

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM
GUERRA ELETRÔNICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TECNOLOGIA DE MÍSSEIS ANTIRRADIAÇÃO: uma análise técnico-operacional e
da viabilidade de emprego na Marinha do Brasil



PRIMEIRO-TENENTE LENNON DE SOUZA VALENÇA

Rio de Janeiro
2025

PRIMEIRO-TENENTE LENNON DE SOUZA VALENÇA

TECNOLOGIA DE MÍSSEIS ANTIRRADIAÇÃO: uma análise técnico-operacional e da
viabilidade de emprego na Marinha do Brasil

Monografia apresentada ao Centro de Instrução
Almirante Alexandrino como requisito parcial à
conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em
Guerra Eletrônica.

Orientadores:

Kassio Barbosa Mendes de Oliveira, Capitão-Tenente
M.Sc. José Victor de Pina Corriça, Capitão-Tenente

Rio de Janeiro
2025

PRIMEIRO-TENENTE LENNON DE SOUZA VALENÇA

TECNOLOGIA DE MÍSSEIS ANTIRRADIAÇÃO: uma análise técnico-operacional e
da viabilidade de emprego na Marinha do Brasil

Primeiro-Tenente Lennon de Souza Valença

MONOGRAFIA APRESENTADA AO CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE
ALEXANDRINO COMO REQUISITO PARCIAL À CONCLUSÃO DO CURSO DE
APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM GUERRA ELETRÔNICA.

Aprovada por:

Documento assinado digitalmente
 KASSIO BARBOSA MENDES DE OLIVEIRA
Data: 12/11/2025 19:04:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

CT Kassio Barbosa Mendes de Oliveira, CAAML

Documento assinado digitalmente
 JOSE VICTOR DE PINA CORRICA
Data: 13/11/2025 10:41:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

CT José Victor de Pina Corrça, M.Sc., CIAA

Documento assinado digitalmente
 PEDRO BARBEZANI CARVALHO E RIBEIRO
Data: 13/11/2025 11:14:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cap. Av. Pedro Barbezani Carvalho e Ribeiro, M.Sc., 5º ETA

Documento assinado digitalmente
 NEWTON ADRIANO DOS SANTOS GOMES
Data: 13/11/2025 22:10:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Newton Adriano dos Santos Gomes, M.Sc., ITA

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
NOVEMBRO DE 2025

Valença, Lennon de Souza

Tecnologia de Mísseis Antirradiação: uma análise técnico-operacional e da viabilidade de emprego na Marinha do Brasil / Lennon de Souza Valença – Rio de Janeiro: MB/CIAA, 2025.

XIII, 42 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Kassio Barbosa Mendes de Oliveira; José Victor de Pina Corriça

Trabalho de Conclusão de Curso – MB/CIAA/Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica, 2025.

Referências Bibliográficas: p. 47-50.

1. Míssil antirradiação. 2. Guerra eletrônica. I. Oliveira, Kassio Barbosa Mendes de, et al. II. Marinha do Brasil, CIAA, Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica. III. Título.

Dedico esse trabalho a Deus, que concede sabedoria, e da sua boca procede todo entendimento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu Deus pelo dom da vida, pelo seu amor, sua bondade, sua infinita misericórdia e por me sustentar em todos os momentos, sobretudo ao longo deste curso desafiador. A Ele dedico toda minha vida!

Agradeço a minha amada esposa, Evellyn Valença, por seu amor, lealdade e companheirismo. Sendo meu porto seguro em todos os momentos, minha melhor amiga e minha grande incentivadora, além de com tanto amor, suportar meus momentos de ausência durante o período de dedicação ao CApA-Of GE.

Agradeço aos meus pais e a minha irmã pela criação, pelo amor e por todo sacrifício realizado para que eu pudesse trilhar caminhos maiores.

Agradeço aos meus orientadores, Capitão-Tenente Kassio e Capitão-Tenente Corriça, pelas orientações e por compartilharem comigo conhecimentos valiosos para este trabalho.

Agradeço ao professor Carlos Alberto, diretor de competitividade da SIATT, pela entrevista que enriqueceu significativamente este estudo, e a Dra. Júlia Guimarães por intermediar este encontro.

