

João Pedro de Oliveira Bellocchio
Domingos Sávio Mendes Silva

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÍSSEIS COMO ARMAMENTO:
TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

2025

João Pedro de Oliveira Bellocchio
Domingos Sávio Mendes Silva

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÍSSEIS COMO ARMAMENTO:
TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade
Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Aeronáutica. *EXEMPLAR DE DEFESA*

Orientador: Prof. Dr. Giuliano Gardolinski Venson

Uberlândia - MG

2025

João Pedro de Oliveira Bellocchio
Domingos Sávio Mendes Silva

**COMPARATIVE ANALYSIS OF MISSILES AS WEAPONRY:
TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS**

Final Paper submitted to the Faculty of Mechanical
Engineering from Federal University of Uberlândia in
partial fulfillment of the requirements for the degree of
Aeronautical Engineer. *EXAMINATION BOARD
PRESENTATION COPY*

Advisor: Prof. Dr. Giuliano Gardolinski Venson

Uberlândia - MG

2025

Este trabalho é dedicado a todos os pais que lutam e zelam pela educação de seus filhos e ajudam a construir um País pleno e repleto de profissionais em prol da nação brasileira.

AGRADECIMENTOS

Eu, Domingos Sávio Mendes Silva, agradeço primeiramente a Deus por sempre ter me guiado e abençoado por toda essa trajetória. Agradeço à toda minha família, em especial à minha mãe Maria do Socorro Betânia Mendes e meu tio Francisco Sávio Berctom Marques pela presença incondicional, sempre foram as minhas maiores referências e que me criaram da maneira mais excepcional. Vocês foram imprescindíveis ao moldar o que hoje sou.

Agradeço ao amor da minha vida, Thaynara, que sempre está ao meu lado em todas as ocasiões e adversidades, que também me apoiou incondicionalmente e que brevemente nos tornaremos um só diante do altar.

Demonstro minha gratidão também aos meus avós Benedita e Santino, que lutaram bravamente para que as próximas gerações tivessem um futuro confortável e estável. Vocês foram a nossa base e sempre sentirei muito orgulho da história de vocês.

AGRADECIMENTOS

Eu, João Pedro de Oliveira Bellocchio, direciono os meus agradecimentos principais aos meus pais, Luiz Cláudio e Andréia e aos meus irmãos Giovanna e Bernardo, sem eles nenhum sonho e objetivo conquistado teria sido possível e hoje sou o que sou devido a eles. Eu amo vocês.

Agradeço a minha namorada e parceira Maria Eduarda pelo apoio incondicional durante a minha trajetória, sempre presente nos momentos mais difíceis que passei até aqui. Eu te amo e obrigado pela nossa parceria de quase oito anos.

À minha bisavó Joanita e minha avó Ivone, mulheres batalhadoras e de muita fibra. Eu dedico essa conquista especialmente pra vocês, mulheres que moldaram e ensinaram meu pai e minha mãe, as duas pessoas que mais amo nesse mundo.

Ao meu orientador Giuliano, uma pessoa absoluta e profissional ímpar, sem ele eu não teria chegado até aqui. Muito obrigado professor, hoje me sinto um profissional realizado e devo muito a você.

Ao meu cunhado Bruno, uma pessoa que admiro muito e que sempre me motivou a chegar onde estou.

À minha sobrinha Aurora, recém chegada em nossas vidas e que desejo o melhor do mundo.

Por último aos meus futuros filhos, longe e sem previsão de nascerem, mas adianto a todos que tudo o que eu faço e tudo que eu fizer será por eles.

“Não tentes ser bem-sucedido, tenta antes ser um homem de valor”
(Albert Einstein)

RESUMO

Análise comparativa de mísseis como armamento: tecnologias e aplicações. 2025. 82 p.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Aeronáutica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2024.

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo explorar os diferentes tipos de mísseis empregados em operações militares, como os mísseis ar-ar, ar-terra, terra-terra e terra-ar, detalhando suas principais características e aplicações. A pesquisa aborda a descrição de cada categoria de míssil, destacando suas especificações técnicas, sistemas de orientação, alcance e tipos de ogiva. Os mísseis ar-ar são usados para atacar alvos aéreos, enquanto os mísseis terra-terra têm a função de atingir alvos no solo, como instalações ou forças inimigas. Já os mísseis terra-ar são projetados para defesa aérea, sendo empregados na interceptação de ameaças no espaço aéreo e os mísseis ar-terra são utilizados para atacar alvos no solo, a partir de lançamentos de aeronaves. Além de uma pesquisa sobre os tipos de mísseis e suas aplicações, foi realizado e elaborado um banco de dados com os principais mísseis de cada categoria por meio de pesquisas em sites de busca relacionados a aviação militar. Com a realização do banco de dados, foi realizada a comparação direta entre as principais características das amostras de mísseis. É importante ressaltar que o principal objetivo desse trabalho não é a projeção de mísseis, mas sim uma pesquisa abordando e comparando os principais tipos de mísseis da aviação militar.

Palavras-chave: Míssil ar-ar, Míssil ar-terra, Míssil terra-ar, Míssil terra-terra, Aviação militar.

ABSTRACT

Comparative of missiles as weaponry: Technologies and Applications. 2025. 82 p.
Undergraduate Thesis (Aeronautical Engineering) – Faculty of Mechanical Engineering,
Federal University of Uberlândia, Uberlândia - MG, 2025.

This Final Thesis aims to explore the different types of missiles used in military operations, such as air-to-air, air-to-surface, surface-to-air and surface-to-surface missiles, detailing their main characteristics and applications. The research provides a description of each missile category, highlighting their technical specifications, guidance systems, range, and types of warheads. Air-to-air missiles are used to engage airborne targets, while surface-to-surface missiles are designed to hit ground targets, such as installations or enemy forces. The surface-to-air missiles are designed for air defense, being used to intercept threats in the airspace, while the air-to-surface missiles are used to attack ground targets, launched from aircraft. In addition to researching the types of missiles and their applications, a database was created containing the main missiles from each category through research on websites related to military aviation. With the creation of this database, a direct comparison was made between the key characteristics of the missile samples. It is important to emphasize that the main objective of this work is not the design of missiles, but rather research that addresses and compares the main types of missiles used in military aviation.

Keywords: air-to-air Missile, air-to-surface, surface-to-air Missile, surface-to-surface Missile, Military Aviation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Míssil Peregrine.	18
Figura 2- Míssil MGM-140 ATACMS.....	18
Figura 3- Míssil 9K720.....	19
Figura 4- Míssil Piranha.	20
Figura 5- AT-26 Xavante equipado com um míssil piranha.....	20
Figura 6- Míssil K-100.	21
Figura 7- Míssil V-750.	21
Figura 8- Míssil SBAT-70.	22
Figura 9- Míssil AGM-65 Maverick.....	22
Figura 10- Míssil AV-TM 300.....	23
Figura 11- Míssil AIM-9X.....	24
Figura 12- Míssil hipersônico Kinzhal acoplado a um caça Mikoyan.....	24
Figura 13- Míssil Oreshnik.....	24
Figura 14- Míssil ATACAMS.	25
Figura 15- Míssil com Ogiva de Fragmentação.....	26
Figura 16- Míssil DF-3A.	26
Figura 17- Míssil Minuteman III.	27
Figura 18- Míssil AIM-9 com guiagem infravermelha.....	28
Figura 19- Míssil de radar ativo AIM-120 AMRAAM.	28
Figura 20- Míssil Matra R530.	29
Figura 21- Míssil MANSUP.....	30
Figura 22- Míssil Tomahawk.....	30
Figura 23- Míssil MSS 1.2 AC.....	31
Figura 24- Míssil com propulsão a combustível sólido.....	32
Figura 25- Propulsão a combustível sólido.....	32
Figura 26- Míssil com ogiva de fragmentação.	34
Figura 27- Ogiva de fragmentação.	34
Figura 28- Ogiva GBU - 43/B.	35
Figura 29- Ogiva nuclear.	35
Figura 30- Ogiva penetrante de haste de tungstênio.....	36
Figura 31- Interceptador Móvel de Mísseis MIM-104.	36
Figura 32- Terminal de Defesa Aérea de Grandes Altitudes (THAAD).	37
Figura 33- Domo de Ferro (Iron Dome).	37
Figura 34- Estilingue de David.....	38
Figura 35- Sistema Arrow 3.....	38
Figura 36- Iron Beam.....	39
Figura 37- Dispositivo de contramedida Flare.....	40
Figura 38- Dispositivo de contramedida Chaff.....	41
Figura 39- Dispositivo de Contramedidas Eletrônicas (ECM).	41
Figura 40- Sistema GBADS.	42
Figura 41- Sistema de Identificação Amigo-Amigo (IFF).....	42
Figura 42- Sistema AN/TWQ-1 Avenger.....	43
Figura 43- Sistema GMD.....	44
Figura 44- Barak 8.	44
Figura 45- S-500 Prometheus.	45
Figura 46- Gráfico de Mísseis Ar-Ar por País.	53
Figura 47- Tipos de Guiagem para Mísseis Ar-Ar.....	53
Figura 48- Tipos de Ogiva para Mísseis Ar-Ar.	54
Figura 49- Representação Gráfica de Mach vs Alcance de Mísseis Ar-Ar.	56
Figura 50- Representação Gráfica de Massa vs Mach de Mísseis Ar-Ar.	56

Figura 51: Representação Gráfica de Massa vs Alcance de Mísseis Ar-Ar.	57
Figura 52: Mísseis Ar-Terra por País.....	58
Figura 53: Tipos de Guiagem de Mísseis Ar-Terra.	59
Figura 54: Tipos de Ogiva de Mísseis Ar-Terra.	59
Figura 55: Tipos de Propulsão de Mísseis Ar-Terra.	60
Figura 56: Representação Gráfica de Alcance vs Mach de Mísseis Ar-Terra.	61
Figura 57: Representação Gráfica de Massa vs Mach de Mísseis Ar-Terra.	61
Figura 58: Representação Gráfica de Massa vs Alcance de Mísseis Ar-Terra.	61
Figura 59: Mísseis Terra-Ar por País.	63
Figura 60: Tipos de Ogiva de Mísseis Terra-Ar.	63
Figura 61: Tipos de Guiagem de Mísseis Terra-Ar.	63
Figura 62: Tipos de Propulsão de Mísseis Terra-Ar.	64
Figura 63: Representação Gráfica de Massa vs Alcance de Mísseis Terra-Ar.	65
Figura 64: Representação Gráfica de Mach vs Massa de Mísseis Terra-Ar.	65
Figura 65: Representação Gráfica de Mach vs Alcance de Mísseis Terra-Ar.	65
Figura 66: Mísseis Terra-Terra por País.	67
Figura 67: Tipos de Guiagem de Mísseis Terra-Terra.	67
Figura 68: Tipos de Ogiva de Mísseis Terra-Terra.....	67
Figura 69: Tipos de Propulsão de Mísseis Terra-Terra.	68
Figura 70: Representação Gráfica de Mach vs Alcance de Mísseis Terra-Terra.....	68
Figura 71: Representação Gráfica de Mach vs Massa de Mísseis Terra-Terra.....	69
Figura 72: Representação Gráfica de Massa vs Alcance de Mísseis Terra-Terra.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Amostra de mísseis Ar-Ar.	52
Tabela 2- Amostra de mísseis Ar-Ar.	55
Tabela 3- Média e Mediana das Grandezas Estudadas de Mísseis Ar-Ar.	57
Tabela 4- Amostra de mísseis Ar-Terra.....	58
Tabela 5- Amostra de mísseis Ar-Terra.....	60
Tabela 6- Média e Mediana das grandezas estudadas de Mísseis Ar-Terra.	62
Tabela 7- Amostra mísseis Terra-Ar.	62
Tabela 8- Amostra de mísseis Terra-Ar.....	64
Tabela 9- Média e Mediana das grandezas estudadas de Mísseis Terra-Ar.	66
Tabela 10- Amostra de mísseis Terra-Terra.	66
Tabela 11- Amostra de mísseis Terra-Terra.	68
Tabela 12- Média e Mediana das grandezas estudadas de Mísseis Terra-Terra.	69

LISTA DE ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
AAM	Mísseis Ar-Ar
SRAAM	Short Range Air-to-Air Missile
BVRAAM	Beyond Visual Range Air-to-Air Missile
AMRAAM	Advanced Medium-Range Air-to- Air Missile
JATM	Journal of Aerospace Technology and Management
SSM	Surface-to-Surface Missile
GGM	Ground-to-Ground Missile
IRBM	Intermediate-Range Ballistic Missile
MRBM	Medium-Range Ballistic Missile
ICBM	Intercontinental Ballistic Missile
GPS	Global Positioning System
INS	Inertial Navigation System
ATGM	Anti-Tank Guided Missile
CTEX	Centro Tecnológico do Exército
MB	Marinha do Brasil
SIATT	Sistemas Integrados de Alto Teor Tecnológico
MANSUP	Missil Antinavio de Superfície
DPICM	Dual-Purpose Improved Conventional Munition
EUA	Estados Unidos da América
EFP	Explosively Formed Penetrator
MIM	Mobile Interceptor Missile
THAAD	Terminal High Altitude Area Defense
TCAS	Traffic Collision Avoidance System
ECM	Electronic Countermeasures
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte

GBADS	Ground-Based Air Defense System
IFF	Identification Friend or Foe
NASAMS	National Advanced Surface-to-Air Missile System
VANTS	Veículos Aéreos Não Tripulados
GMD	Ground-Based Midcourse Defense
MDA	Missile Defense Agency
NMD	National Missile Defense
SAM	Surface-to-Air Missile
HELIOS	High Energy Laser with Integrated Optical-dazzler and Surveillance
USS	United States Ship
LRASM	Long Range Anti-Ship Missile
ABM	Anti-Ballistic Missile
MAD	Mutual Assured Destruction
SALT	Strategic Arms Limitation Talks
SLBM	Submarine-Launched Ballistic Missile
UE	União Europeia
TBM	Tactical Ballistic Missile

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos e Metodologia	16
1.2 Estruturação do Documento	16
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Definição de Míssil.....	17
2.2 Tipos de mísseis, Características e Aplicações	18
2.2.1 Mísseis Terra-Terra.....	18
2.2.2 Mísseis Ar-Ar.....	19
2.2.3 Mísseis Terra-Ar	21
2.2.4 Mísseis Ar-Terra	22
2.2.5 Classificação dos mísseis de acordo com a velocidade.....	23
2.2.6 Classificações de acordo com o alcance	25
2.2.7 Principais tipos de guiagem, propulsão e ogivas.	27
2.3 Sistemas de defesa anti-mísseis	36
2.3.1 Mecanismo de defesa de aeronaves	39
2.3.2 Sistemas anti-mísseis terrestres.....	43
2.4 Evolução Histórica e Novas Tecnologias	46
2.5 Aspectos Legais, Éticos e Tratados.....	47
METODOLOGIA	49
RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1 Resutados Mísseis Ar-Ar	52
4.2 Resultados Mísseis Ar-Terra	58
4.3 Resultados Mísseis Terra-Ar	62
4.4 Resultados Mísseis Terra-Terra	66
CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	70
REFERÊNCIAS.....	71

INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos e Metodologia

O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é realizar um estudo sobre os diferentes tipos de mísseis ar-ar, terra-ar e terra-terra, a partir de uma pesquisa em fontes especializadas e sites de busca. O trabalho tem como finalidade analisar as principais características desses mísseis, como alcance, velocidade, tipos de guiagem, aplicações e outras especificações técnicas relevantes e comparar as variações dessas características à medida que uma outra se altere.

Por exemplo, será analisado o que ocorre com o alcance dos mísseis à medida que sua massa e velocidade aumentam ou diminuem. Para facilitar a comparação entre as principais características dos mísseis amostrados, serão elaborados gráficos com a utilização do programa Excel, permitindo uma análise gráfica e quantitativa mais detalhada.

1.2 Estruturação do Documento

A estruturação do documento é apresentada a seguir:

- Capítulo 2: Revisão geral sobre os tipos de mísseis: ar-ar, ar-terra, terra-ar e terra-terra e suas aplicações, definições e características principais;
- Capítulo 3: Definição da metodologia utilizada para criação do banco de dados e geração dos gráficos e tabelas comparativas envolvendo as principais características de cada míssil.
- Capítulo 4: Discussão dos resultados obtidos após a criação do banco de dados e geração dos principais gráficos e tabelas.
- Capítulo 5: Conclusão do trabalho e sugestão para futuros estudos e pesquisas sobre o tema por alunos de Engenharia.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão expostos os conceitos teóricos que sustentam o tema principal desse trabalho, estudo dos principais tipos de mísseis, suas aplicações, componentes, características, evoluções históricas e questões legais e éticas na utilizações desse tipo de armamento.

2.1 Definição de Míssil

Um míssil (Figura 1) é um veículo de transporte de explosivos não tripulado que se move acima da superfície da Terra em uma trajetória de voo controlada por uma fonte externa ou interna. Existem muitos tipos de mísseis guiados, mas todos têm a mesma função final: destruir “alvos” inimigos, ou seja, pessoal, tanques, veículos, aviões, navios e armas, incluindo mísseis atacantes.

O nome vem do verbo latim mittere, que significa “enviar”, sendo que o primeiro modelo usado em larga escala foi o V-1 da Alemanha nazista.

Embora existam diversos tipos de mísseis, todos têm o mesmo objetivo principal: eliminar alvos inimigos, como tropas, tanques, veículos, aeronaves, navios e até outros mísseis em ataque. De forma geral, um míssil é formado pela seguinte estrutura: Cabeça (ogiva), Corpo e Propulsor. A ogiva é responsável pelo efeito destrutivo, contém a carga explosiva ou outro tipo de material bélico destinado ao alvo.

O corpo é a estrutura central onde estão localizados os sistemas de orientação, de controle e, em alguns casos, o combustível do propulsor. Já o propulsor é o sistema que fornece a força necessária para o lançamento e voo do míssil, podendo ser um motor a jato, foguete ou outro tipo de propulsão.

Figura 1- Míssil Peregrine.



Fonte: Revista Asas

2.2 Tipos de mísseis, Características e Aplicações

Dependendo de sua função e do tipo de alvo, os mísseis são classificados em diversas categorias. Cada categoria de míssil possui características específicas adaptadas às suas funções táticas e estratégicas, contribuindo de maneira distinta para cada tipo de operação.

2.2.1 Mísseis Terra-Terra

Também conhecidos como mísseis superfície-superfície, são lançados de plataformas terrestres com o objetivo de atingir alvos no solo. São empregados em operações ofensivas para destruir instalações inimigas, como bases militares e centros de comando. Um exemplo é o míssil balístico tático MGM-140 ATACMS fabricado pelos Estados Unidos (Figura 2), com alcance de 300 km e utilizado em larga escala na guerra da Ucrânia, como ajuda dos Estados Unidos ao governo ucraniano. O seu principal concorrente é o míssil 9K720 ISKANDER (Figura 3), míssil Terra-Terra Russo.

Figura 2- Míssil MGM-140 ATACMS.



Fonte: missilethreat.csis.org

Figura 3- Míssil 9K720.



Fonte: wikipédia

2.2.2 Mísseis Ar-Ar

O propósito de um míssil ar-ar (AAM) é atingir uma aeronave em voo, um alvo extremamente fugaz, sendo disparado de outra aeronave em voo. São a principal arma do combate aéreo moderno e guarnecem aeronaves, tanto na função de autodefesa como na função de caças-interceptadores. Os mísseis ar-ar surgiram a partir dos foguetes ar-ar sem orientação utilizados durante a Primeira Grande Guerra. Lê Prieur, disparados eletricamente dos biplanos contra balões de observação. Durante a Segunda Guerra os alemães desenvolveram o foguete R4M não guiado e posteriormente primeiro projétil que pode ser considerado um AAM designado Ruhrstahl X-4. Tomaram o lugar das metralhadoras aéreas da Segunda Guerra Mundial como arma principal do combate aéreo, porém não as substituíram, e hoje dividem com os modernos canhões de tiro rápido aeromontados o espaço nas asas e fuselagem das aeronaves de combate modernas.

Os SRAAM (short range air-to-air missile) são modelos de curto alcance (até cerca de 30/40 km nas gerações mais recentes), projetados para atingir o adversário dentro do alcance visual do piloto, e que se orientam através de radiação infravermelha (Calor) emitida pelo alvo. Os BVRAAM (Beyond visual range air-to-air missile) são modelos de médio e longo alcance, projetados para atingir o inimigo além do alcance visual do piloto, com sistemas de guiagem que podem ser múltiplos e mais sofisticados. Já os AAM são pequenos mísseis ar-ar usados para autodefesa por aeronaves pequenas como helicópteros, normalmente derivados de SAMs portáteis de infantaria, orientados a infravermelho ou laser.

Projetados para combate aéreo, esses mísseis são disparados de aeronaves com o intuito de destruir outras no ar. Eles são essenciais em batalhas aéreas, oferecendo vantagens táticas significativas. O AIM-120 (AMRAAM), empregado pela Marinha e pela Força Aérea dos EUA é um forte exemplo de um míssil Ar-Ar. Este míssil permite que o piloto dispare sem que o alvo esteja visível, utilizando um sistema de orientação que combina dados do computador de bordo, navegação inercial passiva e radar ativo próximo ao alvo.

Em desenvolvimento para substituir ou complementar o AMRAAM, o AIM-260 (JATM) é a próxima geração de mísseis ar-ar. Projetado pela Lockheed Martin, o AIM-260 possui alcance superior ao do AMRAAM, estimado em mais de 160 km. Outro exemplo de míssil Ar-Ar é o MAA-1 Piranha, míssil supersônico brasileiro que redefine a defesa aérea nacional. Com velocidade de até 4.321 km/h, guiagem infravermelha e alcance de 10 km, ele combina precisão e inovação tecnológica. Desenvolvido pela Mectron e Força Aérea Brasileira, este armamento posiciona o Brasil entre os líderes globais, simbolizando soberania e avanço na engenharia militar. (Castro, s.d.)

