocacy.org/>: <https://missiledefenseadvocacy.org/defense-systems/anmpq-5365-radar/>
- Missile Defense Advocacy Alliance. (30 de Março de 2024). *3M22 Zircon*. Obtido de missiledefenseadvocacy.org: <https://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/todays-missile-threat/russia/3m22-zircon/>

Missile Threat. (30 de Julho de 2021). *Hellfire*. Obtido de missilethreat.csis.org: <https://missilethreat.csis.org/missile/agm-114-hellfire/>

Missile Threat. (13 de Julho de 2021). *Iron Dome*. Obtido de missilethreat.csis.org: <https://missilethreat.csis.org/defsys/iron-dome/>

Missile Threat. (Julho de 15 de 2021). *Medium Extended Air Defense System*. Obtido de missilethreat.csis.org: <https://missilethreat.csis.org/defsys/meads/>

Missile Threat. (12 de Agosto de 2021). *P-800 Oniks/Yakhont/Bastion (SS-N-26 Strobile)*. Obtido de missilethreat.csis.org: <https://missilethreat.csis.org/missile/ss-n-26/>

Missile Threat. (23 de Agosto de 2023). *Patriot*. Obtido de missilethreat.csis.org: <https://missilethreat.csis.org/system/patriot/>

Muravska, J. (10 de 2023). European Integrated Air and Missile Defence in NATO: Progress and Persistent Challenges. pp. 1-12.

National Aeronautics and Space Administration. (13 de MAio de 2021). *Mach Number*. Obtido de grc.nasa.gov: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/mach.html>

Nunes, L. M. (2018). Captains Carrer Course Uma Visão de Quem o Frequentou. *Revista de Artilharia*, 61-69.

Observador. (01 de Julho de 2022). *KVSG-6, a arma anti-drones utilizada pela Ucrânia para "cegar" os russos*. Obtido de observador.pt: <https://observador.pt/2022/07/01/kvsg-6-a-arma-anti-drones-utilizado-pela-ucrania-para-cegar-os-russos/>

Observador. (23 de Outubro de 2023). *NASAMS, o escudo de defesa antiaérea que Zelensky anseia receber dos EUA*. Obtido de observador.pt: <https://observador.pt/2022/10/13/nasams-o-escudo-de-defesa-antiaerea-que-zelensky-anseia-receber-dos-eua/>

OTAN. (13 de Junho de 2023). *Defesa Integrada Aérea e de Mísseis da OTAN*. Obtido de nato.int: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_8206.htm

OTAN. (30 de Janeiro de 2023). *Policiamento Aéreo da OTAN: protegendo o espaço aéreo aliado*. Obtido de nato.int: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_132685.htm?selectedLocale=en

Preto, B., & Marrafa, H. (2019). AAA nos PARceiros NATO e a AAA Portuguesa a Médio e Longo Prazo. *Boletim da Artilharia Antiaérea*, 19-27.

Raytheon. (08 de Fevereiro de 2024). *Meet the US Army's LIDS: A sure shot against drones*. Obtido de rtx.com: <https://www.rtx.com/raytheon/news/2024/02/08/meet-lids-a-sure-shot-against-drones>