Por fim, agradeço aos colegas da Turma Almirante Sabóia, que desde 2012 caminham ao meu lado nesta honrosa carreira, em especial aos Primeiros-Tenentes Alex Ramos, William Sabóia, Everton, Diego Martins que dividiram comigo os desafiadores momentos no CApA-Of GE.

“A suprema arte da guerra é subjugar o
inimigo sem lutar.”
(Sun Tzu)

Resumo do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao CIAA/MB como requisito parcial para a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado para Oficiais da Armada

TECNOLOGIA DE MÍSSEIS ANTIRRADIAÇÃO: uma análise técnico-operacional e da viabilidade de emprego na Marinha do Brasil

Lennon de Souza Valença

Novembro/ 2025

Orientadores: CT Kassio Barbosa Mendes de Oliveira
CT José Victor de Pina Corriça

Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica

O presente trabalho realiza uma análise sobre a possibilidade de emprego de mísseis antirradiação (ARM) na Marinha do Brasil (MB). É fato que a crescente relevância da Guerra Eletrônica (GE) nos conflitos modernos é uma realidade, e com isso a busca pela supremacia no espectro eletromagnético se torna cada vez mais um fator decisivo nos conflitos armados. A pesquisa busca abordar uma lacuna na literatura nacional que, historicamente, concentra as discussões sobre o tema na Força Aérea Brasileira (FAB), explorando as capacidades da MB e buscando uma via acessível para o desenvolvimento e emprego dos ARMs. Para tanto, utiliza-se a revisão da literatura e o referencial teórico para delinear os conceitos de GE e dos ARMs, com destaque para os projetos nacionais do MAR-1. Adicionalmente, é apresentado o projeto do Míssil Antinavio de Superfície (MANSUP), e avaliado como um caminho para a proposta principal do trabalho. De forma complementar, é analisada parte do contexto geopolítico em que o Brasil está inserido, de modo a ratificar a necessidade de o país possuir este armamento, usando como exemplo a modernização da defesa antiaérea da Venezuela, que pode representar um desafio para o país. Conclui-se que o emprego de ARMs na MB é viável, de forma que a proposta final do trabalho seja adaptar o projeto do MANSUP para uma versão antirradiação.

Palavras-chave: Guerra eletrônica. MANSUP. MAR-1. Medidas de ataque eletrônico. Míssil antirradiação.

Abstract of the Undergraduate Final Work presented to CIAA/MB as a partial fulfillment of the requirements for the conclusion of the Advanced Improvement Course for Navy Officers

ANTI-RADIATION MISSILE TECHNOLOGY: a technical-operational analysis and the feasibility of employment in the Brazilian Navy

Lennon de Souza Valença

November/ 2025

Advisors: CT Kassio Barbosa Mendes de Oliveira
CT José Victor de Pina Corriça

Advanced Improvement Course in Electronic Warfare

The present work conducts an analysis on the possibility of employing anti-radiation missiles (ARM) in the Brazilian Navy (MB). It is a fact that the growing relevance of Electronic Warfare (EW) in modern conflicts is a reality, and, consequently, the pursuit of supremacy in the electromagnetic spectrum is increasingly becoming a decisive factor in armed conflicts. The research seeks to address a gap in the national literature that has historically concentrated discussions on the subject within the Brazilian Air Force (FAB), by exploring the capabilities of the MB and seeking an accessible path for the development and employment of ARMs. To this end, a literature review and theoretical framework are used to outline the concepts of EW and ARMs, with emphasis on the national MAR-1 project. Additionally, the Surface Anti-Ship Missile (MANSUP) project is presented and evaluated as a path toward the main proposal of this work. Complementarily, part of the geopolitical context in which Brazil is inserted is analyzed, in order to confirm the need for the country to possess this type of weaponry, using as an example the modernization of Venezuela's anti-aircraft defense, which may represent a challenge for Brazil. It is concluded that the employment of ARMs in the MB is feasible, so that the final proposal of this work is to adapt the MANSUP project into an anti-radiation version.