O MAA-1 Piranha (Figura 4), é o primeiro míssil Ar-Ar desenvolvido no Brasil, não é apenas uma peça de defesa, mas também um símbolo de independência tecnológica. Projetado para ser guiado por infravermelho, ele possui capacidade de atingir alvos dentro do alcance visual e oferece uma precisão impressionante. Este projeto revolucionário começou na década de 1970, quando a FAB buscava substituir os mísseis AIM-9B Sidewinder, evitando a dependência dos Estados Unidos em caso de embargos. (Castro, s.d.)

Figura 4- Míssil Piranha.



Fonte:

sistemasdearmas.com.br

O Piranha é um míssil de curto alcance guiado por infravermelho, sendo o primeiro armamento inteligente projetado, desenvolvido e produzido no Brasil. O seu desenvolvimento foi iniciado em julho de 1976 após estudos anteriores. Além dos gastos das empresas envolvidas, o Ministério da Aeronáutica desembolsou cerca de US\$ 29 milhões para terminar o projeto. Na época do início do projeto, um míssil equivalente custava US\$20-80 mil cada (dólar da época). Estes mísseis só eram produzidos pela França, EUA, URSS, Israel, África do Sul, Inglaterra, China, Taiwan e Japão.

Figura 5- AT-26 Xavante equipado com um míssil piranha.



Fonte: sistemasdearmas.com.br

O Novator KS-172 (K-100), desenvolvido pela Rússia (Figura 6), é uma arma que pode atingir um alcance de mais de 400 km e é considerado o míssil ar-ar de maior alcance do mundo. O desenvolvimento do míssil foi iniciado no final da década de 1980, pelo fabricante russo NPO Novator. O K-100 foi apresentado publicamente pela primeira vez no ano de 1993 no Abu Dhabi Air Show. Infelizmente, os problemas financeiros da NPO Novator causaram o fim do desenvolvimento do K-100 e, portanto, também não pôde entrar em serviço com a Força Aérea Russa. No entanto, o míssil ainda está sendo oferecido no mercado de exportação. (Pike, s.d.)

Figura 6- Míssil K-100.



Fonte: aircraft.fandom.com

2.2.3 Mísseis Terra-Ar

Também conhecidos como mísseis superfície-ar, são lançados de plataformas terrestres com o objetivo de interceptar e destruir aeronaves inimigas. Esses sistemas são fundamentais na defesa aérea de um território. Exemplos incluem o FIM-92 Stinger e o MIM-104 Patriot. Em 7 de outubro de 1959, aconteceu a primeira destruição de uma aeronave inimiga por um míssil terra-ar, com o abate de um Martin RB-57D Canberra de Taiwan sobre a China, atingido a uma altitude de 20 km (65.600 pés) por três mísseis V-750 (1D) (Figura 7), lançados por um sistema S-75.

Figura 7- Míssil V-750.



Fonte: www.aereo.jor.br

Um exemplo notável é o SBAT-70 (Figura 8), desenvolvido pela empresa brasileira Avibras. O míssil SBAT-70 constitui itens de munição desenvolvidos pela Indústria Nacional, destinados basicamente ao adestramento de pilotos da Força Aérea Brasileira, no ataque a alvos de superfície. São lançados, normalmente, em trajetórias Ar-Terra, mas montados em plataformas adequadas, podem ser lançados de modo inverso, isto é, Terra-Ar.

Figura 8- Míssil SBAT-70.



Fonte: freepages.rootsweb.com

2.2.4 Mísseis Ar-Terra

Um míssil ar-terra (ASM), ou míssil ar-solo (AGM), é um tipo de míssil lançado de um bombardeiro, jato de caça, helicóptero, drone ou qualquer aeronave militar tripulada ou não tripulada. São mísseis projetados para serem carregados por aeronaves e usados para atacar alvos em terra. O míssil AGM-65 Maverick é um tático ar-superfície de guiamento EO, IR ou laser. O emprego primário é para apoio aéreo aproximado, mas também é usado para missões anti-carro, supressão de defesas e interdição. O Maverick foi projetado para uso contra blindados e alvos duros. As versões finais tem cabeça de guerra maior para ser usado também contra navios, bunkers e abrigos reforçados de aeronaves (HAS).

Figura 9: Míssil AGM-65 Maverick.



Fonte: Wikipedia.com

2.2.5 Classificação dos mísseis de acordo com a velocidade

A classificação dos mísseis de acordo com a velocidade pode ser dividida nas seguintes categorias: Subsônicos, Supersônicos e Hipersônicos. Os mísseis subsônicos são aqueles que voam com velocidades inferiores à velocidade do som (Mach 1). Um forte exemplo é o míssil Terra-Terra AV-TM 300 (Figura 10), também conhecido como MTC-300, é um míssil tático de cruzeiro desenvolvido no Brasil para fornecer ao Exército Brasileiro uma capacidade de ataque de precisão a longas distâncias. Projetado para operar em conjunto com o sistema ASTROS II, o AV-TM 300 amplia significativamente o poder de ataque da força terrestre, permitindo engajar alvos estratégicos a até 300 km de distância. (VM, s.d.)

O míssil pode ser utilizado contra infraestruturas críticas, posições de defesa inimigas, centros de comando e bases operacionais, sendo uma arma de grande importância para a defesa nacional. Sua velocidade subsônica permite que o míssil voe a baixa altitude, reduzindo sua detecção por radares inimigos.

Figura 10- Míssil AV-TM 300.



Fonte: vidamilitar.com.br

Os mísseis supersônicos são aqueles que conseguem atingir velocidades entre Mach 1 e Mach 5. Um exemplo é o míssil AIM – 9X (Figura 11), um projétil do tipo Sidewinder que faz parte de uma linha antiga de armamento (denominada AIM-9) e é considerado um míssil ar-ar de curto alcance. Esse tipo de equipamento é chamado de arma inteligente, pois conta com sistemas embutidos capazes de guiar o míssil até o seu alvo, mesmo que ele tome direções diferentes. No caso do AIM-9X, é usado um dispositivo infravermelho que o permite seguir o calor emitido pelos motores ou até pela fuselagem do alvo. A velocidade máxima desse míssil é duas vezes e meia a velocidade do som, o que corresponde a cerca de 3.060 km/h. (Raytheon, s.d.)

Figura 11- Míssil AIM-9X.



Fonte: diogenesbandeira.com.br

Já os mísseis hipersônicos são aqueles que conseguem atingir uma velocidade maior que Mach 5. Os mísseis hipersônicos têm capacidade de manobra em pleno voo, tornando-os extremamente difíceis de detectar e interceptar. Os mísseis russos Kinzhal (Figura 12) e Oreshnik (Figura 13) são exemplos de mísseis hipersônicos, sendo que o último foi muito utilizado na guerra da Ucrânia e consegue atingir uma velocidade Mach 10.

Figura 12- Míssil hipersônico Kinzhal acoplado a um caça Mikoyan.



Fonte: www.bbc.com

Figura 13- Míssil Oreshnik



Fonte: www.pravda.com.ua

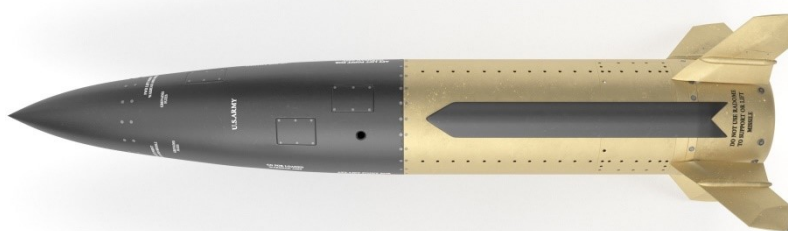
2.2.6 Classificações de acordo com o alcance

Dependendo do tipo de míssil, seja ele um míssil Ar-Ar, Terra-Terra ou Terra-Ar, para uma mesma distância percorrida, podem ser classificados de formas distintas. Mísseis Terra-Terra são projetados para atingir alvos no solo a distâncias significativas, enquanto mísseis Terra-Ar e Ar-Ar são desenvolvidos para interceptar alvos aéreos, resultando em alcances geralmente mais curtos. As principais classificações são: curto alcance, médio alcance, longo alcance e Intercontinental.

Falando-se em mísseis balísticos de curto alcance (TBM) são mísseis com alcance menor do que mil quilômetros, também conhecidos como mísseis balísticos táticos. Um exemplo de míssil balístico tático é o ATACAMS (Figura 14), fabricado pela Lockheed Martin e que dependendo do modelo, pode atingir alvos a 300 quilômetros de distância com uma ogiva contendo cerca de 170 quilogramas de explosivos. As forças armadas da Ucrânia usaram mísseis ATACMS para atacar alvos russos. O míssil ATACMS foi desenvolvido na década de 1980 para destruir alvos soviéticos de alto valor profundamente atrás das linhas inimigas. Foi construído como uma arma guiada rara em um momento em que os Estados Unidos confiavam principalmente em bombas e outras munições não guiadas.

Outros tipos de mísseis balísticos incluem alcance intermediário (IRBM), entre 3.000 quilômetros e 5.000 quilômetros, médio alcance (MRBMs), entre 1.000 e 3.000 quilômetros e Intercontinental (ICBM) acima de 5.500 quilômetros.

Figura 14- Míssil ATACAMS.

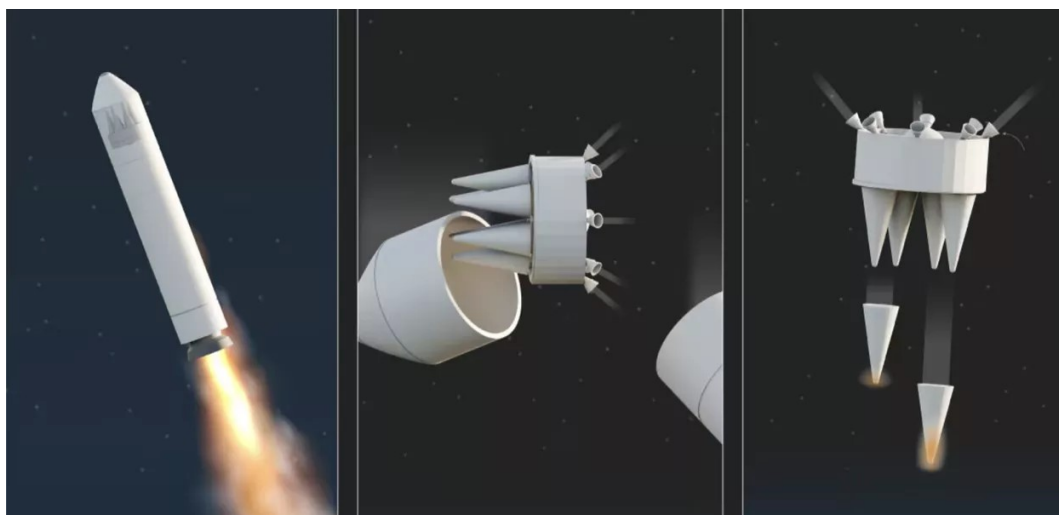


Fonte: www.newsweek.com

Mísseis balísticos de médio alcance (MRBMs) são sistemas de armas projetados para atingir alvos a distâncias que variam entre 1.000 quilômetros e 3.000 quilômetros. Recentemente, a Rússia lançou um ataque com mísseis balísticos de médio alcance contra uma instalação militar da Ucrânia em resposta à recente ofensiva ucraniana com mísseis ocidentais. Os ataques foram feitos testando o sistema de mísseis hipersônicos “Oreshnik”. O Oreshnik tem a capacidade de desintegrar completamente grandes áreas de uma cidade ou de uma infraestrutura, com ondas de choque que causam destruição em larga escala.

A fragmentação da ogiva espalha detritos a uma grande distância, potencializando o alcance dos danos, e, dependendo da carga explosiva, o míssil pode causar incêndios de grande proporção.

Figura 15: Míssil com Ogiva de Fragmentação.



Fonte: www.brasil247.com

Os mísseis de longo alcance ou alcance intermediário (IRBM) são aqueles capazes de atingir distâncias entre 3.000 quilômetros e 5.500 quilômetros. Um exemplo é o míssil DF – 3^a (Figura 16), desenvolvido pela China. A China vendeu para a Arábia Saudita no início dos anos 1980, uma quantidade de mísseis balísticos Dongfeng-3, desprovidos de ogivas nucleares e dotados de ogivas convencionais, com um alcance de mais de 2.000 km e carga útil de 2 toneladas.

Figura 16- Míssil DF-3A.



Fonte: www.forte.jor.br

Já os mísseis intercontinentais (ICBM) são aqueles capazes de atingir distâncias maiores que 5.500 quilômetros. Um dos principais exemplos é o míssil balístico de alcance intercontinental Minuteman III (Figura 17), implantado desde 1970 pela Força Aérea dos EUA. Um míssil de combustível sólido de três estágios e com uma distância máxima de 13.000 quilômetros.

Figura 17- Missil Minuteman III.

Fonte: airandspace.si.edu

2.2.7 Principais tipos de guiagem, propulsão e ogivas.

Os principais tipos de guiagem de mísseis são: Infravermelho, radar ativo, inercial, GPS e por feixe. A guiagem infravermelha é baseada na detecção da radiação infravermelha emitida pelo alvo, geralmente o calor gerado pelo motor do alvo ou pelo próprio alvo. O míssil ajusta sua trajetória para seguir a assinatura térmica do alvo. A radiação infravermelha (calor) assemelha-se a ondas de rádio ou de radar, com a diferença que seu comprimento de onda é sensivelmente mais curto (próxima ao comprimento de onda da luz visível), o que possibilita que a cabeça do rastreador seja menor que a antenas dos radares montados em outros mísseis. A diferença mais importante porém, é que a iluminação a partir da aeronave lançadora torna-se desnecessária, pois o alvo sempre gera sua própria radiação infravermelha, seja através dos gases de escape do motor ou do atrito da fuselagem com a atmosfera.

Os primeiros mísseis guiados por infravermelho tinham a tendência de se dirigir para o sol, ou para seus reflexos na superfície de lagos ou estufas com vidraças quando o disparo tinha estes cenários como fundo. O desenvolvimento da tecnologia permitiu que cabeças de busca mais sensíveis fossem capazes de distinguir estes falsos alvos dos verdadeiros. Os modelos mais modernos possuem rastreadores de excepcional sensibilidade mesmo a grandes distâncias e travam em seus alvos em qualquer posição da aeronave lançadora em relação a aeronave-alvo. Os modelos mais antigos, devido a baixa sensibilidade, obrigavam a aeronave lançadora a posicionar-se atrás do alvo, procurando os gases quentes da saída do motor. Isso significava que o alvo tinha que realizar uma pequena curva para ficar fora do campo de visão do míssil e este perder a visada.

O AIM-9 (Figura 18) é um míssil ar-ar desenvolvido pela Marinha dos Estados Unidos e que, no decorrer dos anos, foi ganhando variadas versões desde de sua criação em 1956. Seu nome advém da cobra Sidewinder, pois partilham um padrão de movimentação semelhante devido a sua orientação ser por radiação infravermelha. É considerado o míssil mais utilizado no Ocidente tendo obtido mais de 110.000 unidades, em versões distintas, produzidas em diversos países, haja vista sua eficácia e baixo custo.

Figura 18- Míssil AIM-9 com guiagem infravermelha.

Fonte: www2.fab.mil.br

Já a guiagem por radar ativo (Figura 19) é realizada por um radar que emite sinais para localizar e seguir o alvo. Esse sistema permite que o míssil opere de forma autônoma após o lançamento, sem depender de radares externos ou do lançador. Hoje em dia há mísseis de radar ativo, que podem ser lançados e travados em múltiplos alvos, ou seja: podem ser lançados vários mísseis em vários alvos diferentes, maximizando a eficácia e reduzindo o riscos.

Para travar um míssil de radar ativo é similar ao travamento de mísseis de radar passivo, a diferença é que o míssil faz a guiagem totalmente sozinho baseado no próprio radar interno, portanto não há a necessidade de seguir o alvo.

Figura 19- Míssil de radar ativo AIM-120 AMRAAM.

Fonte: g3militar.blogspot.com

A guiagem por radar semi-ativo é uma técnica utilizada em mísseis, na qual o míssil é guiado até o alvo por meio de um receptor que capta as ondas de radar refletidas pelo alvo, previamente iluminado pelo radar da aeronave lançadora. O Matra R530 (Figura 20) entrou em serviço em 1962 e foi usado em combate pela primeira vez pela Força Aérea Israelense, que comprou da França 15 mísseis R530 guiados por radar semi-ativo, juntamente com três mísseis de treinamento e oito pilones de lançamento, para acompanhar o novo Mirage IIICJ “Shahak”. Mísseis com guiagem semi-ativa dependem de um radar de direção de tiro para iluminar o alvo. O míssil possui um receptor que detecta os sinais de radar refletidos pelo alvo iluminado, guiando-se até o impacto.

Figura 20- Míssil Matra R530.



Fonte: www.combatece.com

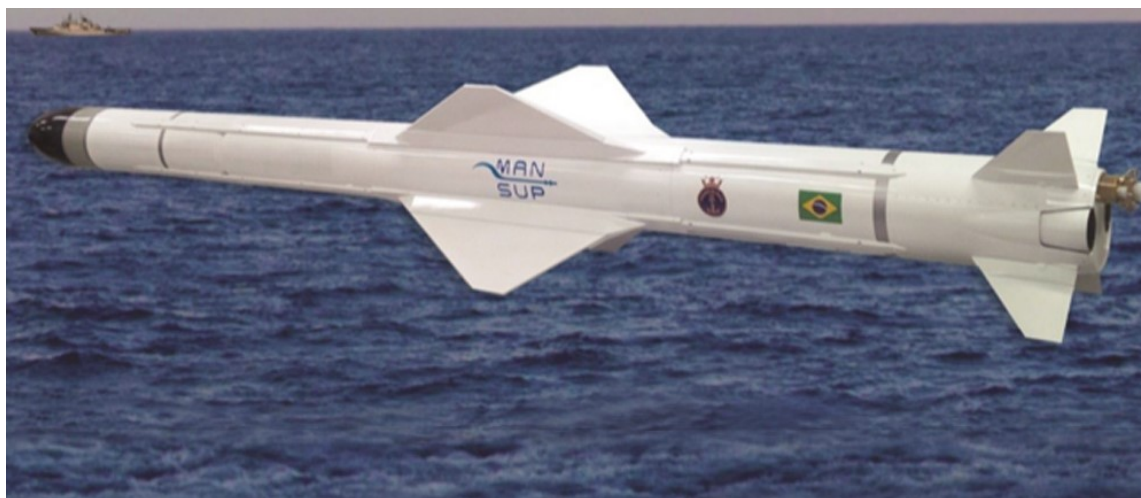
O Sistema de Navegação Inercial (INS) é uma tecnologia autônoma de navegação que determina a posição, velocidade e orientação da aeronave sem depender de sinais externos. Baseado nas leis da inércia, ele é amplamente utilizado em aeronaves militares e mísseis, especialmente em cenários onde outros sistemas de navegação podem ser ineficazes ou indisponíveis.

O sistema utiliza-se de giroscópios, acelerômetros, plataforma de inércia e computador para medir acelerações espaciais conhecidas e determinar a posição em relação ao ponto de partida em latitude e longitude. É um tipo de guiagem com forte resistência a interferências externas, mas com perda de precisão ao longo do tempo de voo. É amplamente utilizado em ambientes onde sinais GPS ou rádio não estão disponíveis.

A navegação inercial é um método de orientação de aeronaves ou mísseis baseado em sensores que detectam mudanças de direção e aceleração. Esses sensores, como giroscópios e acelerômetros, calculam a posição, a velocidade e a direção da aeronave sem depender de sinais externos. Esse sistema corrige automaticamente desvios da rota planejada.

Um forte exemplo de míssil com guiagem inercial é o MANSUP (Figura 21), míssil antinavio utilizado pela marinha brasileira. Desenvolvido pela Marinha do Brasil, o MANSUP é equipado com um sistema de navegação que combina guiagem inercial com radar ativo na fase final, garantindo alta precisão mesmo em condições adversas.

Figura 21- Míssil MANSUP.

Fonte: www.naval.com.br

Já os mísseis com guiagem por GPS são aqueles que utilizam informações enviadas por satélites para fornecer dados de localização e controlar a trajetória do míssil. Um exemplo de míssil que tem o sistema de guiagem por GPS é o míssil Tomahawk (Figura 22). O Tomahawk é um míssil de cruzeiro de longo alcance que utiliza o sistema de guiagem inercial em conjunto com o sistema de GPS. Ele foi projetado para atingir alvos a grandes distâncias e com alta precisão, como centros de comando, instalações militares e outras infraestruturas estratégicas. O míssil pode transportar 160 bombas, uma ogiva convencional de 1.000 libras ou uma ogiva nuclear W80. Usando GPS, navegação inercial e correspondência de contorno de terreno, o Tomahawk tem a capacidade de atingir dentro de dez metros de seu alvo pretendido. Ele também pode realizar manobras evasivas em altitudes extremamente baixas, permitindo que ele elimine diversos alvos e o faça sem causar muitos danos colaterais.

Figura 22- Míssil Tomahawk.