- Reis, J. C., Martins, J. D., Belo, J., Rebelo, O., Sousa, E., Silva, N., . . . Casinha, A. (2016). O papel da Artilharia Antiaérea na proteção do estado e das populações no contexto da conflitualidade atual. *Revista Militar*.
- Rheinmetall. (20 de Abril de 2024). *Mobile Air Defense - Oerlikon Skyranger family*. Obtido de rheinmetall.com: <https://www.rheinmetall.com/en/products/air-defence/air-defence-systems/mobile-air-defence-skyranger>
- Ribeiro, N. (2021). Munições Improvisadas Empregues Pelo Vetor Aéreo na Síria e Iraque. *Revista de Artilharia*, 23-31.
- Rosado, D. P. (2017). *Elementos Essenciais de Sociologia Geral*. Lisboa: Gradiva.
- Rosendo, P. M. (2019). O Estado da Artilharia Antiaérea Portuguesa. *Revista de Artilharia*, 29-40.
- RTP. (25 de Março de 2024). *Rússia voltou a atacar Kiev*. Obtido de rtp.pt: https://www.rtp.pt/noticias/mundo/russia-voltou-a-atacar-kiev_v1559923
- Santos, L. A., & Lima, J. M. (2019). *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação (2.ª ed., revista e atualizada)*. Lisboa: Instituto Universitário Militar.
- Sarmiento, M. (2013). *Metodologia Científica para a elaboração, escrita e apresentação de teses*. Lisboa: Univesidade Lusíada Editora.
- SIC Notícias. (14 de Dezembro de 2023). *Ucrânia recebe novo sistema de defesa antiaérea Patriot da Alemanha*. Obtido de sicnoticias.pt: <https://sicnoticias.pt/mundo/2023-12-14-Ucrania-recebe-novo-sistema-de-defesa-antiaerea-Patriot-da-Alemanha-342d7d20>
- Sousa, J. (2017). Sistemas de AAA - Míssil e Radar. *Boletim de Artilharia Antiséria*, 29-35.
- Sousa, J. (2018). Capacidade Counter Unmanned Aircraft Systems (C-UAS). *Boletim de Artilharia Antiaérea*, 47-50.
- Sousa, M. J., & Baptista, C. S. (2011). *Como fazer investigação, dissertações, teses e relatórios segundo Bolonha*. Lisboa: Lidel.
- Sousa, S. (2020). Perpetiva de Futuro e da Artilharia Portuguesa. *Revista de Artilharia*, 43-64.
- Strauss, A., & Gaser, B. G. (1967). *Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Chicago: Aldine.

- Thales . (23 de Abril de 2024). *Starstreak*. Obtido de thalesgroup.com:
<https://www.thalesgroup.com/en/markets/defence-and-security/air-forces/advance-air-defence/starstreak>
- Thales. (23 de Abril de 2024). *Rapid Ranger*. Obtido de thalesgroup.com:
<https://www.thalesgroup.com/en/markets/defence-and-security/air-forces/advance-air-defence/starstreak>
- The International Institute for Strategic Studies. (2023). *The Military Balance - The Annual Assessment of Global Military Capabilities and Defence Economics*. Londres: Routledge.
- Tuckman, B. (2000). *Manual de Investigação em Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Unmanned Airspace. (22 de Setembro de 2022). *Indra demonstrates Crow counter drone solution at UNVEX drone event in Seville*. Obtido de unmannedairspace.info:
<https://www.unmannedairspace.info/counter-uas-systems-and-policies/indra-demonstrates-crow-counter-drone-solution-at-unvex-drone-event-in-seville/>
- US Army. (2017). *ATP 3-01.81 Counter-Unmanned Aircraft System*. Washington D.C.
- Vicente, J. P. (2019). Três décadas de participação da Força Aérea Portuguesa em Operações da NATO. *Revista Militar*, 795-831.
- Vilelas, J. (2009). *Investigação: o processo de construção do conhecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.

APÊNDICES

APÊNDICE A- DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Termo de consentimento de entrevista

Este documento destina-se ao esclarecimento das condições de participação num questionário do tipo aberto, a qual surge no âmbito do Trabalho de Investigação Aplicada, incluído no ciclo de estudos do Mestrado Integrado em Ciências Militares, na especialidade de Artilharia, e subordinado ao tema “A Ameaça Aérea Emergente: Novos Desafios Para a Artilharia Antiaérea”, realizado pelo Aspirante a Oficial de Artilharia Bruno Jorge Nunes Gonçalves.

O presente Trabalho de Investigação Aplicada está a ser conduzido com a orientação da Professora Doutora Elisabete Sofia Nabais de Oliveira de Freitas e Menezes, e com a coorientação do Major de Artilharia Lúcio Manuel da Costa Lopes.