Keywords: Electronic warfare. MANSUP. MAR-1. Electronic attack measures. Anti-radiation missile.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Medidas de Guerra Eletrônica.....	18
Figura 2 – Divisão das MPE.....	20
Figura 3 – Protótipo XASM-N-8.....	22
Figura 4 – Características estruturais do MAR-1	27
Figura 5 – Subsistemas do MAR-1.....	27
Figura 6 – Autodiretor (<i>Seeker</i>).....	28
Figura 7 – Computador principal.....	29
Figura 8 – Espoleta de Proximidade.....	29
Figura 9 – Cabeça de Guerra	30
Figura 10 – <i>Booster</i>	30
Figura 11 – Motor principal.....	31
Figura 12 – Atuador.....	31
Figura 13 – Exemplo de alvo primário e secundário.....	32
Figura 14 – Exemplo de trajetória do míssil.....	33
Figura 15 – Planejador de Missão	33
Figura 16 –Radar JYL-1 3D	37
Figura 17 – Baterias antiaéreas venezuelanas	37
Figura 18 – Cobertura Integrada JYL-1 3D e S-300VM.....	38
Figura 19 – Lançamento MANSUP	39
Figura 20 – Motores do MANSUP	40
Figura 21 – Modelo MANSUP-ER	40
Figura 22 – Família de mísseis	42
Figura 23 – Lançamento pelo Sistema Astros	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do míssil ASM-N-8	23
Tabela 2 - Tabela comparativa MANSUP	42

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ARM	<i>Anti-Radiation Missile</i> – Missil Antirradiação
CTA	Centro Técnico Aeroespacial
CODAI	<i>Comando para la Defensa Aeroespacial Integral</i> – Comando Para a Defesa Aeroespacial Integral
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
DF	<i>Direction-Finding</i> – Determinação de Direção
EB	Exército Brasileiro
EUA	Estados Unidos da América
FAB	Força Aérea Brasileira
GE	Guerra Eletrônica
HTS	<i>Harm Targeting System</i> – Sistema de Direcionamento Harm
MAE	Medidas de Ataque Eletrônico
MAGE	Medidas de Apoio a Guerra Eletrônica
MANSUP	Míssil Antinavio Nacional de Superfície
MB	Marinha do Brasil
MPE	Medidas de Proteção Eletrônica
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
RETRON	Reconhecimento Eletrônico
SEAD	<i>Suppression of Enemy Air Defenses</i> – Supressão das Defesas Aéreas Inimigas
UNASUL	União de Nações Sul-Americanas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Apresentação do Problema	14
1.2 Justificativa e Relevância	14
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo Geral	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
 2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 Fundamentação Teórica sobre Guerra Eletrônica e Mísseis Antirradiação	15
2.2 O Desenvolvimento de Mísseis no Brasil: MAR-1 e MANSUP	16
2.3 Referenciais Metodológicos e Teóricos	17
 3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 Conceitos Iniciais sobre Guerra Eletrônica	18
3.2 Medidas de Ataque Eletrônico	19
3.3 Míssil Antirradiação.....	21
3.3.1 Breve Histórico.....	22
3.4 Míssil MAR-1	25
3.4.1 Breve Histórico.....	25
3.4.2 Informações Gerais.....	26
3.4.3 Características Físicas.....	27
3.4.4 Subsistemas	27
3.4.4.1 Autodiretor.....	28
3.4.4.2 Computador Principal (Computador de Bordo)	28
3.4.4.3 Espoleta de Proximidade	29
3.4.4.4 Cabeça de Guerra (Cabeça de Combate).....	29
3.4.4.5 Motor de Aceleração (<i>Booster</i>)	30
3.4.4.6 Motor Principal.....	30
3.4.4.7 Atuador	31
3.4.5 Características Operacionais.....	32
3.4.5.1 Modos de Operação	32
3.4.5.2 Modos de Emprego.....	33