Fonte: www.warhistoryonline.com

O MSS 1.2 AC (Figura 23) é um sistema de armas anticarro, guiado a laser, com alcance de cerca de 3 km. O sistema de guiagem a laser permite direcionar o míssil mesmo após o seu lançamento, acompanhando a trajetória do alvo. A parte operacional compreende uma unidade de tiro e a munição. Amplamente versátil, o MSS 1.2 AC também pode ser lançado por meio de paraquedas. Para operações noturnas, a unidade de tiro possui uma câmera de visão noturna sensível à radiação infravermelha. O MSS 1.2 AC é um míssil anticarro (“anti-tank guided missile” – ATGM), portátil, de médio alcance, com sistema de guiagem a laser do tipo “beam-rider”, que obriga o operador a manter o alvo na mira durante sua trajetória, mas que é imune a contramedidas do defensor, e com significativa quantidade de componentes nacionais. Seu desenvolvimento é um projeto conjunto entre o Centro Tecnológico do Exército (CTEx), em parceria com a Marinha do Brasil (MB), e pela SIATT.

Figura 23- Míssil MSS 1.2 AC.

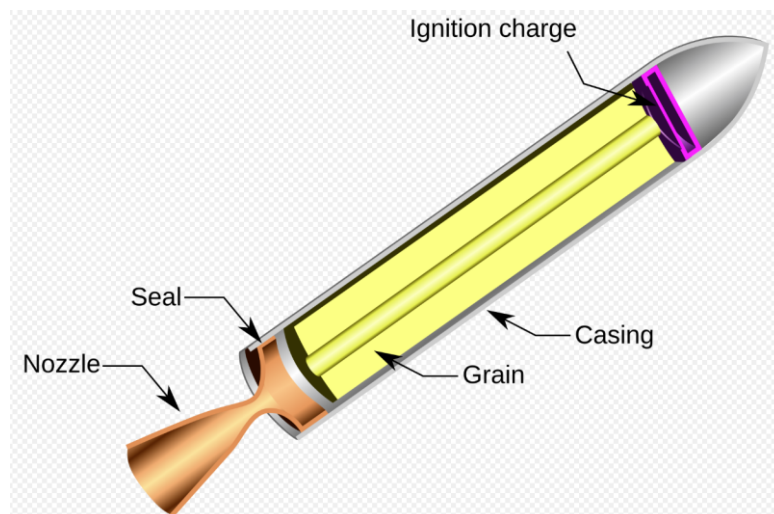


Fonte: tecnodefesa.com.br

A principal forma de propulsão dos mísseis é por combustível sólido. Os mísseis com propulsão a combustível sólido utilizam motores que queimam propelentes sólidos para gerar empuxo. Esses sistemas oferecem vantagens como simplicidade mecânica, maior confiabilidade e menor necessidade de manutenção. Além disso, permitem armazenamento por períodos prolongados sem degradação significativa do desempenho. A base de funcionamento desse tipo de motor é a combustão progressiva do propulsante. Neste caso, os gases resultantes dessa combustão são expulsos por um bocal a alta velocidade e transmitem ao foguete uma quantidade de movimento igual, mas de sentido contrário, seguindo o princípio de ação reação.

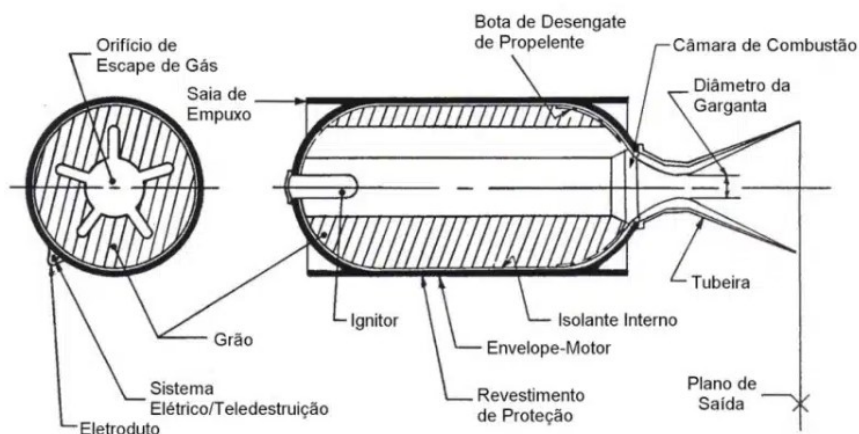
Como representado na Figura 24 e 25, um motor de foguete à combustível sólido consta de um revestimento aerodinâmico em sua extremidade, a tubeira, a carga do propulsor (grão), e o dispositivo de ignição. O grão se comporta como uma massa sólida a qual queima de uma maneira predizível e produz gases de combustão. As dimensões da tubeira são calculadas para manter uma pressão de câmara prevista, enquanto produz o empuxo com os gases de combustão. Uma vez acendido, um motor simples de um foguete sólido não pode apagar-se, porque contém todos os ingredientes necessários para a combustão dentro da câmara na qual está queimando.

Figura 24- Míssil com propulsão a combustível sólido.



Fonte: pt.wikipedia.org

Figura 25- Propulsão a combustível sólido.



Fonte: engenharia360.com

O termo "ogiva" deriva da forma geométrica formada pela união de 2 arcos, que normalmente é adotada no desenho do penetrador aerodinâmico de munições de todos os tipos, sejam de armas leves, canhões, mísseis e outros projéteis, autopropulsados ou não. A função básica de qualquer ogiva é aplicar um efeito destrutivo em um alvo inimigo. Estes alvos podem ser bases militares, fábricas, pontes, navios, instalações de todos os tipos, cidades, veículos blindados, sítios de mísseis, posições de artilharia, fortificações, concentrações de tropas ou cada soldado individualmente. Uma vez que cada tipo de alvo apresenta uma demanda destrutiva diferente, são necessárias uma variedade de ogivas, cada qual causando o efeito mais adequado ao seu alvo, dentro dos limites de custo e disponibilidade logística, para que atinja máxima eficácia.

Os mísseis podem apresentar diferentes tipos de ogivas, sendo que as principais são ogiva de fragmentação, explosão, nuclear e penetrante. Munições de fragmentação, também chamadas de bombas de fragmentação, são projéteis que transportam dezenas a centenas de bombas menores, também conhecidas como submunições ou sub-bombas. Os projéteis podem ser lançados de aeronaves, de mísseis ou disparados pela artilharia, como armas de navios ou lançadores de foguetes. Ou seja, por ar, terra e mar.

Eles se abrem a uma altura pré-definida, dependendo da área do alvo pretendido, e as bombas internas se espalham por essa área, que pode atingir até o tamanho de vários campos de futebol. As submunições ou sub-bombas menores são acionadas por um temporizador para explodir mais perto ou no chão, espalhando estilhaços para matar militares ou destruir veículos blindados, como tanques. Entretanto, até um terço delas falha, permanecendo um risco mortal para os civis nos anos seguintes.

As ogivas de fragmentação (Figuras 26 e 27) consistem de um invólucro, geralmente de metal pré-fragmentado, recheado por uma carga explosiva, que pode conter ou não em seu interior balins de metal, que se estilhaça obedecendo suas ranhuras internas, em todas as direções, produzindo muitos pequenos projéteis (estilhaços) arremessados a alta velocidade. É a forma mais comum usada em granadas de fragmentação como as granadas de mão e de artilharia. Aproximadamente 30% da energia liberada pela detonação de um elemento explosivo é usada para fragmentar o caso e transmitir energia cinética aos seus fragmentos gerados, dependendo é claro da robustez do invólucro. O saldo de energia disponível é usado para criar uma frente de choque e efeitos inerentes à explosão.

Os fragmentos são propelidos a alta velocidade e, após uma curta distância, ultrapassam e atravessam a onda de choque. A taxa na qual a velocidade da frente de choque que acompanha a explosão diminui geralmente é muito maior do que a diminuição na velocidade dos fragmentos, o que ocorre devido ao atrito com o ar.

Portanto, o avanço da frente de choque fica atrás dos fragmentos. O raio de dano efetivo do fragmento, embora dependente do alvo, excede, portanto, o raio de dano efetivo da explosão.

A principal vantagem de uma carga útil de fragmentação é que ela pode ser efetiva a uma distância maior que só do explosivo puro, porque sua atenuação é menor. Durante o voo pelo ar, a velocidade de cada fragmento decai devido à resistência do ar ou arrasto. A densidade dos fragmentos em uma determinada direção varia inversamente com o quadrado da distância do ponto zero da explosão, assim como a probabilidade de acerto em um alvo qualquer. O dano produzido por um fragmento depende da massa do fragmento, portanto, é necessário conhecer a distribuição aproximada de massa para os fragmentos para causar danos.

A distribuição de massa de fragmentos é determinada por meio de uma detonação estática na qual os fragmentos são capturados em poços de areia. Em cargas úteis de fragmentação natural, onde não é feita nenhuma tentativa de controlar o tamanho e o número do fragmento, a fragmentação pode variar aleatoriamente de partículas finas semelhantes a poeira até peças grandes.

Os Estados Unidos têm um estoque de munições de fragmentação conhecidas como DPICM. Cada bomba tem um alcance letal de cerca de 10 metros quadrados, de modo que um único projétil pode cobrir uma área de até 30 mil metros quadrados, dependendo da altura em que é liberado. Quando as submunições ou sub-bombas caem sobre uma ampla área, elas podem pôr em perigo os não-combatentes.

Além disso, entre 10% e 40% das munições falham, de acordo com o Comitê Internacional da Cruz Vermelha. As armas de fragmentação têm sido usadas desde a Segunda Guerra Mundial e em mais de três dezenas de conflitos desde então, de acordo com a Coalizão de Munições de Fragmentação. Ainda segundo a coalizão, os EUA usaram as armas pela última vez no Iraque, de 2003 a 2006. As forças americanas começaram a desativá-las em 2016 por causa do perigo que representam para os civis, de acordo com uma declaração de 2017 do Comando Central dos EUA.

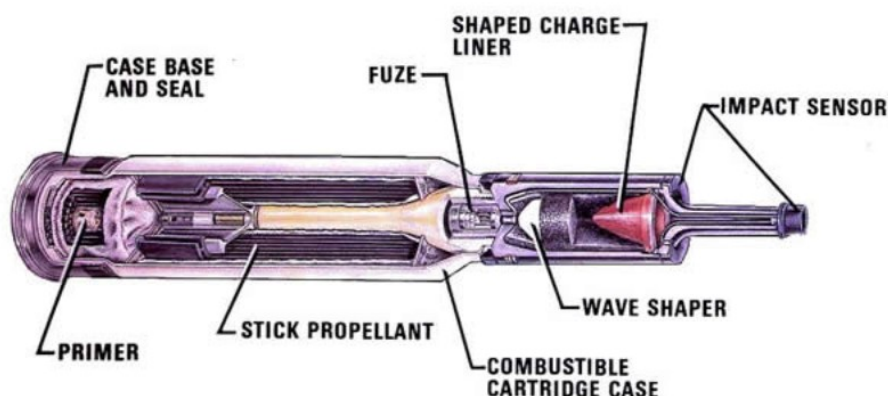
Figura 26- Míssil com ogiva de fragmentação.



Fonte: www.defesaaereanaval.com.br

Figura 27- Ogiva de fragmentação.

Cartridge, 120MM, HEAT-MP-T, M830



Fonte: operacoesmilitaresguia.blogspot.com

Ogivas de alto explosivo (HE - High Explosive) são concebidas por aplicar seu efeito pelo sopro de uma explosão. Quando um HE detona, ele é convertido quase que instantaneamente em gases que se expandem a pressões e temperaturas muito altas, quebrando seu invólucro. A massa de ar que envolve este invólucro é comprimida em uma onda de choque da ordem de várias centenas de Kbares e temperaturas da ordem de 5.000 °C. Uma onda de compressão é gerada até um pico em tempo ínfimo (micro fração de segundo), seguida de um declínio mais lento em centésimos de segundo até a pressão ambiente, continuando a diminuir à pressões negativas, retornando após ao normal, causando uma sucção.

Esta variação positivo/negativa cria um pulso que faz alvos de grande volume explodirem efetivamente pela pressão interna, e não pela pressão da explosão em si. A taxa de atenuação é proporcional à taxa de expansão do volume de gases por trás da onda de choque, com o pico de pressão e o impulso positivo diminuindo com a distância da explosão, a uma razão do cubo da distância do marco zero de forma inversamente proporcional. Um forte exemplo é a ogiva GBU – 43/B (Figura 28), conhecida como "Mãe de Todas as Bombas", uma das maiores bombas não nucleares desenvolvidas pelos Estados Unidos.

Figura 28- Ogiva GBU - 43/B.



Fonte: pt.wikipedia.org

As ogivas nucleares (Figura 29) são armas que produzem calor, sopro e radiação letal com extrema potência a partir de pequenas quantidades de matéria, através da desintegração atômica de materiais como o plutônio e o urânio. Podem destruir grandes áreas como uma cidade inteira, e são usadas para a neutralização de alvos de grandes dimensões, como por exemplo impedir o avanço de um exército ou uma frota. Uma bomba termonuclear com 1,1 toneladas tem o poder explosivo equivalente a 1,2 milhão de toneladas de TNT. São armas de destruição em massa e rigidamente controladas no cenário internacional. As ogivas de radiação são ogivas nucleares potencializadas para a emissão de radiação. Todas as ogivas nucleares produzem radiação, no entanto, uma arma de radiação aprimorada pode ser projetada para maximizar esse efeito.

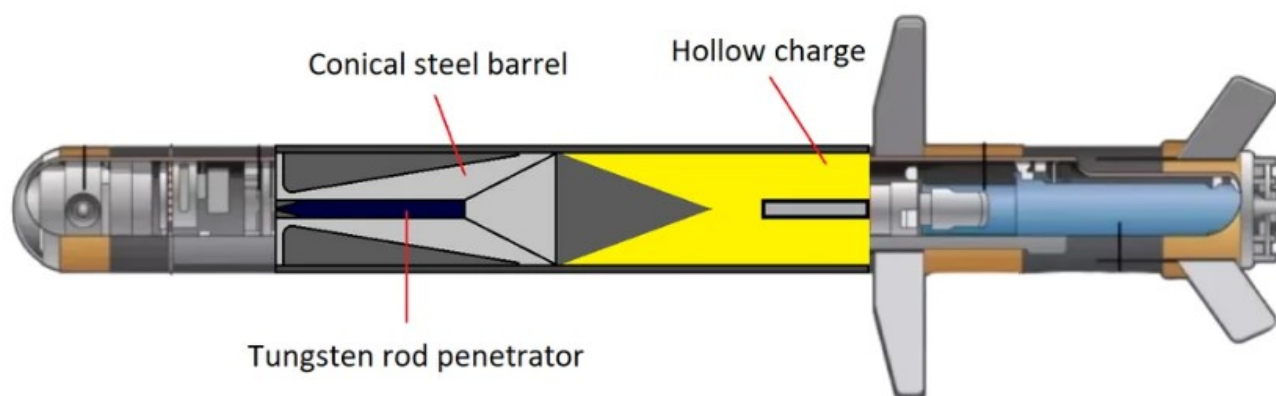
Figura 29- Ogiva nuclear.



Fonte: www.bbc.com

Por fim, uma ogiva penetrante formado por explosão (EFP), também chamada de ogiva auto forjante ou fragmento auto forjante (Figura 30), é um tipo especial de carga moldada projetada para penetrar blindagem de forma eficaz. Como o nome sugere, o efeito da carga explosiva é deformar uma placa de metal em uma forma de bala ou cilindro e acelerá-la em direção a um alvo. Eles foram desenvolvidos pela primeira vez como perfuradores de poços de petróleo por empresas petrolíferas americanas na década de 1930 e foram implantados como armas na Segunda Guerra Mundial.

Figura 30- Ogiva penetrante de haste de tungstênio.

Fonte: www.reddit.com

2.3 Sistemas de defesa anti-mísseis

Os sistemas de defesa antimísseis são componentes cruciais das estratégias de segurança nacional, projetados para detectar, rastrear e neutralizar mísseis inimigos antes que atinjam seus alvos. Esses sistemas evoluíram significativamente desde a Guerra Fria, acompanhando os avanços tecnológicos e as mudanças nas ameaças globais. Uma das principais categorias desses sistemas é composta pelos interceptadores, como o MIM-104 (Mobile Interceptor Missile) Patriot, representado na Figura 31, e o THAAD (Terminal High Altitude Area Defense), representado pela Figura 32.

Figura 31- Interceptador Móvel de Mísseis MIM-104.

Fonte: www.outono.net

O sistema de defesa Patriot, desenvolvido pelos Estados Unidos, é amplamente utilizado para interceptar mísseis balísticos táticos, mísseis de cruzeiro e aeronaves inimigas. Montados em caminhões para facilitar o transporte, cada sistema pode conter quatro interceptores de mísseis. O THAAD, por sua vez, é projetado para interceptar mísseis balísticos de curto, médio e longo alcance, tanto dentro quanto fora da atmosfera terrestre. Recentemente, os Estados Unidos enviaram uma bateria do THAAD para Israel, visando fortalecer suas defesas aéreas contra possíveis ameaças do Irã. (Júnior, s.d.)

Figura 32- Terminal de Defesa Aérea de Grandes Altitudes (THAAD).



Fonte: www.missilethreat.csis.org

Israel, em particular, desenvolveu uma sofisticada camada de sistemas de defesa antimísseis para proteger seu território. O Domo de Ferro, representado pela Figura 33, é talvez o mais conhecido, projetado para interceptar foguetes de curto alcance e artilharia. Desde sua implantação em 2011, o Domo de Ferro tem uma taxa de sucesso superior a 90% na interceptação de foguetes que ameaçam áreas povoadas. Cada bateria do sistema compreende três ou quatro lançadores, cada um contendo 20 mísseis interceptadores.

Figura 33- Domo de Ferro (Iron Dome).



Fonte: www.forte.jor.br

Complementando o Domo de Ferro, Israel implementou o Estilingue de David (David's Sling), operacional desde 2017, que intercepta mísseis balísticos de médio e longo alcance, além de foguetes pesados e mísseis de cruzeiro. O sistema utiliza mísseis "Stunner", projetados para abater mísseis balísticos de curto, médio e longo alcance em baixas altitudes. Assim como o Domo de Ferro, o Estilingue de David, presente na Figura 34, só tem como alvo mísseis que ameaçam áreas habitadas.

Figura 34- Estilingue de David.



Fonte: www.defensenews.com

Outro componente vital da defesa israelense é o sistema Arrow, desenvolvido em cooperação com os Estados Unidos. O Arrow 2 e o mais avançado Arrow 3, são projetados para interceptar mísseis balísticos de longo alcance, com o Arrow 3, mostrado na Figura 35, capaz de destruir mísseis fora da atmosfera terrestre, proporcionando uma camada adicional de defesa contra ameaças de alta altitude.

Figura 35- Sistema Arrow 3.



Fonte: www.newsukraine.rbc.ua

Além desses, Israel está desenvolvendo o Iron Beam, presente na Figura 36. Um sistema de defesa a laser projetado para interceptar e destruir ameaças aéreas, como foguetes, mísseis de curto alcance, drones e morteiros. Utilizando um laser de alta energia em vez de mísseis tradicionais, o Iron Beam oferece uma alternativa mais econômica e eficaz para a defesa aérea de curto alcance.

Figura 36- Iron Beam.



Fonte: www.apnews.com

A evolução das ameaças, especialmente com o desenvolvimento de mísseis hipersônicos, apresenta novos desafios para os sistemas de defesa antimísseis. Mísseis hipersônicos, que viajam a velocidades superiores a Mach 5, combinam velocidade extrema com alta capacidade de manobra, tornando-os mais difíceis de interceptar. Atualmente, países como os Estados Unidos e seus aliados estão investindo significativamente no desenvolvimento de sistemas de mísseis que possam contrapor os programas hipersônicos de outras nações.

Em resposta a essas ameaças emergentes, especialistas sugerem a implementação de interceptores espaciais, descritos como "guardianes celestiais", que orbitariam a Terra a cerca de 500 quilômetros de altitude e seriam capazes de neutralizar mísseis nucleares em sua fase inicial de voo. Embora essa proposta seja ambiciosa e envolva custos significativos, ela representa uma possível evolução na estratégia de defesa antimísseis.

2.3.1 Mecanismo de defesa de aeronaves

Os mecanismos de defesa de aeronaves são sistemas e tecnologias desenvolvidos para proteger aeronaves contra ameaças, garantindo a segurança das operações aéreas em ambientes hostis. Esses mecanismos englobam desde sistemas de alerta e evasão até contramedidas eletrônicas avançadas, cada um desempenhando um papel crucial na integridade das aeronaves e de suas tripulações.

Um componente fundamental desses mecanismos é o conhecido flare, representado na Figura 37. Os flares constituem dispositivos pirotécnicos empregados como contramedidas defensivas em aeronaves militares, sendo especialmente eficazes contra mísseis que utilizam sensores infravermelhos para orientação. Quando acionados, liberam uma fonte de calor de elevada intensidade, superior à assinatura térmica da aeronave, com o objetivo de atrair e desviar o míssil de sua trajetória original. A eficiência dessa contramedida depende de fatores como o tempo de resposta do sistema de detecção, a correta dispersão dos dispositivos e a intensidade da radiação infravermelha gerada. Sua utilização é particularmente relevante em operações de baixa altitude, onde o risco de ataque por mísseis portáteis de curto alcance é maior.

Figura 37: Dispositivo de contramedida Flare.



Fonte: <https://community.infiniteflight.com>

Os chaffs (Figura 38), por outro lado, são constituídos por pequenas tiras metálicas ou fibras reflexivas, geralmente confeccionadas em alumínio ou materiais plásticos metalizados, que, quando dispersas, formam uma nuvem capaz de refletir sinais de radar. Este artifício tem como finalidade criar múltiplos alvos falsos, confundindo os sistemas de rastreamento de radar e os mísseis guiados por esse tipo de sensor. Trata-se de uma contramedida eficaz contra ameaças com guiagem radar ativa ou semi-ativa, bem como contra sistemas de defesa aérea baseados em radares.