O objetivo deste trabalho é o de caracterizar as capacidades de defesa antiaérea existentes ao serviço da OTAN de fazer frente às ameaças aéreas emergentes do ambiente operacional. Para isto é fundamental identificar e caraterizar tanto as ameaças aéreas emergentes, como os sistemas de defesa aérea mais eficazes ao serviço da OTAN

Com esta declaração, concordo em participar num questionário do tipo aberto, realizado pelo Aspirante Gonçalves, onde será apresentado um conjunto de questões previamente definidas.

A participação é voluntária.

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

Aceito participar na entrevista proposta.

Assinatura: _____

Data: __/__/__

Agradeço a sua disponibilidade e colaboração

Aspirante a Oficial de Artilharia

Bruno Jorge Nunes Gonçalves

Contacto: goncalves.bjg@academiamilitar.pt / +351 915 801 561

APÊNDICE B- INFORMED CONSENT STATEMENT

Interview Consent Form

This document is intended to clarify the conditions of participation in an open-ended questionnaire, a pivotal component of a Research Work included in an Integrated Master's Degree in Military Sciences under the title "The Emerging Air Threat: New Challenges for Anti-Aircraft Artillery." This Research Work, specialized in Artillery, aims to characterize the existing anti-aircraft defense capabilities at NATO's service to address emerging air threats in the operational environment. The questionnaire, conducted by the Aspiring Artillery Officer Bruno Jorge Nunes Gonçalves, is a crucial tool designed to gather valuable insights for this purpose.

The present Applied Research Work is being conducted under the supervision of Assistant Professor Sofia Menezes and co-supervised by Major of Artillery Lúcio Manuel da Costa Lopes. The objective of this work is to characterize the existing anti-aircraft defense capabilities at NATO's service to address emerging air threats in the operational environment. For this purpose, it is fundamental to identify and characterize both emerging air threats and the most effective air defense systems in service with NATO.

By signing this statement, I acknowledge that my participation in the open-ended questionnaire conducted by Candidate Gonçalves is entirely voluntary. I understand that a set of predefined questions will be presented and that the results may be accessed through the researcher or the Common Repository of the Military Academy's library after the research is completed.

I agree to participate in the proposed interview.

Signature: _____

Date: __/__/__

Thank you for your availability and
collaboration.

Aspiring Artillery Officer

Bruno Jorge Nunes Gonçalves

Contact: goncalves.bjg@academiamilitar.pt / +351 915 801 561

APÊNDICE C- QUESTIONÁRIO C-RAM



ACADEMIA MILITAR

MESTRADO INTEGRADO EM CIÊNCIAS MILITARES NA ESPECIALIDADE DE
ARTILHARIA

TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO APLICADA

A Ameaça Aérea Emergente: Novos Desafios Para a Artilharia Antiaérea

Questionário

IDENTIFICAÇÃO:

| |
|----------|
| Nome: |
| Posto: |
| Funções: |

QUESTÕES:

Counter Rocket, Artillery and Mortar (C-RAM)

1. No seu entendimento, quais são os sistemas C-RAM mais eficazes ao serviço da OTAN?
2. Tem conhecimento de projetos em curso tendo em vista o desenvolvimento de sistemas C-RAM face à evolução da ameaça aérea? De que forma poderão contribuir para uma maior eficácia nesta tipologia de armamento?
3. Os atuais sistemas C-RAM ao serviço da OTAN, são suficientemente eficazes face à ameaça aérea a que se destinam?

4. Todos os sistemas têm capacidades e limitações. Ao nível das limitações, quais considera as mais pertinentes nesta tipologia de armamento?

Sistemas de defesa de Artilharia Antiaérea (AAA)

1. Do ponto de vista da ameaça aérea, considera que existem ameaças para as quais a OTAN não tem capacidade de defesa? Porquê?

2. Olhando para os atuais conflitos, considera que os sistemas de defesa aérea ao serviço da OTAN, como um todo, são suficientemente eficazes face à evolução da ameaça aérea? Porquê?