4 METODOLOGIA.....	34
4.1 Classificação da Pesquisa.....	34
4.1.1 Quanto aos Fins	34
4.1.2 Quanto aos Meios	34
4.2 Limitações do Método	34
4.3 Coleta e Tratamento de Dados	35
 5 EMPREGO DO MÍSSIL ANTIRRADIAÇÃO NA MB	 36
5.1 Análise Geopolítica e Estratégica.....	36
5.2 Possibilidades de Emprego na Marinha do Brasil.....	39
5.2.1 Míssil Antinavio Nacional de Superfície (MANSUP)	39
5.2.2 MANSUP Antirradiação.....	41
5.2.2.1 Avaliação de Cenários para Emprego do MANSUP Antirradiação na MB.....	42
 6 CONCLUSÃO.....	 45
6.1 Considerações Finais	45
6.2 Sugestões para futuros trabalhos	46
 REFERÊNCIAS.....	 47
APÊNDICE A - Entrevista com o Prof. Carlos Alberto de Paiva Carvalho.....	50
ANEXO A - Documento de Negativa do Governo Americano	54

1 INTRODUÇÃO

A era contemporânea atingiu um nível em que a onipresença e a aceleração do desenvolvimento tecnológico são realidades evidentes aos olhos de qualquer observador. O ambiente de conflitos armados é moldado pelas tecnologias disponíveis, cujas evoluções acompanham o desenvolvimento técnico-científico atual. Toma-se como exemplo a guerra Rússia-Ucrânia, na qual o combate aproximado tem diminuído, cedendo espaço a ataques remotos e de longa distância.

Uma importante área de conhecimento da guerra é a vertente conhecida como Guerra Eletrônica (GE), tema que começou a ganhar notoriedade durante e após a Segunda Guerra Mundial, devido à evolução tecnológica nas áreas de detecção e comunicações. Como o desenvolvimento tecnológico é contínuo, constata-se o protagonismo dessa vertente da guerra nas operações militares dos dias atuais (Neto, 2017).

Este trabalho aborda uma Medida de Ataque Eletrônico (MAE), área integrante da GE, que é o emprego de míssil antirradiação (*anti-radiation missile* – ARM). É importante destacar que a capacidade de utilização de mísseis sempre foi um fator preponderante na definição de conflitos, devido ao seu poder tático-operacional. Os mísseis podem ser classificados como táticos ou estratégicos. Os estratégicos possuem longo alcance, variando de centenas a milhares de quilômetros, como os mísseis balísticos, enquanto os táticos apresentam curto ou médio alcance e têm como objetivo principal o ataque a alvos de nível tático, é o caso dos ARMs e dos mísseis antinavio (Silva, 1992).

Os ARMs são vetores capazes de destruir emissores de radiofrequência, como, por exemplo, radares e sistemas de comunicações. Esses são reconhecidamente armamentos muito eficientes na destruição de radares de defesa antiaérea. Este processo pode ser chamado de SEAD (*Suppression of Enemy Air Defenses* – Supressão das Defesas Aéreas Inimigas), que consiste em uma operação militar voltada para neutralizar, degradar ou destruir os sistemas de defesa aérea inimigos (Santos, 2020).

Dessa forma, este trabalho delimita-se a um estudo, estruturado em seis capítulos, que se inicia nos conceitos fundamentais de GE e MAE, nas características da tecnologia de ARMs, com ênfase no míssil antirradiação nacional MAR-1, na utilização desse tipo de tecnologia nos principais conflitos e na análise da viabilidade do emprego deste armamento nos meios operativos da Marinha do Brasil (MB).

1.1 Apresentação do Problema

A tecnologia de mísseis antirradiação é uma capacidade que o Brasil não possui em utilização operacional e é um tema pouco abordado no país, como evidencia a escassez de trabalhos acadêmicos em português sobre o assunto. Essa lacuna de conhecimento representa um problema doutrinário, na área de defesa, em comparação com as nações detentoras desse armamento.