Figura 38- Dispositivo de contramedida Chaff.

Fonte: www.scienceabc.com

As Contramedidas Eletrônicas (Electronic Countermeasures - ECM) desempenham um papel vital na proteção de aeronaves contra ameaças como radares inimigos e mísseis guiados. As ECMs, mostrado na Figura 39, englobam dispositivos projetados para enganar ou burlar sistemas de detecção adversários, impedindo que o inimigo identifique ou ataque eficazmente a aeronave. Essas contramedidas podem ser usadas tanto ofensiva quanto defensivamente e são comuns em forças aéreas para proteger aeronaves de ataques com mísseis. Além disso, têm sido implementadas em navios de guerra e, mais recentemente, em veículos blindados avançados para enganar mísseis guiados por laser ou infravermelho.

Figura 39- Dispositivo de Contramedidas Eletrônicas (ECM).

Fonte: www.defenseadvancement.com

A evolução das ameaças aéreas levou ao desenvolvimento de aeronaves especializadas em guerra eletrônica e contramedidas eletrônicas. Exemplos notáveis incluem o Grumman EA-6B Prowler, equipado com sistemas de interferência de comunicações e múltiplos pods de bloqueadores táticos, e o Boeing EA-18G Growler, uma variante do F/A-18F Super Hornet, projetada para missões de ataque eletrônico. Essas aeronaves são equipadas com sistemas avançados de interferência e bloqueio, capazes de neutralizar sistemas de radar e comunicação inimigos, proporcionando cobertura e proteção para outras aeronaves durante operações de combate.

A integração de sistemas de defesa aérea avançados também é uma estratégia adotada por diversas nações para proteger seu espaço aéreo e suas aeronaves. Por exemplo, a Espanha decidiu reforçar seu sistema de defesa aérea alinhando suas tecnologias com os padrões de segurança da OTAN, em resposta a ameaças crescentes. O Ministério da Defesa espanhol firmou um acordo para atualizar seu sistema de defesa aérea (GBADS), presente na Figura 40, integrando tecnologias avançadas de Identificação Amigo-Inimigo (IFF), apresentado na Figura 41, ao Sistema de Mísseis Superfície-Ar Avançado Norueguês (NASAMS). Este sistema opera com mísseis avançados, como o AIM-9X Sidewinder e o AMRAAM-ER, e já foi implantado em países bálticos para apoiar a missão da OTAN na região, reforçando a proteção contra possíveis ataques aéreos.

Figura 40- Sistema GBADS.



Fonte: www.pitzdefanalysis.net

Figura 41- Sistema de Identificação Amigo-Amigo (IFF).



Fonte: www.pt.wikipedia.org

A proteção física das aeronaves também é uma consideração importante. Recentemente, a Rússia iniciou a construção de abrigos para suas aeronaves em bases aéreas, visando protegê-las contra novas armas de longo alcance desenvolvidas pela Ucrânia. Imagens de satélite revelaram uma rápida expansão dessas construções, com estruturas metálicas e de concreto envolvendo estacionamentos individuais. Esses abrigos estão sendo construídos em várias bases aéreas, refletindo uma resposta às perdas significativas da aviação russa e à necessidade de melhorar a proteção contra ataques.

2.3.2 Sistemas anti-mísseis terrestres

Os sistemas antimísseis terrestres desempenham um papel crucial na defesa de nações contra ameaças aéreas, como mísseis balísticos, de cruzeiro e aeronaves hostis. Esses sistemas são projetados para detectar, rastrear e neutralizar projéteis inimigos antes que atinjam seus alvos, garantindo a segurança de infraestruturas críticas e populações civis. Um exemplo notável é o AN/TWQ-1 Avenger (Figura 42), um sistema de míssil terra-ar autopropulsado dos Estados Unidos. O Avenger fornece proteção antiaérea móvel de médio alcance para unidades terrestres contra mísseis de cruzeiro, veículos aéreos não tripulados.

Figura 42- Sistema AN/TWQ-1 Avenger.



Fonte: www.mezha.media

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS), inicialmente desenvolvido para as Forças Armadas dos EUA, o sistema também foi utilizado no Oriente Médio para defesa contra drones e mísseis balísticos. Em 2022, no contexto da Guerra Russo-Ucraniana, doze sistemas de lançadores Avenger foram exportados para o exército da Ucrânia, sendo entregues até 2023. Outro sistema significativo é o Ground-Based Midcourse Defense (GMD), dos Estados Unidos. Este sistema de interceptação de ogivas é um dos principais componentes do sistema norte-americano de defesa antimísseis, incluindo mísseis balísticos intercontinentais (ICBMs). Administrado pela Agência de Defesa contra Mísseis (MDA), o GMD, apresentado na Figura 43, é operado pelo Exército dos EUA com suporte da Força Aérea. Conhecido anteriormente como National Missile Defense (NMD), o nome foi alterado em 2002 para diferenciá-lo de outros programas de defesa contra mísseis.

Figura 43- Sistema GMD.

Fonte: www.minutemanmissile.com

Israel e Índia colaboraram no desenvolvimento do Barak 8, também conhecido como LR-SAM ou MR-SAM, mostrado na Figura 44. Este míssil terra-ar é projetado para se defender contra uma ampla gama de ameaças aéreas, incluindo aeronaves, helicópteros, mísseis antinavio e VANTs, bem como mísseis balísticos e de cruzeiro. O Barak 8 possui um comprimento de cerca de 4,5 metros, pesa 275 kg e inclui uma ogiva de 60 kg que detona na proximidade. Com velocidade máxima de Mach 3 e alcance operacional máximo de 70 km, posteriormente aumentado para 100 km, o míssil é altamente manobrável, graças ao seu motor de foguete de pulso duplo e controle vetorial de empuxo. Sua capacidade de engajar múltiplos alvos simultaneamente o torna uma ferramenta eficaz contra ataques de saturação.

Figura 44- Barak 8.

Fonte: www.reddit.com

A Rússia desenvolveu o S-500 Prometheus, apresentado na Figura 45. Um sistema de defesa aérea de longo alcance projetado para interceptar mísseis balísticos intercontinentais e hipersônicos, além de aeronaves de asa fixa e rotativa. O S-500 é uma evolução dos sistemas S-300 e S-400, incorporando tecnologias avançadas para lidar com ameaças modernas. O sistema possui um alcance de detecção de até 800 km e é capaz de engajar alvos a uma distância de 600 km. Em janeiro de 2025, a Rússia implantou seu primeiro regimento completo do S-500 para proteger o estreito de Kerch, que conecta a Crimeia ao continente russo, refletindo a importância estratégica deste sistema na defesa territorial.

Figura 45- S-500 Prometheus.



Fonte: www.meta-defense.fr

A eficácia desses sistemas depende da integração de tecnologias avançadas, como radares de alta precisão, sistemas de controle de fogo e mísseis interceptores ágeis. Por exemplo, o radar EL/M-2248 MF-STAR, utilizado no sistema Barak 8, oferece cobertura de 360 graus e capacidade de engajar múltiplos alvos simultaneamente, essencial para defender contra ataques coordenados. Já o GMD incorpora sensores avançados que permitem a detecção e interceptação de mísseis em altas altitudes, proporcionando uma camada adicional de defesa contra ameaças de maior alcance.

A evolução contínua das ameaças aéreas, incluindo o desenvolvimento de mísseis hipersônicos e veículos de reentrada manobráveis, exige que os sistemas antimísseis terrestres sejam constantemente aprimorados. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento são cruciais para manter a eficácia desses sistemas diante de adversários cada vez mais sofisticados. Além disso, a colaboração internacional, como exemplificado pela parceria entre Israel e Índia no desenvolvimento do Barak 8, destaca a importância de alianças estratégicas na construção de capacidades de defesa robustas.

2.4 Evolução Histórica e Novas Tecnologias

A evolução dos sistemas de defesa antimísseis reflete a contínua adaptação das nações às ameaças aéreas emergentes. Desde os primeiros esforços durante a Segunda Guerra Mundial até as tecnologias avançadas atuais, a trajetória desses sistemas é marcada por inovações significativas e desafios constantes.

Inicialmente, os sistemas de defesa aérea eram limitados a artilharias antiaéreas convencionais, que dependiam de disparos de projéteis para neutralizar aeronaves inimigas. Com o advento dos mísseis balísticos e de cruzeiro, tornou-se evidente a necessidade de sistemas mais sofisticados e precisos. Durante a Guerra Fria, tanto os Estados Unidos quanto a União Soviética investiram pesadamente no desenvolvimento de sistemas de mísseis terra-ar (SAMs) para proteger seus territórios e ativos estratégicos.

Um marco significativo nessa evolução foi o desenvolvimento do sistema S-300 pela União Soviética, introduzido na década de 1970. Projetado para defender contra aeronaves e mísseis de cruzeiro, o S-300 estabeleceu padrões para sistemas de defesa aérea de longo alcance. Posteriormente, a Rússia introduziu o S-400, uma versão aprimorada com maior alcance e capacidade de engajar múltiplos alvos simultaneamente. Atualmente, o S-500 Prometey representa a mais recente inovação russa, capaz de interceptar mísseis balísticos intercontinentais e hipersônicos, além de satélites em órbita baixa. Este sistema avançado está em fase final de implantação e é considerado crucial para a estratégia de defesa da Rússia.

Paralelamente, os Estados Unidos desenvolveram o Terminal High Altitude Area Defense (THAAD), projetado para interceptar mísseis balísticos de médio e longo alcance durante a fase terminal de voo. O THAAD utiliza a tecnologia "hit-to-kill", destruindo ameaças através de impacto cinético direto. Embora eficaz contra mísseis balísticos tradicionais, especialistas apontam que sua capacidade de interceptar armas hipersônicas é limitada, oferecendo apenas uma pequena chance de sucesso contra essas ameaças avançadas.

Nos últimos anos, a introdução de armas de energia dirigida marcou uma nova era na defesa antimísseis. O Feixe de Ferro (Iron Beam), desenvolvido por Israel, é um sistema de defesa aérea baseado em laser projetado para destruir foguetes de curto alcance, artilharia e morteiros. Com um alcance de até 7 km, o Feixe de Ferro oferece uma solução econômica e eficaz para neutralizar ameaças que os sistemas convencionais, como o Iron Dome, podem não interceptar eficientemente.

De maneira semelhante, os Estados Unidos têm investido em tecnologias de laser para defesa antimísseis. Recentemente, a Marinha dos EUA testou o sistema HELIOS (High Energy Laser with Integrated Optical-dazzler and Surveillance) a bordo do USS Preble. Este sistema é capaz de destruir mísseis de cruzeiro e pequenas embarcações, além de inutilizar veículos aéreos não tripulados (VANTs).

O desenvolvimento e implantação do HELIOS representam um avanço significativo na modernização das capacidades defensivas marítimas dos EUA.

A evolução histórica dos sistemas de defesa antimísseis também é marcada pela integração de tecnologias de inteligência artificial e sensores avançados. O AGM-158C LRASM (Long Range Anti-Ship Missile) exemplifica essa tendência. Este míssil antinavio de longo alcance é capaz de realizar direcionamento autônomo, utilizando sistemas de orientação a bordo para adquirir alvos independentemente, sem depender de inteligência de precisão prévia ou serviços de suporte, como navegação por satélite e data-links. Esses recursos permitem a identificação positiva de alvos e o engajamento preciso de navios em movimento, mesmo em ambientes hostis.

2.5 Aspectos Legais, Éticos e Tratados

A evolução dos sistemas de defesa antimísseis está intrinsecamente ligada a uma teia complexa de aspectos legais, éticos e tratados internacionais que buscam equilibrar a segurança nacional com a estabilidade global. Desde a Guerra Fria, nações têm negociado acordos para limitar a proliferação e o desenvolvimento desses sistemas, visando evitar uma escalada armamentista descontrolada.

Um marco significativo nesse contexto foi o Tratado sobre Mísseis Antibalísticos (ABM), assinado em 1972 entre os Estados Unidos e a União Soviética. Este tratado limitava cada parte a dois complexos de mísseis antibalísticos, cada um com até 100 mísseis, visando impedir a implementação de sistemas de defesa que pudessem desestabilizar o equilíbrio de poder nuclear. O objetivo era assegurar a vulnerabilidade mútua, sustentando a doutrina da destruição mútua assegurada (MAD), que se acreditava ser um fator de dissuasão contra ataques nucleares. No entanto, em 2002, os Estados Unidos se retiraram unilateralmente do tratado, justificando a necessidade de desenvolver sistemas de defesa contra possíveis ataques de estados considerados ameaças emergentes. Essa retirada gerou preocupações sobre uma potencial nova corrida armamentista e a estabilidade estratégica global.

Além do Tratado ABM, os Acordos de Limitação de Armas Estratégicas (SALT) também desempenharam um papel crucial na regulação dos arsenais nucleares e dos sistemas de defesa antimísseis. As negociações do SALT I, iniciadas em 1969, culminaram em 1972 com a assinatura de acordos que limitavam a construção de armamentos estratégicos e estabeleciam limites para mísseis intercontinentais (ICBMs) e lançadores de mísseis instalados em submarinos (SLBMs). Esses acordos também praticamente proibiam o estabelecimento de novos sistemas de defesa antimísseis, reforçando a estratégia de dissuasão baseada na capacidade de retaliação. Posteriormente, o SALT II, assinado em 1979, buscou aprofundar essas limitações, embora não tenha sido ratificado pelos Estados Unidos devido a mudanças no cenário geopolítico, como a intervenção soviética no Afeganistão.

A retirada dos Estados Unidos do Tratado ABM em 2002 e o subsequente desenvolvimento de sistemas de defesa antimísseis, como o escudo antimísseis na Europa, suscitaram debates éticos e legais significativos.

A Rússia, por exemplo, expressou preocupações de que tais sistemas poderiam minar sua capacidade de dissuasão nuclear, potencialmente desestabilizando a segurança internacional. Essas tensões destacam os desafios éticos de equilibrar a busca por segurança nacional com a manutenção da estabilidade estratégica global.

No contexto atual, a União Europeia enfrenta desafios relacionados à segurança e defesa. Recentemente, a Comissão Europeia instou os Estados-membros a aumentarem significativamente seus gastos em defesa e a lançarem projetos conjuntos para fortalecer a segurança do continente. A proposta enfatiza a necessidade de compras conjuntas de sistemas como mísseis, drones e defesa aérea, buscando dotar a UE de autonomia estratégica diante de crescentes desafios internacionais e de uma relação tensa com os Estados Unidos. O documento destaca que as aquisições devem priorizar as indústrias da União para reduzir a dependência de Washington, aproveitando economias de escala e evitando inflação no fornecimento. Em resposta a conflitos recentes e ameaças de segurança, foram identificadas áreas-chave como defesa antimísseis, artilharia moderna, drones e sistemas de logística e inteligência. Bruxelas sublinha a importância de criar reservas estratégicas de material e fomentar a cooperação com países afins, sugerindo incentivos para compras colaborativas e melhorias na preparação industrial para a defesa.

Esses desenvolvimentos ressaltam a complexidade dos aspectos legais e éticos associados aos sistemas de defesa antimísseis. Por um lado, há a necessidade legítima de nações protegerem seus cidadãos e infraestruturas críticas contra ameaças externas. Por outro, a expansão desses sistemas pode ser percebida como uma ameaça por outras nações, potencialmente desencadeando uma corrida armamentista e comprometendo a estabilidade internacional. Além disso, a priorização de indústrias internas para a produção de sistemas de defesa levanta questões sobre protecionismo e competição justa no mercado global de defesa.

CAPÍTULO

3

METODOLOGIA

Este trabalho adotou uma abordagem metodológica de caráter exploratório e comparativo, com o objetivo de investigar, sob uma perspectiva técnico-científica, os principais tipos de mísseis empregados em operações militares: ar-ar, ar-superfície (ar-terra), superfície-ar (terra-ar) e superfície-superfície (terra-terra). A proposta fundamentou-se na identificação, categorização e análise crítica das tecnologias envolvidas em cada classe de armamento, considerando aspectos estruturais, funcionais e estratégicos que influenciam sua aplicação em cenários de combate moderno.

Inicialmente, foi conduzida uma revisão de literatura sistemática, abrangendo publicações técnicas, manuais militares, relatórios de defesa e artigos científicos nacionais e internacionais, com o intuito de estabelecer os fundamentos teóricos necessários para a compreensão dos princípios de funcionamento dos mísseis em estudo. Dentre os temas abordados na fundamentação teórica, destacam-se os sistemas de guiagem e controle, os tipos de ogivas e seus mecanismos de detonação, os sistemas de propulsão — com ênfase em motores foguete e ramjet —, além dos parâmetros operacionais como velocidade terminal, alcance efetivo, manobrabilidade e capacidade de evasão.

A coleta e organização dos dados priorizaram mísseis amplamente reconhecidos por sua relevância estratégica e operacional em conflitos recentes, bem como aqueles que apresentam ampla disponibilidade de informações técnicas e confiáveis. As informações obtidas foram compiladas em uma planilha comparativa elaborada no software Microsoft Excel, de forma a permitir uma visualização clara e estruturada dos principais parâmetros analisados, tais como velocidade máxima, tipo de propulsão, sistema de guiagem empregado, alcance estimado, tipo de ogiva e país de origem. Com base nessa estrutura de dados, foram desenvolvidos gráficos analíticos, tabelas descritivas e quadros comparativos que possibilitaram a interpretação quantitativa e qualitativa dos sistemas de armamento investigados.

A etapa analítica foi conduzida com base na correlação entre dados técnicos e suas respectivas implicações no campo estratégico e geopolítico. Buscou-se, assim, compreender de que forma as características tecnológicas de cada míssil condicionam seu emprego tático, seu papel na dissuasão militar e sua inserção em doutrinas de defesa específicas.

A análise também considerou as tendências evolutivas dos sistemas de mísseis, tendo em vista os avanços recentes em inteligência artificial embarcada, tecnologias stealth, propulsão hipersônica e integração com sistemas de comando e controle em tempo real.

A metodologia adotada conferiu ao estudo um caráter sistemático, confiável e alinhado com os objetivos propostos, promovendo uma contribuição relevante tanto para o meio acadêmico, no campo da engenharia e da tecnologia de defesa, quanto para profissionais e pesquisadores interessados em estratégias militares e segurança internacional.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, será abordado os principais resultados obtidos por meio da criação do banco de dados com os principais mísseis, por meio de gráficos e tabelas comparativas envolvendo os principais tipos de mísseis, seja eles Ar-Ar, Ar-Terra, Terra-Terra e Terra-Ar.

Após a imersante pesquisa sobre os principais tipos de mísseis existentes dentro de cada tipo de classe, criou-se três tabelas comparativas, sendo elas: quadro comparativo entre mísseis Ar-Ar, Ar-Terra, Terra-Ar e Terra-Terra.

Vale ressaltar que os gráficos comparativos envolvendo as principais grandezas dos mísseis são baseados na amostragem de mísseis pesquisados de cada categoria e não reflete obrigatoriamente um padrão geral de todos os mísseis existentes.

Ao todo, a base contempla um total de 59 mísseis, sendo que trinta e um são mísseis Ar-Ar, dez são mísseis Ar-Terra, sete são mísseis Terra-Ar e nove são mísseis Terra-Terra. O intuito dessa base é a formalização de uma tabela comparativa das principais grandezas e características de cada míssil. Além das tabelas, foram criados gráficos sensibilizando a massa com o Mach, a massa com o alcance e o Mach com o alcance de cada míssil.

Segue quadro amostral dos mísseis Ar-Ar envolvendo as principais características qualitativas.

4.1 Resultados Mísseis Ar-Ar

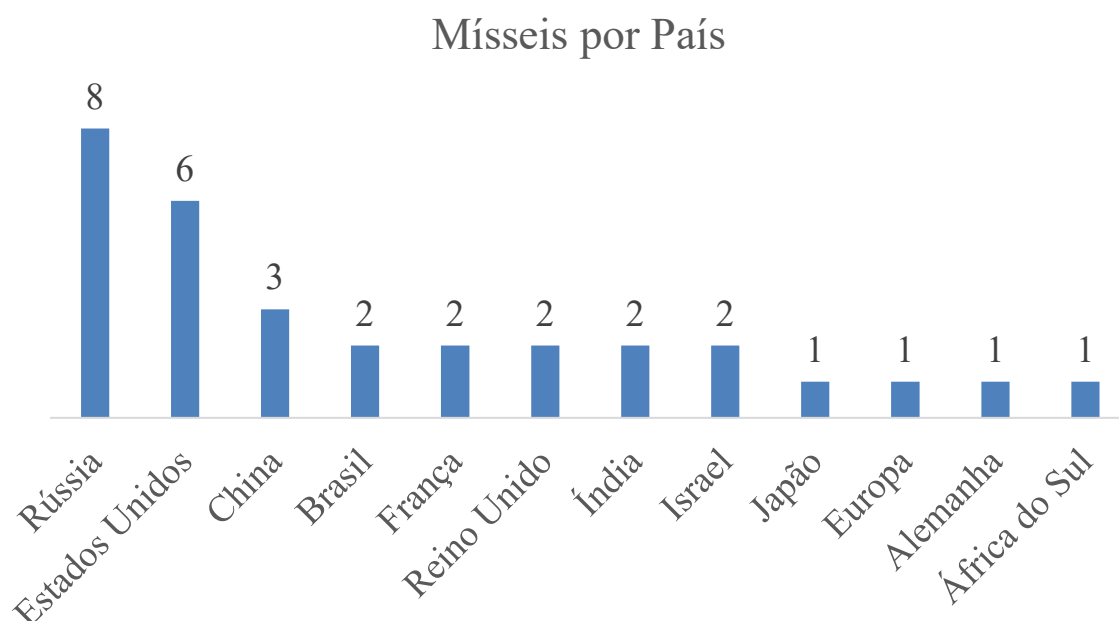
A Tabela 1 apresenta a amostra de mísseis Ar-Ar coletada para a pesquisa, reunindo dados essenciais como país de origem, tipo de guiagem, ogiva, propulsão, velocidade e alcance. Essa amostra serviu de base para a análise comparativa entre os modelos selecionados, permitindo a identificação de padrões e tendências dentro dessa categoria.