Muito obrigado pelas suas respostas.

APÊNDICE D- QUESTIONÁRIO C-SANT



ACADEMIA MILITAR

MESTRADO INTEGRADO EM CIÊNCIAS MILITARES NA ESPECIALIDADE DE
ARTILHARIA

TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO APLICADA

A Ameaça Aérea Emergente: Novos Desafios Para a Artilharia Antiaérea

Questionário

IDENTIFICAÇÃO:

| |
|----------|
| Nome: |
| Posto: |
| Funções: |

QUESTÕES:

Contra Sistemas Aéreos Não Tripulados (C-SANT) soft-kill

1. No seu entendimento, quais são os sistemas C-SANT soft-kill mais eficazes ao serviço da OTAN?

2. Tem conhecimento de projetos em curso tendo em vista o desenvolvimento de sistemas C-SANT soft-kill face à evolução da ameaça aérea? De que forma poderão contribuir para uma maior eficácia nesta tipologia de armamento?

3. Os atuais sistemas C-SANT soft-kill ao serviço da OTAN, são suficientemente eficazes face à ameaça aérea a que se destinam?

4. Todos os sistemas têm capacidades e limitações. Ao nível das limitações, quais considera mais pertinentes nesta tipologia de armamento?

Contra Sistemas Não Tripulados (C-SANT) hard-kill

1. No seu entendimento, quais são os sistemas C-SANT hard-kill mais eficazes ao serviço da OTAN?

2. Tem conhecimento de projetos em curso tendo em vista o desenvolvimento de sistemas C-SANT hard-kill face à evolução da ameaça aérea? De que forma poderão contribuir para uma maior eficácia nesta tipologia de armamento?

3. Os atuais sistemas C-SANT hard-kill ao serviço da OTAN, são suficientemente eficazes face à ameaça aérea a que se destinam?

4. Todos os sistemas têm capacidades e limitações. Ao nível das limitações, quais considera as mais pertinentes nesta tipologia de armamento?

5. Qual das tipologias C-SANT (soft-kill e har-kill) é, no seu entendimento, mais apropriada à OTAN, e porquê?

Sistemas de defesa de Artilharia Antiaérea (AAA)

1. Do ponto de vista da ameaça aérea, considera que existem ameaças para as quais a OTAN não tem capacidade de defesa? Porquê?

2. Olhando para os atuais conflitos, considera que os sistemas de defesa aérea ao serviço da OTAN, como um todo, são suficientemente eficazes face à evolução da ameaça aérea? Porquê?

Muito obrigado pelas suas respostas.

APÊNDICE E- QUESTIONÁRIO MRSAM HIMAD



ACADEMIA MILITAR

**MESTRADO INTEGRADO EM CIÊNCIAS MILITARES NA ESPECIALIDADE DE
ARTILHARIA**

TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO APLICADA

A Ameaça Aérea Emergente: Novos Desafios Para a Artilharia Antiaérea

Questionário

IDENTIFICAÇÃO:

| |
|----------|
| Nome: |
| Posto: |
| Funções: |

QUESTÕES:

Medim-Range Surface to Air Missile (MRSAM)

1. No seu entendimento, quais são os sistemas MRSAM mais eficazes ao serviço da OTAN?

2. Tem conhecimento de projetos em curso tendo em vista o desenvolvimento de sistemas MRSAM face à evolução da ameaça aérea? De que forma poderão contribuir para uma maior eficácia nesta tipologia de SAM?

3. Os atuais sistemas MRSAM ao serviço da OTAN, são suficientemente eficazes face à ameaça aérea a que se destinam?

4. Todos os sistemas têm capacidades e limitações. Ao nível das limitações, quais considera mais pertinentes nesta tipologia de SAM?

High to Medium Air Defense (HIMAD)

1. No seu entendimento, quais são os sistemas HIMAD mais eficazes ao serviço da OTAN?

2. Tem conhecimento de projetos em curso tendo em vista o desenvolvimento de sistemas HIMAD face à evolução da ameaça aérea? De que forma poderão contribuir para uma maior eficácia nesta tipologia de SAM?