1.2 Justificativa e Relevância

No contexto global, os ARMs são, em sua maioria, lançados por aeronaves de combate devido à sua capacidade de realizar ataques seguidos de manobras evasivas. Diante desse padrão de emprego operacional, quando essa tecnologia é abordada no Brasil, geralmente é analisada sob a ótica do seu emprego pela Força Aérea Brasileira (FAB). Assim, este trabalho é relevante por propor o emprego de ARMs pela MB, considerando plataformas de lançamento distintas das aeronaves, visando adequar-se às capacidades da força naval brasileira.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Utilizando como base a importância das medidas de guerra eletrônica atualmente, as capacidades da força naval e os objetivos estratégicos nacionais, este trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise técnico-operacional do emprego de mísseis antirradiação pela MB.

1.3.2 Objetivos Específicos

Apresentar os fundamentos técnicos e operacionais da tecnologia de ARMs; analisar suas características com base no único ARM desenvolvido no Brasil (MAR-1), bem como estudar o histórico de utilização desta arma na sociedade moderna, e por fim, avaliar a possibilidade de utilização deste míssil pela MB.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Na realização deste trabalho, buscou-se analisar literatura relacionada à tecnologia de ARM e temas afins. O material estudado mostra com clareza a complexidade do assunto, principalmente nos aspectos técnicos, doutrinários, operacionais e estratégicos. Isto se evidencia na escassez de trabalhos nacionais e no pouco aprofundamento dos artigos internacionais. No entanto, as referências bibliográficas utilizadas nesta pesquisa norteiam adequadamente a linha de ideias a serem apresentadas.

2.1 Fundamentação Teórica sobre Guerra Eletrônica e Mísseis Antirradiação

De acordo com Santos (2020), os ARMs são armamentos que visam neutralizar as defesas inimigas atingindo suas fontes emissoras de radiofrequência, sendo especialmente eficazes em cenários de supressão de SEAD. O autor também apresenta o míssil MAR-1, primeiro e único míssil antirradiação desenvolvido em território nacional, que será estudado com maior profundidade ao longo do trabalho.

Para analisar a importância estratégica dos ARMs, Czeszejko (2013), aborda os fatores que devem ser considerados pelos projetistas de radares terrestres de defesa antiaérea para garantir sua operação no campo de batalha moderno. O surgimento e a evolução histórica dessa tecnologia é apresentada por Parsch (2007), que detalha o primeiro projeto de míssil antirradiação, o ASM-N-8 Corvus, iniciado em abril de 1955, pela marinha dos Estados Unidos da América (EUA).

Para a preservação da soberania de uma nação, é fundamental a existência de uma base industrial forte e inovadora, ideia essa defendida por Silva (1992), que apresenta o desenvolvimento de mísseis como um importante projeto de interesse nacional. Essa ideia está interligada a documentos militares como o Manual de Campanha do Exército Brasileiro (Exército Brasileiro, 2017) que organiza as bases de defesa antiaérea no Brasil, destacando que a GE deve ser integrada às ações defensivas para neutralização de ameaças aéreas. Da mesma forma o manual GE-201 – Medidas de Guerra Eletrônica – Medidas de Ataque Eletrônico (Marinha do Brasil, 2023) detalha todo o panorama técnico-operacional da utilização do espectro eletromagnético em cenários de conflito, além de apresentar, os conceitos básicos das medidas de ataque eletrônico, e principalmente a classificação dos ARMs como uma MAE destrutiva.

Em sua tese, Vieira (2023), desenvolve o projeto, a construção e a caracterização de um sistema DF (*Direction-Finding*) para estimativa de direção de chegada e polarização de um sinal de radiofrequência, instalado em uma estrutura metálica

cilíndrica, simulando o autodiretor de um míssil antirradiação, mostrando que as pesquisas também avançam no aperfeiçoamento dos ARMs.

2.2 O Desenvolvimento de Mísseis no Brasil: MAR-1 e MANSUP

A busca pela autonomia tecnológica em defesa impulsionou o Brasil a desenvolver o míssil antirradiação ar-superfície MAR-1, que tinha por objetivo equipar as aeronaves A-1 da FAB, conforme relata Galante (2019). Aspectos técnicos do armamento, como sensores, perfil de voo e arquitetura de guiagem, além dos conceitos de emprego tático estão contidos, principalmente, nos documentos Carvalho (2013) e Mectron (2013). Esses materiais foram fornecidos pelo professor Carlos Alberto, diretor de competitividade da SIATT e participante do projeto do MAR-1. Em 2012, o relatório anual do Instituto de Aeronáutica e Espaço (2012) destacou o teste em voo do míssil como um marco importante, durante a Operação Morcego, na qual o míssil MAR-1 foi lançado a partir de uma aeronave A-1 da FAB.