Tabela 1- Amostra de mísseis Ar-Ar.

Missil	País de origem	Tipos de ogiva	Guiagem	Propulsão
MAA-1 Piranha	Brasil	Fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido
PL-12	China	Fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
PL-10	China	Fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido
PL-15	China	Fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
R550 Magia	França	Explosão/Fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido
MICA	França	Explosão/Fragmentação	Radar ativo/Infravermelho	Foguete Sólido
IRIS - T Defesa Diehl	Alemanha	Fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido
Astra	Índia	Fragmentação	Radar ativo/ Inercial	Foguete Sólido
Derby Rafael	Israel	Explosão/Fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
AAM - 4	Japão	Alto explosivo	Radar ativo	Foguete Sólido
K- 100	Rússia / Índia	Fragmentação	Radar ativo/Inercial	Foguete Sólido
R-73 Vypel	Rússia	Fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido
R-77 Vypel	Rússia	Explosão/fragmentação	Radar ativo/Inercial	Foguete Sólido
K-5	Rússia	Alto explosivo	Por feixe	Foguete Sólido
R-27	Rússia	Explosão / fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
R-33	Rússia	Ogiva de fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
R-37	Rússia	Ogiva de fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
R-40	Rússia	Fragmentação de explosão	Radar ativo/Inercial	Foguete Sólido
TC -2	Taiwan	Explosão/fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
TC-2C	Taiwan	Explosão/fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
Meteoro MBDA	Europa	Explosão/fragmentação	Radar ativo/Inercial	Foguete Sólido
AIM -132 MBDA	Reino Unido	Explosão/fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido
Top vermelho	Reino Unido	Explosão/fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
AIM - 9 Sidewinder	Estados Unidos	Explosão/fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido
AIM-120 D	Estados Unidos	Explosão/fragmentação	Radar ativo/Inercial	Foguete Sólido
AIM-120C	Estados Unidos	Explosão/fragmentação	Radar ativo/Inercial	Foguete Sólido
AIM-120B	Estados Unidos	Explosão/fragmentação	Radar ativo/Inercial	Foguete Sólido
AIM-7	Estados Unidos	Fragmentação de explosão	Radar semiativo	Foguete Sólido
AIM-54	Estados Unidos	Alto explosivo	Radar ativo	Foguete Sólido
Python 5	Israel	Fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido
A-Darter	Brasil/África do Sul	Fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido

Pela tabela, pode-se perceber que os principais fabricantes de mísseis Ar-Ar são a Rússia e Estados Unidos. A seguir, pode ser evidenciado pela Figura 46 a ponderação de cada País na fabricação de mísseis dessa categoria.

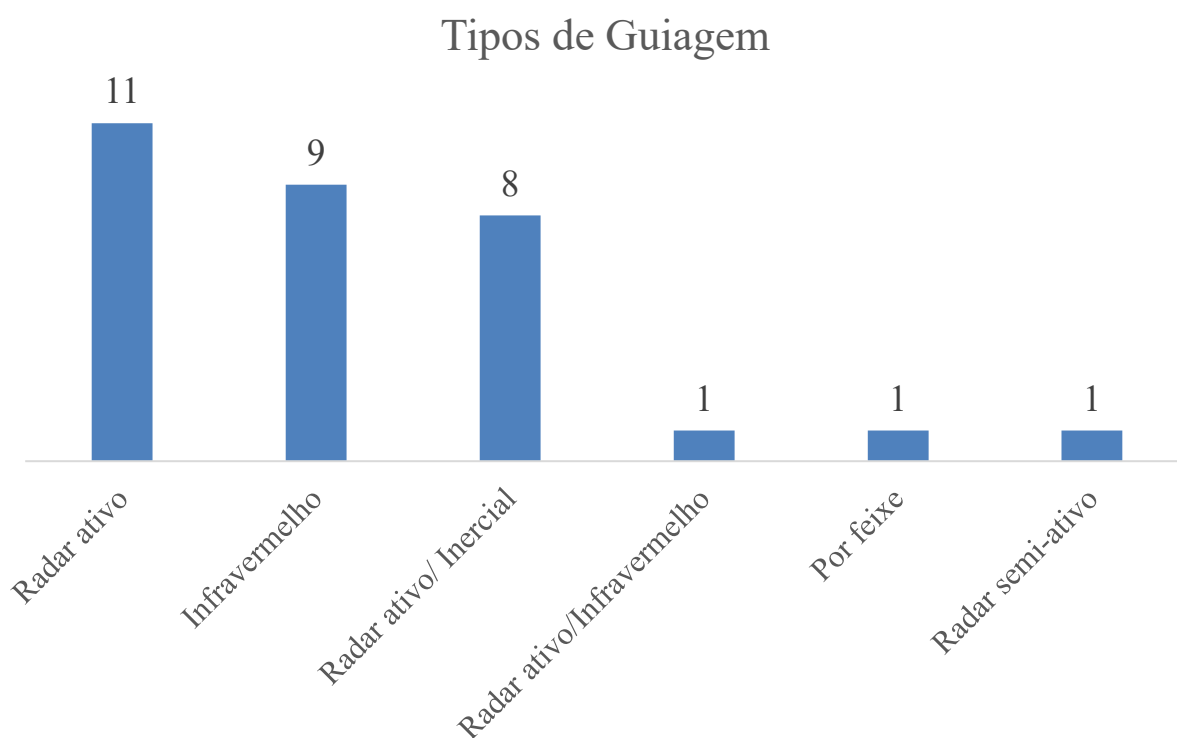
Figura 46: Gráfico de Mísseis Ar-Ar por País.



Fonte: Autores.

Quanto ao tipo de guiagem, a Figura 47 ilustra a ponderação de cada tipo de guiagem da amostra de mísseis. Consegue-se perceber que os principais tipos de guiagem utilizados são: Radar ativo, Infravermelho e Radar Ativo mais Inercial.

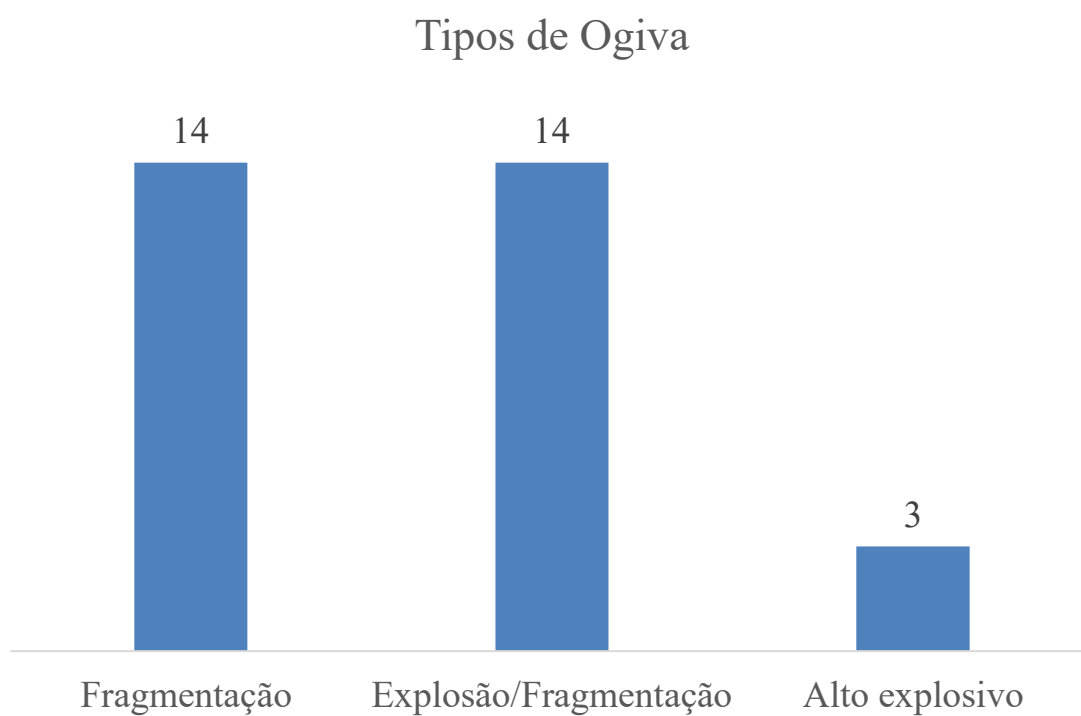
Figura 47: Tipos de Guiagem para Mísseis Ar-Ar.



Fonte: Autores.

Partindo para um referencial diferente, a Figura 48 ilustra a ponderação dos tipos de ogivas utilizados na amostra de mísseis. Nitidamente, a ogiva por fragmentação e explosão/fragmentação são as mais utilizadas na categoria de mísseis Ar-Ar.

Figura 48: Tipos de Ogiva para Mísseis Ar-Ar.



Fonte: Autores.

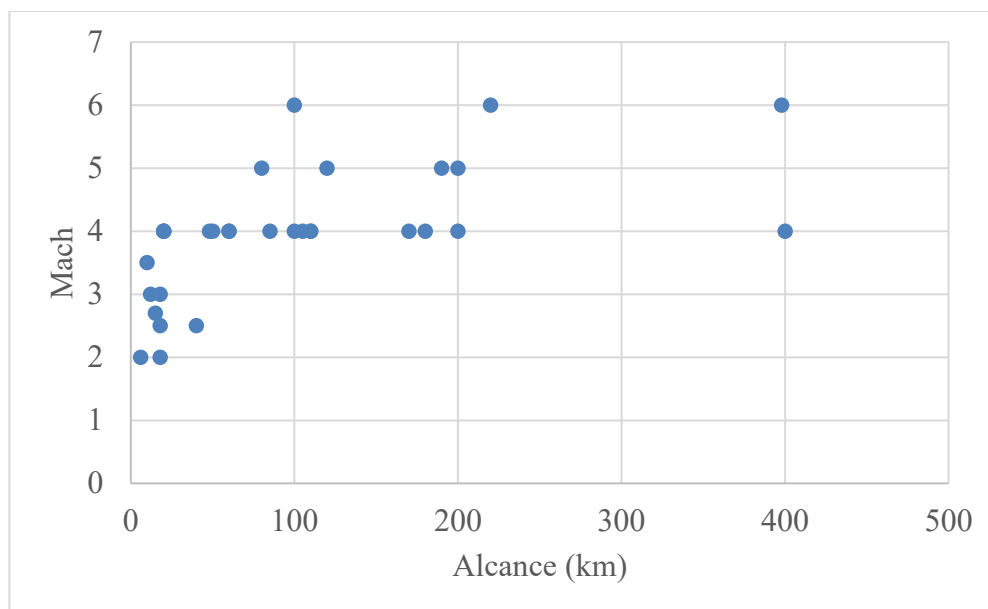
A seguir, a Tabela 2 apresenta um quadro amostral dos mísseis Ar-A envolvendo as principais características quantitativa.

Tabela 2- Amostra de mísseis Ar-Ar.

Missil	Massa (kg)	Alcance (km)	Mach
MAA-1 Piranha	88	10	3,50
PL-12	180	100	4,00
PL-10	105	20	4,00
PL-15	200	200	5,00
R550 Magia	89	15	2,70
MICA	112	60	4,00
IRIS - T Defesa Diehl	87	18	2,50
Astra	154	110	4,00
Derby Rafael	118	50	4,00
AAM - 4	220	120	5,00
K- 100	748	400	4,00
R-73 Vympel	105	40	2,50
R-77 Vympel	175	110	4,00
K-5	82	6	2,00
R-27	253	170	4,00
R-33	490	220	6,00
R-37	600	398	6,00
R-40	475	80	5,00
TC -2	184	60	4,00
TC-2C	184	100	6,00
Meteoro MBDA	185	200	4,00
AIM -132 MBDA	88	18	3,00
Top vermelho	154	12	3,00
AIM - 9 Sidewinder	86	18	2,00
AIM-120 D	152	180	4,00
AIM-120C	152	105	4,00
AIM-120B	152	48	4,00
AIM-7	230	85	4,00
AIM-54	470	190	5,00
Python 5	105	20	4,00
A-Darter	90	20	4,00

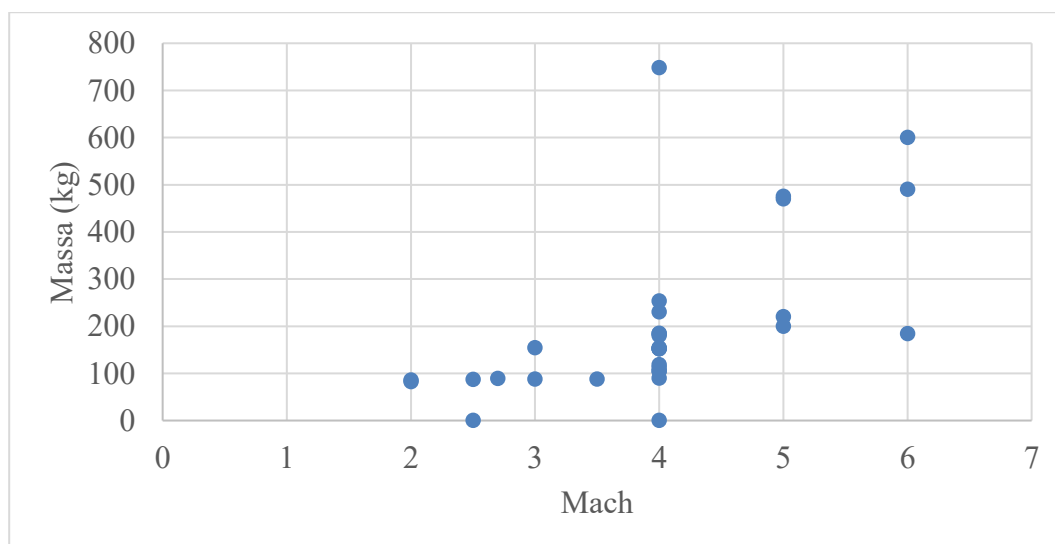
Por meio dos dados coletados pela tabela, foi possível realizar os gráficos de dispersão entre o Mach vs Alcance (km), Massa (kg) vs Mach e Massa (kg) vs Alcance (km). Ambos serão ilustrados por meio das Figuras 49, 50 e 51.

Figura 49: Representação Gráfica de Mach vs Alcance de Mísseis Ar-Ar.



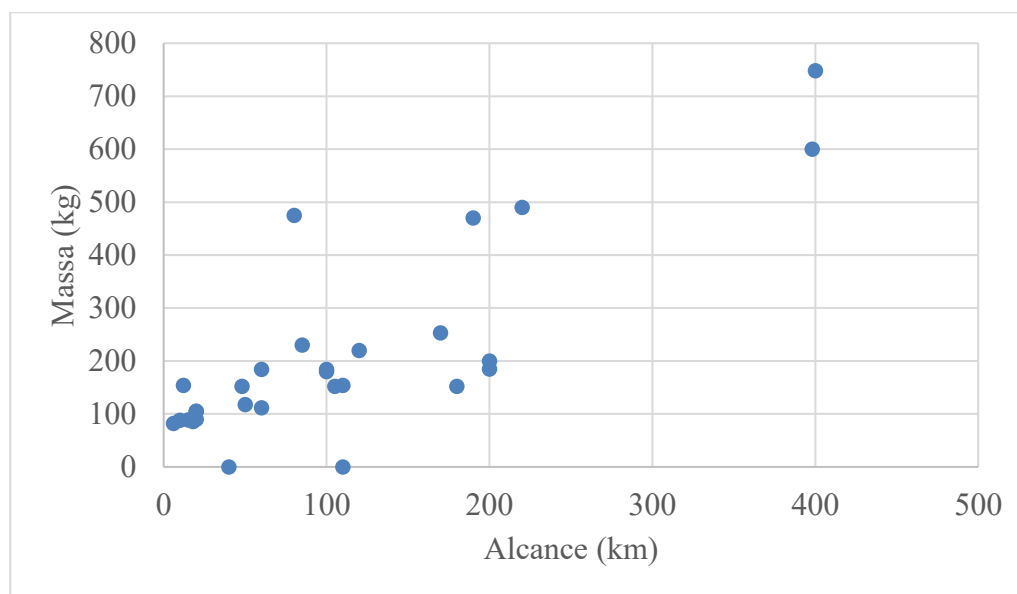
Fonte: Autores.

Figura 50: Representação Gráfica de Massa vs Mach de Mísseis Ar-Ar.



Fonte: Autores.

Figura 51: Representação Gráfica de Massa vs Alcance de Mísseis Ar-Ar.



Fonte: Autores.

Pode-se observar que os mísseis com maior alcance apresentam um número de Mach acima de quatro e que a faixa com o maior número de mísseis está entre um alcance zero e cinquenta quilômetros e um Mach entre dois e quatro.

Já em relação ao gráfico comparativo entre a massa do míssil e seu número de Mach, percebe-se que a maioria dos mísseis encontram-se entre o Mach dois e quatro e com massa próxima da faixa dos cem até duzentos e cinquenta quilos. Não existe uma linearidade entre as duas grandezas. Em relação ao gráfico comparativo entre a massa e o alcance, consegue-se perceber que os mísseis com maior massa apresentam maior alcance.

A amostra dos mísseis Ar-Ar apresentou uma média de massa de duzentos e quinze quilos e uma mediana de cento e cinquenta e quatro quilos. Já em relação ao alcance, apresentou uma média de cento e três quilômetros e uma mediana de oitenta quilômetros. O número de Mach médio e mediano foi de 4.

Tabela 3- Média e Mediana das Grandezas Estudadas de Mísseis Ar-Ar.

	Massa (kg)	Alcance (km)	Mach
Média	215	103	4
Mediana	154	80	4

4.2 Resultados Mísseis Ar-Terra

Inicialmente, por meio da pesquisa bibliográfica em bases técnicas e fontes especializadas, foi possível fazer um levantamento do quadro amostral dos mísseis ar-terra envolvendo as principais características qualitativas. Essa relação pode ser observada por meio da Tabela 4.

Tabela 4- Amostra de mísseis Ar-Terra.

Míssil	País de origem	Tipo de ogiva	Tipo de Guiagem	Propulsão
AGM-88 HARM	Estados Unidos	Fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
AGM-154 JSOW	Estados Unidos	Fragmentação	GPS	Sem Propulsão
Brimstone	Reino Unido	Alto explosivo	Radar ativo	Foguete Sólido
Storm Shadow	Reino Unido / França	Penetrante	GPS	Turbojato
Kh-31	Rússia	Alto explosivo	Radar ativo	Foguete Sólido
Taurus KEPD 350	Rússia	Penetrante	GPS	Turbofan
AGM-130	Estados Unidos	Penetrante	GPS	Foguete Sólido
SDB	Estados Unidos	Fragmentação	GPS	Foguete Sólido
Brimstone 2	Reino Unido	Alto explosivo	Radar ativo	Foguete Sólido
Paveway IV	Reino Unido	Alto explosivo	Laser	Sem propulsão

Após esse levantamento, foi possível realizar esboços gráficos condizentes com a seção anterior de resultados. Por meio da Figura 52 pode ser observada essa análise gráfica da ponderação dos países fabricantes, tipos de ogiva, tipos de guiagem e tipos de propulsão da amostra amostra de mísseis ar-terra. Dentro da amostra de mísseis pesquisada, os países com maior número de mísseis fabricados são os Estados Unidos e o Reino Unido.

Figura 52: Mísseis Ar-Terra por País.



Fonte: Autores.

Em relação a amostra de mísseis ar-terra pesquisados, os principais tipos de guiagem são GPS e Radar ativo (Figura 53) e o principal tipo de ogiva é a ogiva com alto explosivo (Figura 54).

Figura 53: Tipos de Guiagem de Mísseis Ar-Terra.