3. Os atuais sistemas HIMAD ao serviço da OTAN, são suficientemente eficazes face à ameaça aérea a que se destinam?

4. Todos os sistemas têm capacidades e limitações. Ao nível das limitações, quais considera as mais pertinentes nesta tipologia de SAM?

Sistemas de defesa de Artilharia Antiaérea (AAA)

1. Do ponto de vista da ameaça aérea, considera que existem ameaças para as quais a OTAN não tem capacidade de defesa? Porquê?

2. Olhando para os atuais conflitos, considera que os sistemas de defesa aérea ao serviço da OTAN, como um todo, são suficientemente eficazes face à evolução da ameaça aérea? Porquê?

Muito obrigado pelas suas respostas.

APÊNDICE F- QUESTIONÁRIO SHORAD VSHORAD



ACADEMIA MILITAR

**MESTRADO INTEGRADO EM CIÊNCIAS MILITARES NA ESPECIALIDADE DE
ARTILHARIA**

TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO APLICADA

A Ameaça Aérea Emergente: Novos Desafios Para a Artilharia Antiaérea

Questionário

IDENTIFICAÇÃO:

| |
|----------|
| Nome: |
| Posto: |
| Funções: |

QUESTÕES:

Short-Range Air Defense (SHORAD) e Very Short-Range Air Defense (VSHORAD)

Sistemas Canhão

1. No seu entendimento, quais são os sistemas canhão mais eficazes ao serviço da OTAN?

2. Tem conhecimento de projetos em curso tendo em vista o desenvolvimento de sistemas canhão face à evolução da ameaça aérea? De que forma poderão contribuir para uma maior eficácia nesta tipologia SHORAD e VSHORAD?

3. Os atuais sistemas canhão ao serviço da OTAN, são suficientemente eficazes face à ameaça aérea a que se destinam?

4. Todos os sistemas têm capacidades e limitações. Ao nível das limitações, quais considera mais pertinentes nesta tipologia de SHORAD e VSHORAD?

Man-Portable Air Defense (MANPAD)

1. No seu entendimento, quais são os MANPAD mais eficazes ao serviço da OTAN?

2. Tem conhecimento de projetos em curso tendo em vista o desenvolvimento de sistemas MANPAD face à evolução da ameaça aérea? De que forma poderão contribuir para uma maior eficácia nesta tipologia SHORAD e VSHORAD?

3. Os atuais sistemas MANPAD ao serviço da OTAN, são suficientemente eficazes face à ameaça aérea a que se destinam?

4. Todos os sistemas têm capacidades e limitações. Ao nível das limitações, quais considera mais pertinentes nesta tipologia de SHORAD e VSHORAD?

Sistemas Míssil Ligeiro

1. No seu entendimento, quais são os sistemas Míssil Ligeiro mais eficazes ao serviço da OTAN?

2. Tem conhecimento de projetos em curso tendo em vista o desenvolvimento de sistemas Míssil Ligeiro face à evolução da ameaça aérea? De que forma poderão contribuir para uma maior eficácia nesta tipologia SHORAD e VSHORAD?

3. Os atuais sistemas Míssil Ligeiro ao serviço da OTAN, são suficientemente eficazes face à ameaça aérea a que se destinam?

4. Todos os sistemas têm capacidades e limitações. Ao nível das limitações, quais considera as mais pertinentes nesta tipologia SHORAD e VSHORAD?

Sistemas de defesa de Artilharia Antiaérea (AAA)

1. Do ponto de vista da ameaça aérea, considera que existem ameaças para as quais a OTAN não tem capacidade de defesa? Porquê?

2. Olhando para os atuais conflitos, considera que os sistemas de defesa aérea ao serviço da OTAN, como um todo, são suficientemente eficazes face à evolução da ameaça aérea? Porquê?

Muito obrigado pelas suas respostas.