Para basear a proposta do trabalho, é importante abordar um dos principais produtos de defesa do Brasil, o Míssil Antinavio de Superfície (MANSUP), coordenado pela MB e que é, segundo Martini (2022), um importante projeto que visa fortalecer a capacidade dissuasória do país. Barros (2025) apresenta a parceria trilateral entre Brasil, Emirados Árabes Unidos e Turquia para o desenvolvimento do míssil MANSUP e MANSUP-ER, onde a empresa brasileira SIATT ficou responsável pela integração dos sistemas e pela montagem final do míssil. Já a Redação Forças de Defesa (2025), indicam que o MANSUP servirá para equipar as Fragatas Classe Tamandaré e que o MANSUP-ER, versão de longo alcance, representa um aprimoramento no desempenho e na confiabilidade do míssil.

Nesse contexto, um importante estudo apresentado por Netto (2020), analisa a viabilidade de empregar o MANSUP em plataformas terrestres para complementar a defesa litorânea brasileira. O autor aborda a importância estratégica da costa brasileira, destacando a “Amazônia Azul”, cuja defesa constitui uma missão desafiadora para a MB. Por meio de revisão bibliográfica e de entrevista com o diretor da SIATT, empresa responsável pelo desenvolvimento do míssil, o estudo conclui que é tecnicamente possível adaptar o MANSUP para ser lançado a partir de veículos terrestres, como a viatura lançadora Astros. E como resultado desse estudo, a Revista Força Aérea (2025) relata o teste realizado em dezembro de 2024 com o lançamento do MANSUP a partir de uma plataforma terrestre. Após este evento inédito, a empresa desenvolvedora do míssil, a SIATT, anunciou que o armamento está pronto para ser integrado e utilizado nas

operações de defesa do litoral, o que representa um passo significativo para a segurança nacional.

2.3 Referenciais Metodológicos e Teóricos

Para a elaboração deste trabalho, a base metodológica e teórica foi construída a partir de autores clássicos da pesquisa acadêmica. Gil (2008) apresenta as etapas da pesquisa, abordando desde conceitos fundamentais até a formulação de problemas e a construção de hipóteses. O autor destaca que os levantamentos constituem a modalidade de pesquisa mais difundida nas ciências sociais, além de detalhar diversas técnicas de coleta e análise de dados, como a amostragem, a observação, a entrevista e o uso de documentos.

Complementando essa abordagem, Lakatos e Marconi (2003) apresenta diretrizes para a elaboração de trabalhos acadêmicos e científicos, fornecendo uma estrutura metodológica clara desde o planejamento até a execução. Já Richardson (1999), em sua obra, contribui com um guia prático para a pesquisa que se destaca por não se limitar à pesquisa quantitativa, dedicando atenção especial aos métodos qualitativos, como a análise de conteúdo, a entrevista e a pesquisa histórica.

Além dos fundamentos metodológicos, a perspectiva teórica da geopolítica também é relevante para a discussão. Em sua monografia, Silva (2015) analisa o papel do Brasil como um potencial líder regional na América do Sul, abordando o surgimento da geopolítica e o papel de organismos de cooperação regional, como a União de Nações Sul-Americanas (UNASUL). O autor argumenta que o Brasil possui grande potencial para atuar como uma potência regional, mediando conflitos e promovendo a paz. Nesse contexto, Santana (2023) aborda a modernização e as capacidades militares da Venezuela, destacando que o país possui o sistema de defesa antiaérea mais moderno da América Latina. O fato demonstra que o Brasil não está sozinho na disputa pelo protagonismo geopolítico regional.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo apresentar o referencial teórico que fundamenta este estudo, abordando conceitos relacionados à GE e à tecnologia de ARM.