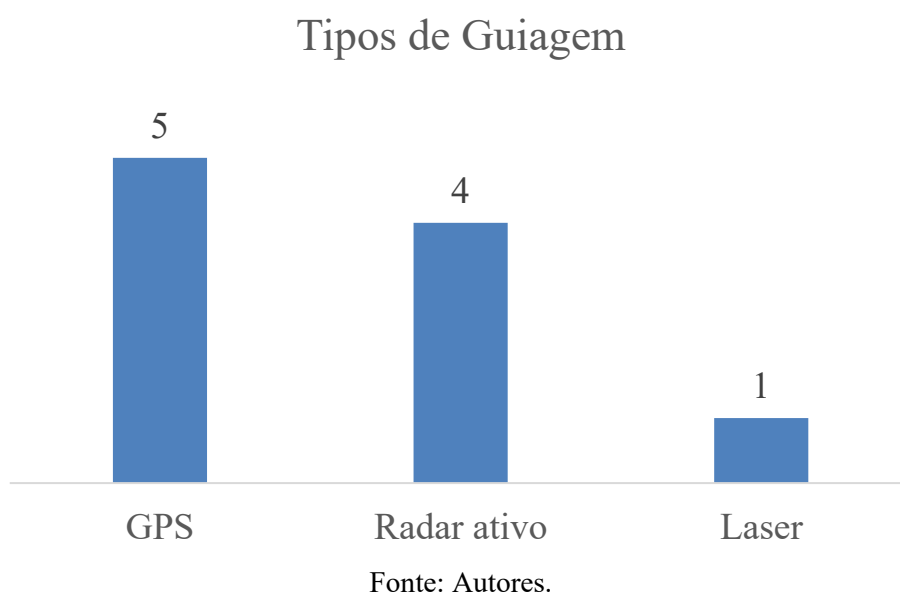
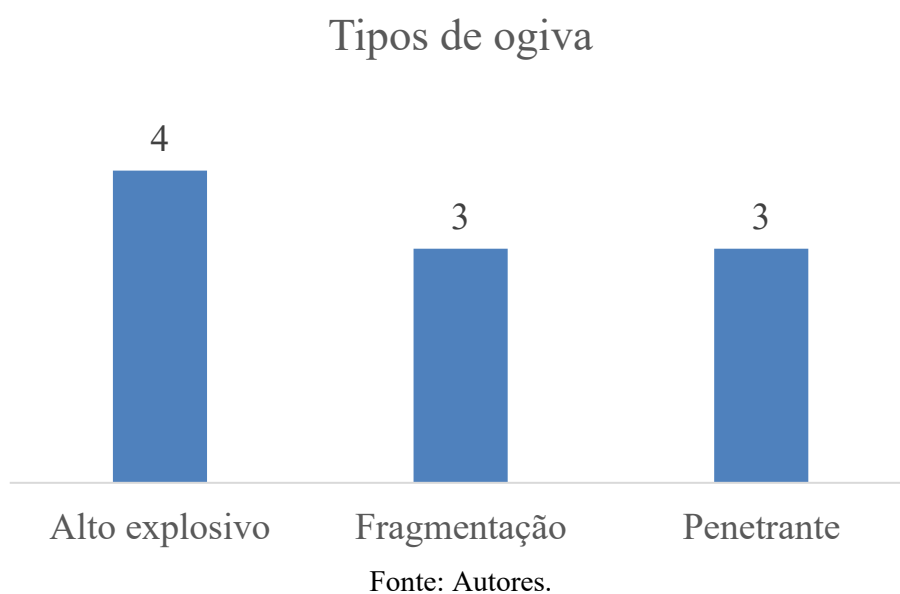
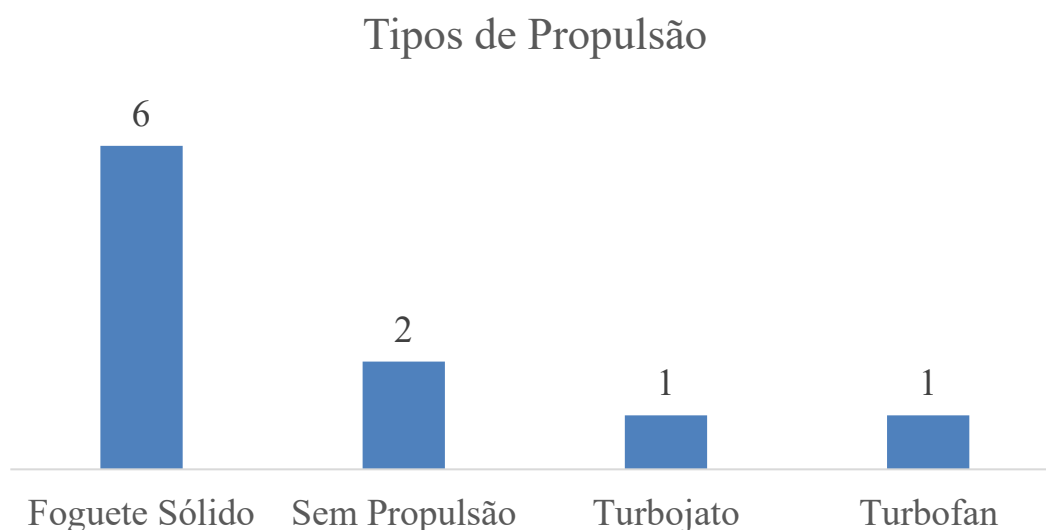


Figura 54: Tipos de Ogiva de Mísseis Ar-Terra.



Diferente da amostra de mísseis ar-ar, a amostra dos mísseis ar-terra apresentam mísseis que não apresentam foguete sólido como propulsão, sendo dois deles sem propulsão, um turbofan e um turbojato. A Figura 55 ilustra essa relação entre os tipos de propulsão da categoria analisada.

Figura 55: Tipos de Propulsão de Mísseis Ar-Terra.



Fonte: Autores.

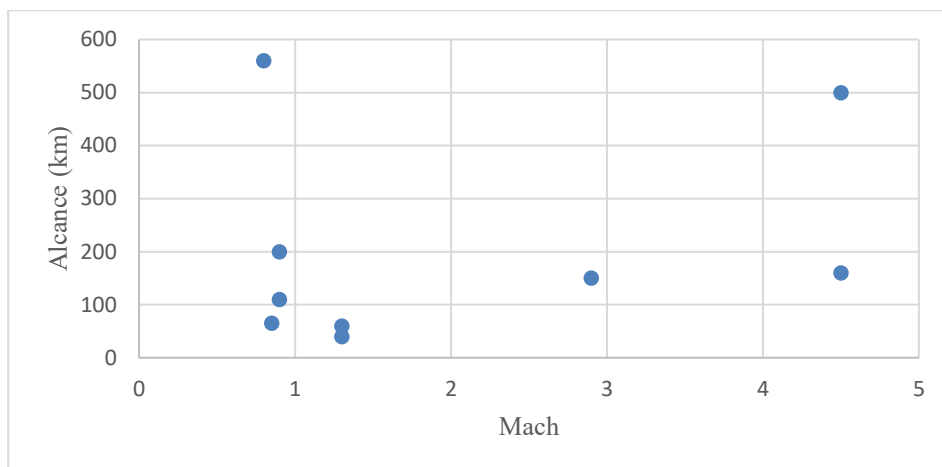
Desta forma, pôde ser elaborado um quadro amostral dos mísseis ar-terra envolvendo as principais características quantitativas, representado pela Tabela 5.

Tabela 5- Amostra de mísseis Ar-Terra.

Míssil	Alcance (km)	Massa (Kg)	Mach
AGM-88 HARM	150	355	2,90
AGM-154 JSOW	200	483	0,90
Brimstone	60	48,5	1,30
Storm Shadow	560	1300	0,80
Kh-31	160	715	4,50
Taurus KEPD 350	500	1360	4,50
AGM-130	65	1323	0,85
SDB	110	136	0,90
Brimstone 2	40	50	1,30
Paveway IV	24	227	Velocidade da aeronave

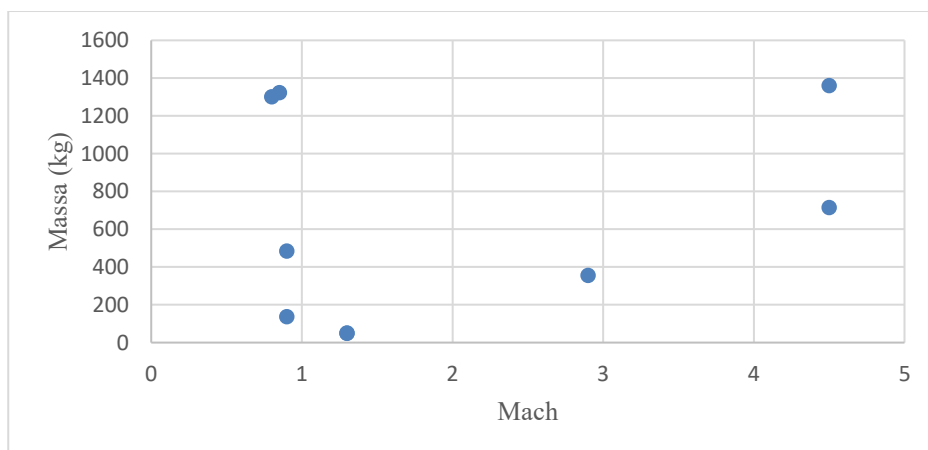
Por meio da Tabela 5, foi possível realizar os esboços gráficos de dispersão entre o Mach vs Alcance (km), Massa (kg) vs Mach e Massa (Kg) vs Alcance. Ambas correlações entre estes parâmetros serão apresentadas pelas Figuras 56, 57 e 58.

Figura 56: Representação Gráfica de Alcance vs Mach de Mísseis Ar-Terra.



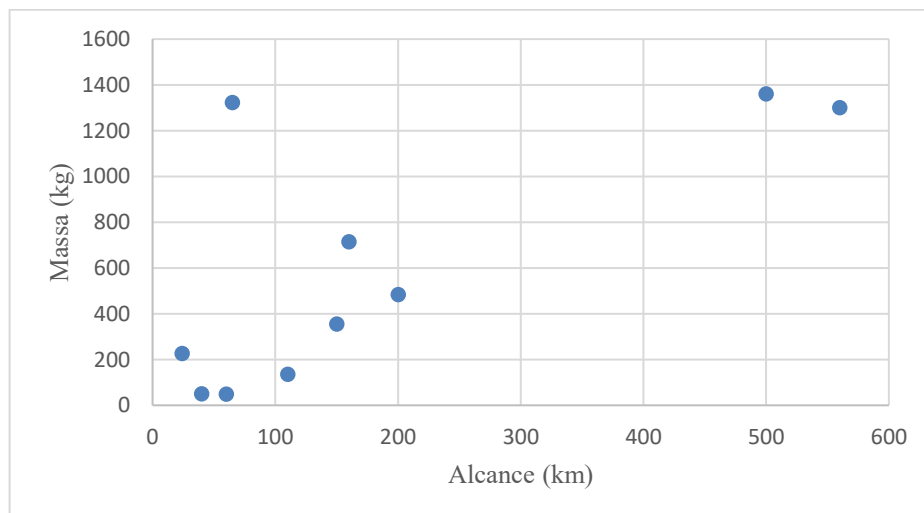
Fonte: Autores.

Figura 57: Representação Gráfica de Massa vs Mach de Mísseis Ar-Terra.



Fonte: Autores.

Figura 58: Representação Gráfica de Massa vs Alcance de Mísseis Ar-Terra.



Fonte: Autores.

Pode-se observar, que dentro da amostra pesquisada de mísseis ar-terra, a principal concentração de mísseis está entre Mach zero e Mach um vírgula cinco e de zero a duzentos quilômetros. Além disso, percebe-se que os mísseis de maior massa apresentam maior alcance.

Por meio dos resultados obtidos pelas comparações entre a amostragem da categoria analisada, foi possível fazer o levantamento de dados que se dizem respeito às grandezas estudadas, sendo representada pela Tabela 6.

Tabela 6- Média e Mediana das grandezas estudadas de Mísseis Ar-Terra.

	Alcance (km)	Massa (Kg)	Mach
Média	186,90	599,75	1,99
Mediana	130,00	419,00	1,30

4.3 Resultados Mísseis Terra-Ar

Partindo para a análise da categoria de mísseis Terra-Ar, de acordo com a pesquisa anteriormente abordada foi possível realizar o levantamento do quadro amostral dos mísseis Terra-Ar envolvendo as principais características qualitativas, sendo o mesmo representado pela Tabela 7.

Tabela 7- Amostra mísseis Terra-Ar.

Míssil	País de origem	Tipo de ogiva	Tipo de Guiagem	Propulsão
FIM - 92	Estados Unidos	Fragmentação	Infravermelho	Foguete Sólido
SBAT-70	Brasil	Fragmentação	Foguete Sólido	Foguete Sólido
MIM - 104	Estados Unidos	Fragmentação	Radar ativo	Foguete Sólido
Mistral	França	Alto explosivo	Infravermelho	Foguete Sólido
V -750	Rússia	Fragmentação	Radar semiativo	Foguete Líquido
S -300	Rússia	Fragmentação	Radar semiativo / Radar ativo	Foguete Sólido
S – 400 48N6	Rússia	Fragmentação	Radar semiativo / Radar ativo	Foguete Sólido

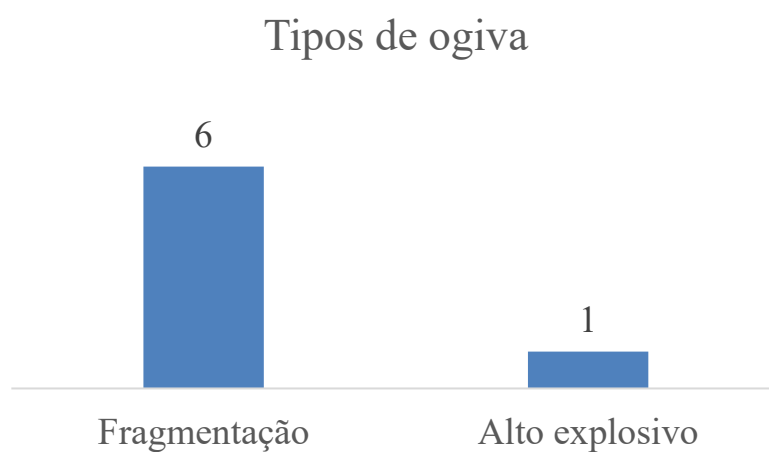
Com base na Tabela 7, foi possível realizar uma análise gráfica da ponderação dos países fabricantes, tipos de ogiva, tipos de guiagem e tipos de propulsão da amostra amostra de mísseis ar-terra. Dentro da amostra de mísseis pesquisada, os países com maior número de mísseis fabricados são Estados Unidos e Rússia. Além disso, o tipo de ogiva com maior amostragem foi a de fragmentação, o tipo de guiagem foi o tipo Radar Ativo e o tipo de propulsão o Foguete sólido, como mostram as Figuras 59, 60, 61 e 62.

Figura 59: Mísseis Terra-Ar por País.



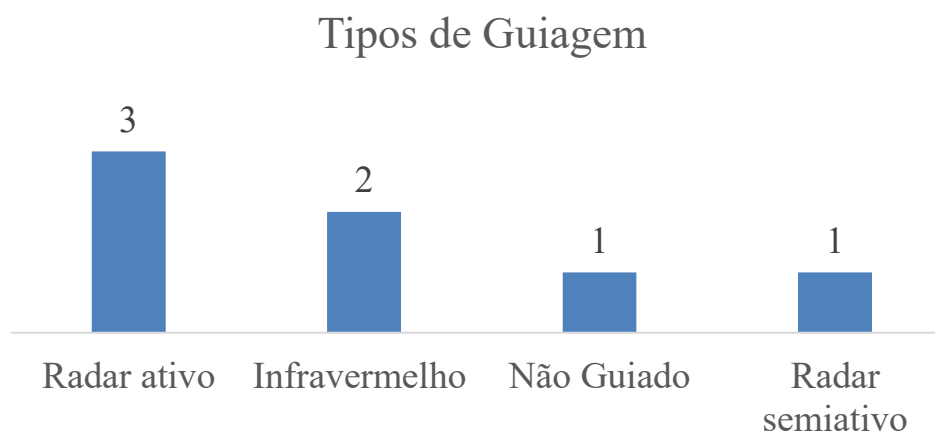
Fonte: Autores.

Figura 60: Tipos de Ogiva de Mísseis Terra-Ar.



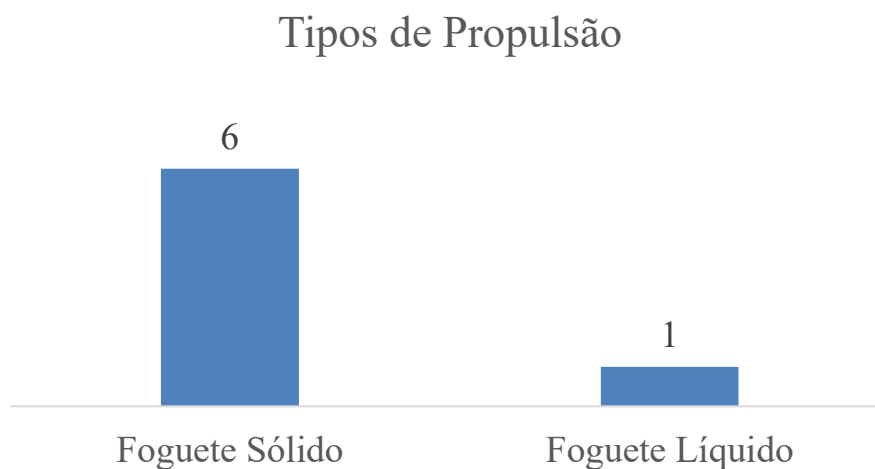
Fonte: Autores.

Figura 61: Tipos de Guiagem de Mísseis Terra-Ar.



Fonte: Autores.

Figura 62: Tipos de Propulsão de Mísseis Terra-Ar.



Fonte: Autores.

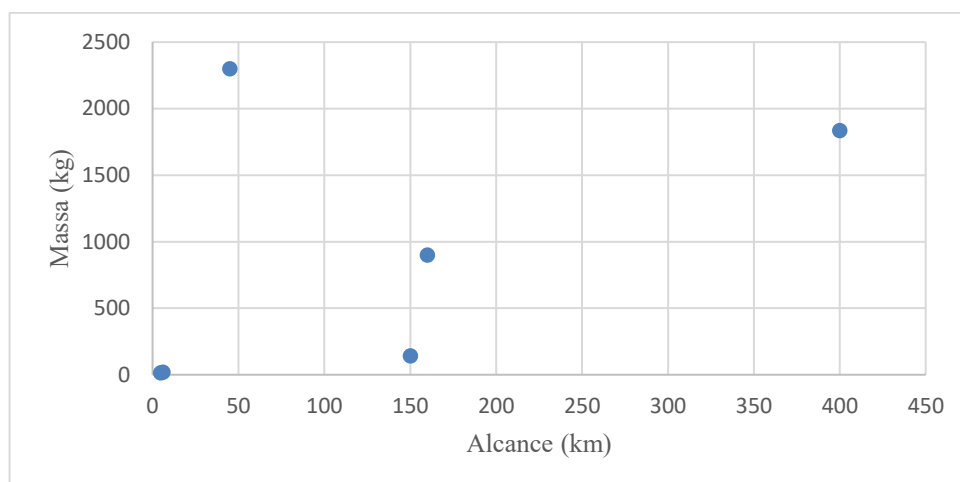
Baseando-se nas análises amostrais desta categoria, foi possível construir um quadro amostral dos mísseis Terra-Ar envolvendo as principais características quantitativas, representado pela Tabela 8.

Tabela 8- Amostra de mísseis Terra-Ar.

Míssil	Alcance (km)	Massa (kg)	Mach
FIM - 92	4,8	15,7	2,20
SBAT-70	7	8	Não informado
MIM - 104	160	900	5,00
Mistral	6	19	2,70
V -750	45	2300	3,50
S -300	150	143	8,20
S - 400 48N6	400	1835	6,20

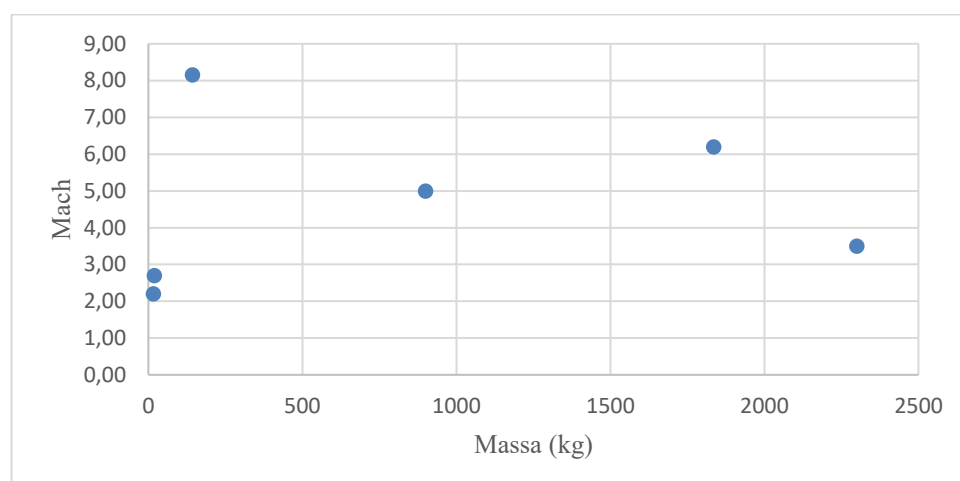
Por meio da Tabela 8, tornou-se viável o esboço os gráficos de dispersão entre o Mach vs Alcance (km), Mach vs Massa (kg) e Massa (kg) vs Alcance (km), sendo representados pelas Figuras 63, 64 e 65.

Figura 63: Representação Gráfica de Massa vs Alcance de Mísseis Terra-Ar.



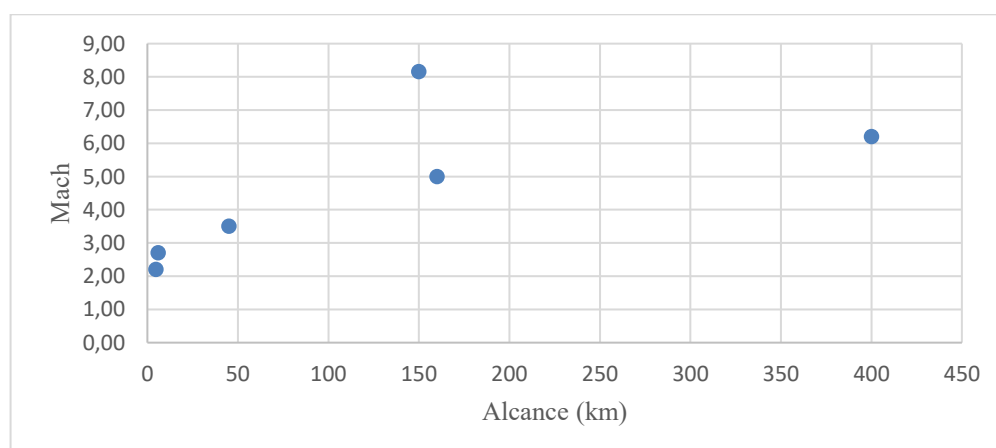
Fonte: Autores.

Figura 64: Representação Gráfica de Mach vs Massa de Mísseis Terra-Ar.



Fonte: Autores.

Figura 65: Representação Gráfica de Mach vs Alcance de Mísseis Terra-Ar.



Fonte: Autores.

Pode-se observar, que dentro da amostra pesquisada de mísseis terra-ar, a principal concentração de mísseis está entre Mach dois e Mach cinco e de zero a cento e cinquenta quilômetros. Por meio da Tabela 9, foi possível fazer o levantamento de dados que se dizem respeito às grandezas estudadas.

Tabela 9- Média e Mediana das grandezas estudadas de Mísseis Terra-Ar.

	Massa (kg)	Alcance (km)	Mach
Média	745,81	110,4	4,63
Mediana	143,00	45,00	4,25

4.4 Resultados Mísseis Terra-Terra

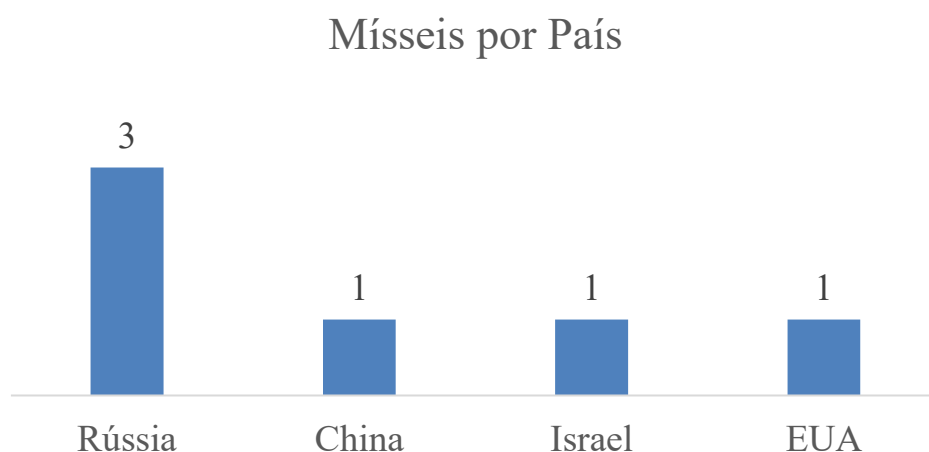
Quanto a categoria Terra-Terra, após a confecção do banco de dados foi possível elaborar um quadro amostral dos mísseis Terra-Terra envolvendo as principais características qualitativas.

Tabela 10- Amostra de mísseis Terra-Terra.

Míssil	País de origem	Tipo de ogiva	Tipo de Guiagem	Propulsão
ATACMS	EUA	Fragmentação ou Explosiva	GPS/INS (Inercial)	Foguete Sólido
P-800 Oniks	Rússia	Fragmentação ou Penetrante	Radar ativo	Ramjet
LORA	Israel	Fragmentação ou Penetrante	GPS/INS (Inercial)	Foguete Sólido
M-9	China	Explosiva ou Nuclear	GPS/INS (Inercial)	Foguete Sólido
R-17	Rússia	Explosiva ou Nuclear	Inercial	Foguete Líquido
Polaris	Rússia	Fragmentação ou Nuclear	Inercial	Foguete Sólido
ATACMS	EUA	Fragmentação ou Explosiva	GPS/INS (Inercial)	Foguete Sólido

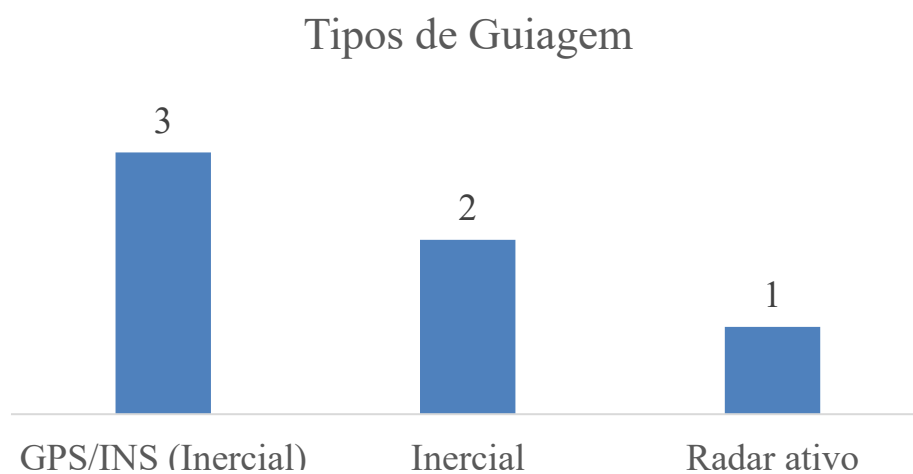
Por meio da amostra coletada foi possível construir uma ponderação gráfica dos países fabricantes, tipos de ogiva, tipos de guiagem e tipos de propulsão da amostra de mísseis terra-terra (Figuras 66, 67, 68 e 69). Dentro da amostra de mísseis pesquisada, o País com o maior número de mísseis fabricados foi a Rússia. Além disso, o tipo de ogiva com maior amostragem foi a de fragmentação/Penetrante e Explosiva/Nuclear, o tipo de guigem foi o tipo GPS/INS (Inercial) e o tipo de propulsão o Foguete sólido.

Figura 66: Mísseis Terra-Terra por País.



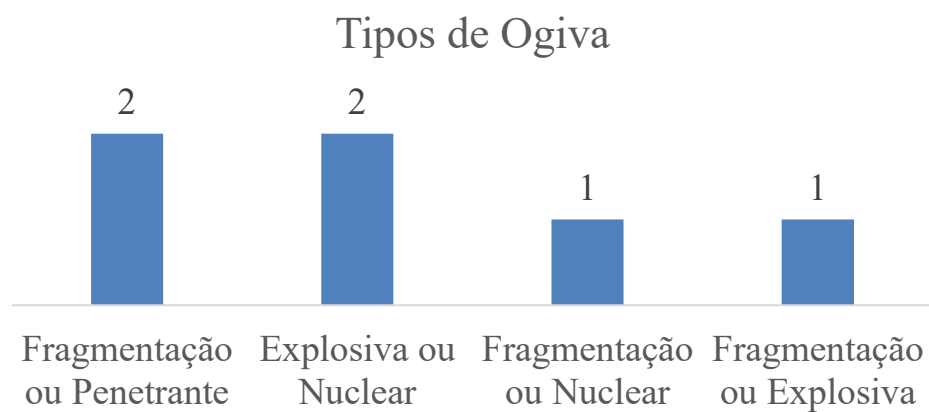
Fonte: Autores.

Figura 67: Tipos de Guiagem de Mísseis Terra-Terra.



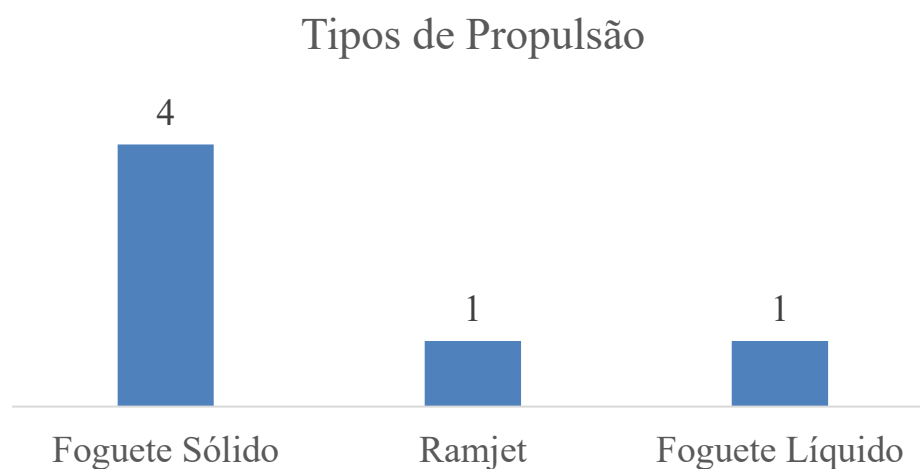
Fonte: Autores.

Figura 68: Tipos de Ogiva de Mísseis Terra-Terra.



Fonte: Autores.

Figura 69: Tipos de Propulsão de Mísseis Terra-Terra.



Fonte: Autores.

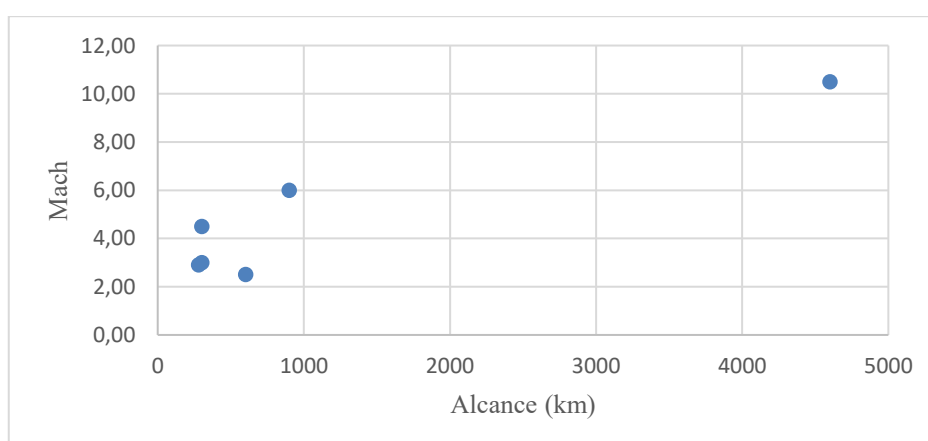
Por meio do banco de dados também, foi possível fazer o levantamento de um quadro amostral dos mísseis Terra-Terra envolvendo as principais características quantitativas, sendo representado pela Tabela 11.

Tabela 11- Amostra de mísseis Terra-Terra.

Míssil	Alcance (km)	Massa (kg)	Mach
ATACMS	300	1.700	3,00
P-800 Oniks	600	3.000	2,50
LORA	280	1.600	2,90
M-9	900	6.200	6,00
R-17	300	5.860	4,50
Polaris	4600	16.200	10,50

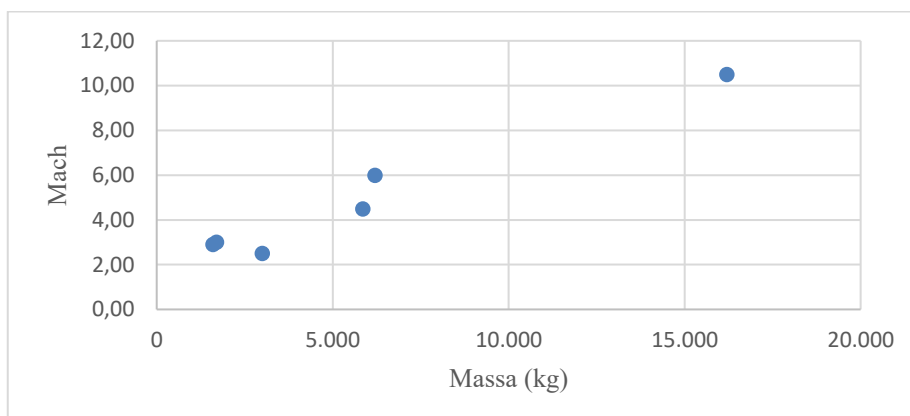
Por meio da Tabela 11, foi possível realizar o esboço dos gráficos de dispersão entre o Mach vs Alcance (Km), Mach vs Massa (Kg) e Massa (Kg) vs Alcance, sendo representados pelas Figuras 70, 71 e 72.

Figura 70: Representação Gráfica de Mach vs Alcance de Mísseis Terra-Terra.



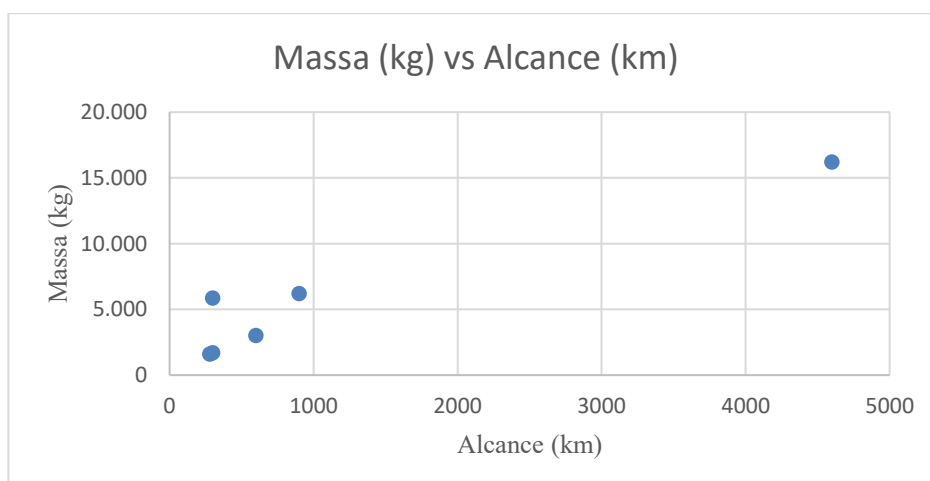
Fonte: Autores.

Figura 71: Representação Gráfica de Mach vs Massa de Mísseis Terra-Terra.



Fonte: Autores.

Figura 72: Representação Gráfica de Massa vs Alcance de Mísseis Terra-Terra.



Fonte: Autores.

Pode-se observar, que dentro da amostra pesquisada de mísseis terra-terra, a principal concentração de mísseis está entre Mach dois e Mach seis e de zero a mil quilômetros. Além disso, a faixa de massa da amostra se concentra em um range entre dois mil e seis mil quilogramas. Percebe-se que os mísseis de maior massa apresentam o maior alcance e o míssil de maior massa e alcance apresentou o maior número de Mach. Por meio da Tabela 12, pode ser observado também o comportamento característico médio das grandezas abordadas para a seção de mísseis estudados.

Tabela 12- Média e Mediana das grandezas estudadas de Mísseis Terra-Terra.

	Massa (kg)	Alcance (km)	Mach
Média	5.760	1163,33	4,90
Mediana	4.430	450,00	3,75

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O trabalho realizado apresenta uma contribuição relevante para a compreensão técnica e estratégica dos principais tipos de mísseis empregados em operações militares. A abordagem comparativa adotada pelos autores, fundamentada em uma pesquisa extensa e organizada em categorias bem delimitadas (mísseis ar-ar, ar-terra, terra-ar e terra-terra) proporciona ao leitor um panorama completo sobre as principais tecnologias empregadas nesses sistemas de armamento.

O estudo destaca-se por oferecer uma análise sistemática das características técnicas dos mísseis como tipos de guiagem, ogivas, propulsão, velocidade, alcance e aplicações táticas. Permitindo uma comparação direta entre diferentes modelos e origens, inclusive com ênfase em mísseis desenvolvidos nacionalmente, como o MAA-1 Piranha e o MANSUP, o que valoriza o desenvolvimento tecnológico brasileiro no setor de defesa.

Além da análise técnica, o trabalho insere importantes aspectos históricos e estratégicos, como o papel dos sistemas de defesa antimísseis e mecanismos de proteção embarcados em aeronaves, demonstrando que a temática da defesa aérea vai além da ofensiva, abordando também a dissuasão, a proteção de infraestrutura e a segurança de populações civis.

A construção de um banco de dados e a posterior elaboração de gráficos e tabelas comparativas configuram uma metodologia eficiente para traduzir os dados em informação acessível e visual, favorecendo a compreensão de tendências e relações entre características como velocidade e alcance, guiagem e precisão, bem como custo e eficiência.

Considerando as limitações e as possibilidades de aprofundamento do presente estudo, recomenda-se que trabalhos futuros explorem, de forma mais detalhada, a inserção do Brasil nas cadeias globais de desenvolvimento e produção de armamentos inteligentes. Tal análise permitiria compreender o posicionamento estratégico do país no cenário internacional e identificar oportunidades de cooperação tecnológica.

Além disso, sugere-se a investigação do impacto dos sistemas de contramedidas e defesa antimísseis no desenvolvimento de novas tecnologias de mísseis. Essa abordagem poderá contribuir para a compreensão das dinâmicas de inovação nesse setor, especialmente no que se refere à evolução das técnicas de evasão e penetração frente aos sistemas defensivos cada vez mais sofisticados.

REFERÊNCIAS

- [1] AIRFORCE TECHNOLOGY. AGM-154 Joint Standoff Weapon (JSOW). Disponível em: <https://www.airforce-technology.com>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [2] FORÇA AÉREA. A Arma Fatal! Disponível em: <https://www.aereo.jor.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [3] WIKIPÉDIA. AGM-88 HARM. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/AGM-88_HARM. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [4] BOEING. AGM-130. Disponível em: <https://www.boeing.com>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [5] PODER AÉREO. Prossegue o desenvolvimento do novo míssil anti-radar AARGM-ER. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [6] MILITARY POWER. Frame4-missil. Disponível em: https://www.militarypower.com.br/frame4-missil.htm?utm_source. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [7] CAVOK. EUA planejam enviar bomba guiada AGM-154 JSOW para a Ucrânia. Disponível em: <https://www.cavok.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [8] PODER AÉREO. Storm Shadow / SCALP EG. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [9] TECNOLOGIA É. O que é um míssil? Como funciona. Disponível em: <https://www.tecnologiae.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [10] VIDA MILITAR. Míssil Tático AV-TM 300 da Avibras: o mais poderoso do Brasil. Disponível em: <https://vidamilitar.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [11] BBC NEWS BRASIL. Como funcionam os mísseis hipersônicos e por que são uma ameaça, segundo engenheiro. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [12] SUPERINTERESSANTE. Como funciona um míssil? Disponível em: <https://super.abril.com.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [13] WIKIPÉDIA. Míssil ar-ar. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADssil_ar-ar. Acesso em: 10 abr. 2025.
- [14] AIRFORCE TECHNOLOGY. AGM-154 Joint Standoff Weapon (JSOW). Disponível em: <https://www.airforce-technology.com/projects/agm-154-joint-standoff-weapon-jsow/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [15] SOLDIERWEAPONS.RU. Upravlyaemaya aviatsionnaya bomba s lazernym navedeniem Paveway IV. Top War, 19 dez. 2014. Disponível em: <https://pt.topwar.ru/65093-upravlyaemaya-aviacionnaya-bomba-s-lazernym-navedeniem-paveway-iv.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [16] CUNHA, Rudnei Dias da. A Arma Fatal! Força Aérea, 28 nov. 2019. Disponível em: <https://forcaarea.com.br/loren-ipsu-4/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

- [17] MIKAIL, Eduardo. O que é motor de combustível sólido?. Engenharia 360, 28 nov. 2019. Disponível em: <https://engenharia360.com/o-que-e-motor-de-combustivel-solido/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [18] SISTEMAS DE ARMAS. AGM-130. Sistemas de Armas, [s.d.]. Disponível em: <http://www.sistemasdearmas.com.br/pgm/agm130.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [19] PARSCH, Andreas. Boeing (Rockwell) AGM-130. Designation Systems, 17 dez. 2024. Disponível em: <https://designation-systems.net/dusrm/m-130.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [20] TANK ENCYCLOPEDIA. Cold War Brazil CCL X1. Tank Encyclopedia, [s.d.]. Disponível em: <https://tanks-encyclopedia.com/category/cold-war-brazil-ccl-x1/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [21] BBC NEWS BRASIL. Agora foi a BBC que teve seus jornalistas presos pelo governo do Catar. BBC News Brasil, 23 nov. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-61174372>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [22] TAVEIRA, Gabriel. Míssil Tático AV-TM 300 da Avibras: o mais poderoso do Brasil. Vida Militar, 3 jan. 2025. Disponível em: <https://vidamilitar.com.br/tudo-sobre-o-missil-tatico-av-tm-300-da-avibras/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [23] SISTEMAS DE ARMAS. Míssil MAA-1 Piranha. Sistemas de Armas, [s.d.]. Disponível em: <http://sistemasdearmas.com.br/aam/maa1.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [24] PARSCH, Andreas. Raytheon MIM-104 Patriot. Designation Systems, 19 fev. 2025. Disponível em: <https://designation-systems.net/dusrm/m-104.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [25] US Air Force. AGM-130 Missile. YouTube, 8 abr. 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=argPRvCf-YI>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [26] PODER AÉREO. Novo míssil ar-ar PL-15E com asas dobráveis aumentará capacidade dos caças stealth chineses. Poder Aéreo, 19 nov. 2024. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2024/11/19/novo-missil-ar-ar-pl-15e-com-asas-dobraveis-aumentara-capacidade-dos-cacas-stealth-chineses/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [27] HLUSHCHENKO, Olha. Implantação do sistema de mísseis balísticos Oreshnik na Bielorrússia não aumenta risco de ataques à Ucrânia ou países da OTAN, afirma ISW. Ukrainska Pravda, 7 dez. 2024. Disponível em: <https://www.pravda.com.ua/eng/news/2024/12/7/7488112/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [28] WIKIPÉDIA. S-400. Wikipédia, [s.d.]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/S-400>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [29] GLOBALSEcurity.ORG. Patriot TMD. GlobalSecurity.org, [s.d.]. Disponível em: https://www.globalsecurity.org/space/systems/patriot-specs.htm#google_vignette. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [30] PARSCH, Andreas. Raytheon (General Dynamics) FIM-92 Stinger. Designation Systems, 25 dez. 2024. Disponível em: <https://www.designation-systems.net/dusrm/m-92.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [31] SISTEMAS DE ARMAS. AGM-130. Sistemas de Armas, [s.d.]. Disponível em: <http://sistemasdearmas.com.br/pgm/agm130.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[32] HAMBLING, David. New Missile Kills Air Defenses DEAD. WIRED, 23 dez. 2008. Disponível em: <https://www.wired.com/2008/12/new-missile-kil/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[33] MISSILE THREAT. S-300. Missile Threat, [s.d.]. Disponível em: <https://missilethreat.csis.org/defsys/s-300/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[34] GALANTE, Alexandre. Storm Shadow / SCALP EG. Poder Aéreo, 26 ago. 2009. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2009/08/26/storm-shadow-scalp-eg/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[35] MILITARY REVIEW. Míssil de aeronave supersônica Kh-31 "Krypton". Military Review, 25 fev. 2015. Disponível em: <https://pt.topwar.ru/69733-sverhzhukovaya-aviacionnaya-raketa-h-31-krypton.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[36] CORDEIRO, Tiago. Como funciona um míssil? Superinteressante, 15 jul. 2014. Atualizado em: 22 fev. 2024. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-um-missil>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[37] TE CONNECTIVITY. Tipos de sistemas de defesa antimísseis. TE Connectivity, [s.d.]. Disponível em: <https://www.te.com/pt/industries/aerospace/insights/types-of-missile-defense-systems.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[38] SISTEMAS DE ARMAS. MAWS – Sistema de Alerta de Aproximação de Mísseis. Sistemas de Armas, [s.d.]. Disponível em: <http://sistemasdearmas.com.br/ge/maws.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[39] DE MARTINI, Fernando "Nunão". MANSUP: saiba mais sobre a fase atual e o futuro do míssil antinavio nacional. Poder Naval, 11 jul. 2022. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2022/07/11/mansup-saiba-mais-sobre-a-fase-atual-e-o-futuro-do-missil-antinavio-nacional/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[40] WIKIPÉDIA. Lista de armamentos da Força Aérea Brasileira. Wikipédia, [s.d.]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_armamentos_da_For%C3%A7a_A%C3%A9rea_Brasileira. Acesso em: 23 abr. 2025.

[41] WIKIPÉDIA. Míssil superfície-ar. Wikipédia, [s.d.]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADssil_superf%C3%ADcie-ar. Acesso em: 23 abr. 2025.

[42] PODER AÉREO. Os Mirage IIIEBR da FAB e os mísseis Matra R530. Poder Aéreo, 27 ago. 2023. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2023/08/27/os-mirage-iiiebr-da-fab-e-os-misseis-matra-r530/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[43] TE CONNECTIVITY. Tipos de sistemas de defesa antimísseis. TE Connectivity, [s.d.]. Disponível em: <https://www.te.com/pt/industries/aerospace/insights/types-of-missile-defense-systems.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[44] COELHO, André M. O que é um míssil? Como funciona. Tecnologia É, [s.d.]. Disponível em: <https://www.tecnologiae.com.br/que-e-missil-como-funciona/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[45] JOHNNE, J. Mísseis Ar-Ar (AAM). Operações Militares, 7 jan. 2015. Disponível em: <https://operacoesmilitaresguia.blogspot.com/2015/01/misseis-ar-ar-aam.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[46] GALANTE, Alexandre. Há 60 anos, o sistema de mísseis terra-ar SA-2 estreava em combate. Poder Aéreo, 7 out. 2019. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2019/10/07/ha-60-anos-o-sistema-de-misseis-terra-ar-sa-2-estreava-em-combate/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

- [47] MISSILERY.INFO. IRIS-T aircraft missile. Missilery.info, [s.d.]. Disponível em: <https://en.missilery.info/missile/iris-t>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [48] JOHNNE, J. Mísseis – Definições e Tipos. Logística Militar, 11 abr. 2017. Disponível em: <https://logisticamilitarblog.wordpress.com/2017/04/11/misseis-definicoes-e-tipos/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [49] MISSILE THREAT. DF-15 (CSS-6 / M-9). Missile Threat, 23 abr. 2024. Disponível em: <https://missilethreat.csis.org/missile/df-15-css-6/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [50] MISSILE DEFENSE PROJECT. Israel Aerospace Industries successfully tests short-range missile system. Missile Threat, 21 jun. 2017. Disponível em: <https://missilethreat.csis.org/israel-aerospace-successfully-tests-short-range-missile-system/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [51] JOHNNE, J. MAWS – Sistema de Alerta de Aproximação de Mísseis. Operações Militares, 18 mai. 2018. Disponível em: <https://operacoesmilitaresguia.blogspot.com/2018/05/maws-sistema-de-alerta-de-aproximacao.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [52] MISSILE THREAT. LORA. Missile Threat, 23 abr. 2024. Disponível em: <https://missilethreat.csis.org/missile/lora/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [53] JOHNNE, J. Míssil Mistral. Sistemas de Armas, [s.d.]. Disponível em: <https://sistemasdearmas.com.br/mis/mistral.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [54] ALICE, Ana. Descubra o míssil brasileiro que impressiona o mundo: o MAA-1 Piranha atinge mais de 4 mil km/h e desafia limites da tecnologia militar. Click Petróleo e Gás, 1 dez. 2024. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/decubra-o-missil-brasileiro-que-impressiona-o-mundo-o-maa-1-piranha-atinge-mais-de-4-mil-km-h-e-desafia-limites-da-tecnologia-militar/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [55] BBC NEWS BRASIL. Notícias, vídeos, análise e contexto em português. BBC News Brasil, [s.d.]. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cld7yv22xp2o>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [56] JOHNNE, J. Raytheon/Lockheed Martin MIM-104 Patriot: a celebridade aliada da Guerra do Golfo. Warfare Blog, 10 jun. 2015. Disponível em: <https://www.warfareblog.com.br/2015/06/raytheon-lockheed-martim-mim-104.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [57] JOHNNE, J. AGM-88 HARM. AcademiaLab, [s.d.]. Disponível em: <https://academia-lab.com/enciclop%C3%A9dia/agm-88-harm/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [58] CALLAHAN, Michael. Força Aérea dos Estados Unidos testa míssil intercontinental com capacidade nuclear. CNN Brasil, 6 set. 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/forca-aerea-dos-estados-unidos-testa-missil-intercontinental-com-capacidade-nuclear/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [59] RAYTHEON TECHNOLOGIES. AIM-9X SIDEWINDER Missile. Raytheon Technologies, [s.d.]. Disponível em: <https://www.rtx.com/raytheon/what-we-do/sea/aim-9x-sidewinder-missile>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [60] GLOBALSECURITY.ORG. GlobalSecurity.org. GlobalSecurity.org, [s.d.]. Disponível em: <https://www.globalsecurity.org/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

- [61] DEFENSE-UPDATE. Defense-Update – Military Technology & Defense News. Defense-Update, [s.d.]. Disponível em: <https://defense-update.com/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [62] DIEHL DEFENCE. Misséis guiados. Diehl Defence, [s.d.]. Disponível em: <https://www.diehl.com/defence/en/products/guided-missiles/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [63] WALDRON, Greg. PL-15E at Zhuhai suggests China squeezing more missiles into stealth jets. FlightGlobal, 15 nov. 2024. Disponível em: <https://www.flightglobal.com/defence/pl-15e-at-zhuhai-suggests-china-squeezing-more-missiles-into-stealth-jets/160770.article>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [64] BASSETTO, Murilo. Força Aérea Brasileira lançou 10 foguetes SBAT-70 no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno. Aeroin.net, 5 ago. 2023. Disponível em: <https://aeroin.net/forca-aerea-brasileira-lancou-10-foguetes-sbat-70-no-centro-de-lancamento-da-barreira-do-inferno/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [65] BBC NEWS BRASIL. Notícias, vídeos, análise e contexto em português. BBC News Brasil, [s.d.]. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c0qdv891388o>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [66] CHERNIJ, Carlos. Mísseis, os mensageiros nada amistosos. Aventuras na História, 1 mar. 2007. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.com.br/noticias/acervo/misseis-mensageiros-nada-amistosos-435192.phtml>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [67] PODER AÉREO. Mísseis ar-ar. Poder Aéreo, [s.d.]. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/category/misseis-ar-ar/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [68] WIKIPEDIA. Astra (missile). Wikipedia, [s.d.]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Astra_%28missile%29. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [69] BARBOSA, Ricardo N. Mísseis ar-ar de combate aproximado: evolução histórica. Tecnomilitar, 29 jul. 2020. Disponível em: <https://tecnomilitar.wordpress.com/2020/07/29/misseis-ar-ar-de-combate-aproximado/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [70] CNN BRASIL. Putin diz que Rússia usou novo míssil balístico de médio alcance contra Ucrânia. CNN Brasil, 21 nov. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/putin-diz-que-russia-usou-novo-missil-balistico-de-medio-alcance-contr-ucrania/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [71] PLANO BRASIL. Caças J-10 são equipados com mísseis PL-08 e PL-12. Plano Brasil, 22 dez. 2013. Disponível em: <https://www.planobrasil.com/2013/12/22/cacas-j-10-sao-equipados-com-misseis-pl-08-e-pl-12/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [72] Forte Jor. Mísseis balísticos chineses DF-3 da Arábia Saudita. Forças Terrestres, 30 jul. 2017. Disponível em: <https://www.forte.jor.br/2017/07/30/misseis-balisticos-chineses-df-3-da-arabia-saudita/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [73] CNN BRASIL. Conheça os mísseis balísticos que a Rússia usou pela primeira vez na Ucrânia. CNN Brasil, 21 nov. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/ministerio-de-defesa-da-china-afirma-sucesso-em-teste-de-misseis-antibalisticos/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [74] WIKIPEDIA. Astra (missile). Wikipedia, [s.d.]. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Astra_\(missile\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Astra_(missile)). Acesso em: 23 abr. 2025.
- [75] MBDA. MICA. MBDA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mbda-systems.com/product/mica>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[76] FORUM WAR THUNDER. The "Silent Killer" Missile - MBDA MICA - Performance and Discussion Thread (WIP). Fórum War Thunder, [s.d.]. Disponível em: <https://forum.warthunder.com/t/the-silent-killer-missile-mbda-mica-performance-and-discussion-thread-wip/7824/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[77] ALVES, Carlos. Caça chinês J-20 dispara míssil ar-ar PL-10 em imagem inédita e revela avanço tecnológico. Revista Sociedade Militar, 30 nov. 2024. Disponível em: <https://www.sociedademilitar.com.br/2024/11/caca-chines-j-20-dispara-missil-ar-ar-pl-10-em-imagem-inedita-e-revela-avanco-tecnologico-fplv.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[78] SOCIEDADE MILITAR. Caça chinês J-20 dispara míssil ar-ar PL-10 em imagem inédita e revela avanço tecnológico. Revista Sociedade Militar, 30 nov. 2024. Disponível em: <https://www.sociedademilitar.com.br/2024/11/caca-chines-j-20-dispara-missil-ar-ar-pl-10-em-imagem-inedita-e-revela-avanco-tecnologico-fplv.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[79] GLOBAL SECURITY. PL-12. GlobalSecurity.org, [s.d.]. Disponível em: <https://www.globalsecurity.org/military/world/china/pl-12.htm>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[80] ALVES, Carlos. Caça chinês J-20 dispara míssil ar-ar PL-10 em imagem inédita e revela avanço tecnológico. Revista Sociedade Militar, 30 nov. 2024. Disponível em: <https://www.sociedademilitar.com.br/2024/11/caca-chines-j-20-dispara-missil-ar-ar-pl-10-em-imagem-inedita-e-revela-avanco-tecnologico-fplv.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[81] EDROTA CULTURAL. Míssil chinês preocupa os EUA. Edrota Cultural, [s.d.]. Disponível em: <https://www.edrotacultural.com.br/missil-chines-preocupa-os-eua/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[82] EDROTA CULTURAL. Míssil PL-10 operacional com caças J-20. Edrota Cultural, [s.d.]. Disponível em: <https://www.edrotacultural.com.br/missil-pl-10-operacional-com-cacas-j-20/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[83] VIDA MILITAR. Míssil Tático AV-TM 300 da Avibras: o mais poderoso do Brasil. Vida Militar, [s.d.]. Disponível em: <https://vidamilitar.com.br/tudo-sobre-o-missil-tatico-av-tm-300-da-avibras/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[84] EXECUTIVE DIGEST. Hipersônico vs. Balístico Intercontinental: Quais as diferenças entre estes tipos de mísseis? Executive Digest, [s.d.]. Disponível em: <https://executivedigest.sapo.pt/noticias/hipersonico-vs-balistico-intercontinental-quais-as-diferencas-entre-estes-tipos-de-misseis/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[85] BBC NEWS BRASIL. O que são mísseis hipersônicos, que Rússia diz ter usado pela 1ª vez na Ucrânia. BBC News Brasil, 19 mar. 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-60810200>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[86] MBDA. MICA NG. MBDA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mbda-systems.com/products/air-dominance/mica-family/mica-ng>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[87] MUSEU NACIONAL DO AR E DO ESPAÇO. Míssil Minuteman III. Museu Nacional do Ar e do Espaço, [s.d.]. Disponível em: <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/196676/boeing-lgm-30g-minuteman-iii/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[88] WIKIPEDIA. IRIS-T. Wikipedia, [s.d.]. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/IRIS-T>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[89] WIRED. New Missile Kills Air Defenses DEAD. WIRED, 16 dez. 2008. Disponível em: <https://www.wired.com/2008/12/new-missile-kil/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[90] MISSILE THREAT. S-300. Missile Threat, [s.d.]. Disponível em: <https://missilethreat.csis.org/defs/s-300/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[91] PODER AÉREO. Lockheed está desenvolvendo míssil AIM-260 para conter o PL-15 chinês. Poder Aéreo – Aviação, Forças Aéreas, Indústria Aeroespacial e de Defesa, 20 jun. 2019. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2019/06/20/lockheed-esta-desenvolvendo-missil-aim-260-para-conter-o-pl-15-chines/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[92] TOPWAR. Sistemas de defesa aérea ucranianos e chineses baseados em mísseis de combate aéreo com sistema de orientação por radar semi-ativo. Topwar, 25 mar. 2024. Disponível em: <https://pt.topwar.ru/236067-ukrainskie-i-kitajskie-zrk-na-baze-raket-vozdushnogo-boja-s-poluaktivnoj-radiolokacionnoj-sistemoj-navedenija.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[93] MISSILE THREAT. MGM-140 Army Tactical Missile System (ATACMS). Missile Threat, [s.d.]. Disponível em: <https://missilethreat.csis.org/missile/atacms/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[94] PODER AÉREO. Novos mísseis ar-ar chineses. Poder Aéreo – Aviação, Forças Aéreas, Indústria Aeroespacial e de Defesa, 13 jul. 2017. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2017/07/13/novos-misseis-ar-ar-chineses/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[95] SOCIEDADE MILITAR. Poderoso míssil supersônico da Força Aérea Brasileira: MAA-1, a arma secreta do Brasil que atinge 4,3 mil km/h e intercepta tudo. Sociedade Militar, 9 jan. 2025. Disponível em: <https://www.sociedademilitar.com.br/2025/01/poderoso-missil-supersonico-da-forca-aerea-brasileira-maa-1-a-arma-secreta-do-brasil-que-atinge-43-mil-km-h-e-intercepta-tudo-flc.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[96] THE TIMES. Who makes Storm Shadow missiles and can they slow Russia's march on Ukraine? The Times, 13 nov. 2024. Disponível em: <https://www.thetimes.com/uk/defence/article/who-makes-storm-shadow-missiles-russia-ukraine-w622c76xh>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[97] U.S. ARMY TRAINING AND DOCTRINE COMMAND (TRADOC). PL-15 (Thunderbolt-15): Chinese Active Radar-Guided Very Long Range Air-to-Air Missile. Disponível em: https://odin.tradoc.army.mil/WEG/Asset/PL-15_%28Thunderbolt-15%29_Chinese_Active_Radar-Guided_Very_Long_Range_Air-to-Air_Missile. Acesso em: 23 abr. 2025.

[98] THE US SUN. Dramatic video shows RAF drop laser-guided bombs in Iraq as UK to send deadly weapon to Ukraine to smash Russian targets. Disponível em: <https://www.thesun.co.uk/news/uknews/21365374/raf-video-ukraine-russian-targets/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[99] AERONÁUTICA, A. Prossegue o desenvolvimento do novo míssil anti-radar AARGM-ER. Aéreo, 26 mar. 2019. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2019/03/26/prossegue-o-desenvolvimento-do-novo-missil-anti-radar-aargm-er/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[100] CAVOK. Em uma decisão estranha, EUA planejam enviar bomba guiada AGM-154 JSOW para a Ucrânia. Cavok, 26 mar. 2019. Disponível em: <https://www.cavok.com.br/em-uma-decisao-estranha-eua-planejam-enviar-bomba-guiada-agm-154-jsow-para-a-ucrania>. Acesso em: 23 abr. 2025.

[101] GALANTE, Alexandre. Há 60 anos, o sistema de mísseis terra-ar SA-2 estreava em combate. Poder Aéreo, 7 out. 2019. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2019/10/07/ha-60-anos-o-sistema-de-misseis-terra-ar-sa-2-estreava-em-combate/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

- [102] DIEHL DEFENCE. Diehl Defence. Diehl Defence, 2025. Disponível em: <https://www.diehl.com/defence/en/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [103] MBDA. MBDA Systems. MBDA, 2025. Disponível em: <https://www.mbda-systems.com/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [104] DIEHL DEFENCE. Diehl Defence signs MoU with LIG Nex1 on KF-21. Diehl Defence, 19 out. 2023. Disponível em: <https://www.diehl.com/defence/en/press-and-media/news/diehl-defence-signs-mou-with-lig-nex1-on-kf-21/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [105] RAFAEL ADVANCED DEFENSE SYSTEMS. Ice Breaker. RAFAEL, 2025. Disponível em: <https://www.rafael.co.il/system/ice-breaker/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [106] XIA, David. China PL-10E AAM with anti-stealth capability. Thai Military and Asian Region, 16 dez. 2016. Disponível em: <https://thaimilitaryandasianregion.wordpress.com/2016/12/16/china-pl-10e-aam-with-anti-stealth-capability/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [107] BANDIEIRA, Diógenes. Missil AIM-9X: uma das armas mais letais já criadas no planeta. Consultor de Segurança Eletrônica, 11 mar. 2013. Disponível em: <https://www.diogenesbandeira.com.br/2013/03/missil-aim-9x-uma-das-armas-mais-letais.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [108] CAIAFA, Roberto. Sistema Astros, 30 anos no Exército Brasileiro. Infodefensa Brasil, 3 nov. 2022. Disponível em: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4053798/astros-no-exercito-brasileiro-30-anos-do-martelo-bater-do-brasil>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [109] MISSILE THREAT. Apache AP. Center for Strategic and International Studies (CSIS), 23 abr. 2024. Disponível em: <https://missilethreat.csis.org/missile/apache-ap/>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [110] CHINA-ARMS. J-10C com mísseis PL-10, PL-12 e PL-15. China-Arms, 26 jun. 2021. Disponível em: https://www.china-arms.com/2021/06/j10c-with-pl10-pl12-pl15-missiles/#google_vignette. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [111] O GLOBO. O que são ATACMS, mísseis dos EUA que podem ser usados contra a Rússia. O Globo, 18 nov. 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/mundo/noticia/2024/11/18/o-que-sao-atacms-misseis-dos-eua-que-podem-ser-usados-contra-a-russia.ghtml>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [112] TOPWAR. Misiles chinos con carácter ruso. Military Review, 20 set. 2024. Disponível em: <https://es.topwar.ru/249226-kitajskie-rakety-s-russkim-harakterom.html>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [113] RAYTHEON TECHNOLOGIES CORPORATION. Air. Raytheon Technologies, 2025. Disponível em: <https://www.rtx.com/raytheon/what-we-do/air>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [114] MILITARY POWER REVIEW. Forças Armadas do Brasil. Military Power Review, 2025. Disponível em: http://www.militarypower.com.br/frame4-missil.htm?utm_source. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [115] AL JAZEERA ENGLISH. Egypt's Air Force Gets J-10C Fighters with PL-15 Long Range Missile. YouTube, 23 abr. 2025. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SQvrronR0Wck>. Acesso em: 23 abr. 2025.

- [116] GLOBALSECURITY.ORG. Izdeliye 172 / K-100 – AAM-L. GlobalSecurity.org, 2025. Disponível em: https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/izdeliye-172.htm#google_vignette. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [117] WIKI WAND. PL-12. Wikiwand, 23 abr. 2025. Disponível em: <https://www.wikiwand.com/en/articles/PL-12>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [118] AGM-88 HARM. Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/AGM-88_HARM. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [119] Kh-31. Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Kh-31>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [120] Brimstone (missile). Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Brimstone_\(missile\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Brimstone_(missile)). Acesso em: 23 abr. 2025.
- [121] AGM-88 HARM. Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/AGM-88_HARM. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [122] R.550 Magic. Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/R.550_Magic. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [123] PL-12. Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/PL-12>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [124] MBDA MICA. Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: https://es.wikipedia.org/wiki/MBDA_MICA. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [125] PL-15. Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: <https://es.wikipedia.org/wiki/PL-15>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [126] R.550 Magic. Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/R.550_Magic. Acesso em: 23 abr. 2025.
- [127] SBAT (mísseis). Wikipédia, A enciclopédia livre. 2025. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/SBAT_\(mísseis\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/SBAT_(mísseis)). Acesso em: 23 abr. 2025.