3.1 Conceitos iniciais sobre Guerra Eletrônica

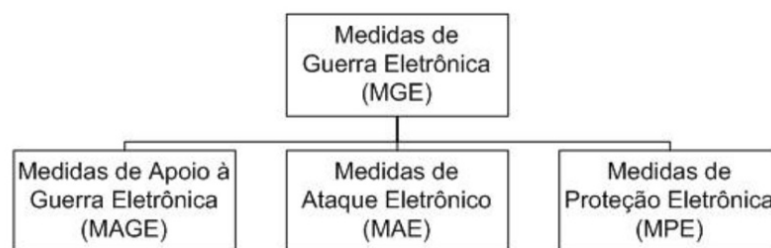
Ao buscar conceituar a Guerra Eletrônica, verifica-se que ela constitui um conjunto de ações militares em que se utiliza o espectro eletromagnético com o objetivo de atacar ou de se defender de um oponente. Essas medidas são conduzidas para apoiar, proteger e, quando necessário, negar o uso pleno desse espectro pelas forças adversárias, englobando atividades ofensivas e defensivas (Marinha do Brasil, 2023).

A GE teve seu ponto de partida nas descobertas de James Clerk Maxwell e os experimentos de Heinrich Hertz, que estabeleceram as bases do eletromagnetismo e da propagação de ondas de rádio. Nos conflitos armados, a utilização da energia eletromagnética começou a ganhar relevância no início do século XX, com destaque para a Batalha de Tsushima (1905), durante a guerra russo-japonesa, quando foram empregadas ações rudimentares de interferência em comunicações pelos navios russos, de modo a obstruir o contato entre a frota japonesa (Marinha do Brasil, 2023).

Pouco tempo depois, na Primeira Guerra Mundial, as interferências em sistemas de comunicações se tornaram frequentes, porém, foi na Segunda Guerra Mundial que ocorreu a consolidação da GE como um ator fundamental das operações militares modernas. Durante esse período, a introdução do radar e o consequente desenvolvimento de contramedidas eletrônicas marcaram o início da chamada "Batalha dos Feixes de Energia", caracterizada pelo emprego de medidas e contramedidas para assegurar a supremacia no espectro eletromagnético (Marinha do Brasil, 2023).

As medidas de GE podem ser subdivididas em três grandes áreas, como pode ser visto na Figura 1:

Figura 1 – Medidas de guerra eletrônica.



Fonte: Marinha do Brasil (2023).

- **Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE):** são responsáveis pela garantia da consciência situacional momentânea do ambiente eletromagnético, voltadas para a busca, interceptação, identificação e localização de fontes de emissões eletromagnéticas, permitindo o fornecimento de dados essenciais para ações ofensivas e defensivas (Marinha do Brasil, 2023).
- **Medidas de Ataque Eletrônico (MAE):** ações destinadas a degradar, neutralizar ou destruir a capacidade de combate do inimigo por meio do uso do espectro eletromagnético, podendo ser destrutivas (*hard kill*) ou não destrutivas (*soft kill*) (Marinha do Brasil, 2023).
- **Medidas de Proteção Eletrônica (MPE):** técnicas e procedimentos destinados a proteger o pessoal, as instalações e os equipamentos próprios contra os efeitos do emprego, por forças amigas ou inimigas, do espectro eletromagnético (Marinha do Brasil, 2023).

A GE é dinâmica e muito sensível à inovação tecnológica. Conflitos recentes, como a Guerra do Golfo (1991), a guerra Rússia-Ucrânia (2022-) e o conflito entre Israel e Irã (2025), demonstram que a capacidade de explorar, proteger e negar o espectro eletromagnético é decisiva para o sucesso das operações. Além disso, a crescente integração entre guerra cibernética e guerra eletrônica aponta para um cenário híbrido, em que redes de computadores, sistemas de comunicação sem fio e sensores táticos atuam de forma interdependente no campo de batalha (Neto, 2017).

Assim, a GE não se limita a um papel de apoio; mas atua como elemento central no planejamento e execução das operações, influenciando diretamente a capacidade de comando e controle, a eficácia dos sistemas de armas e a sobrevivência das plataformas navais, aéreas e terrestres (Marinha do Brasil, 2023)

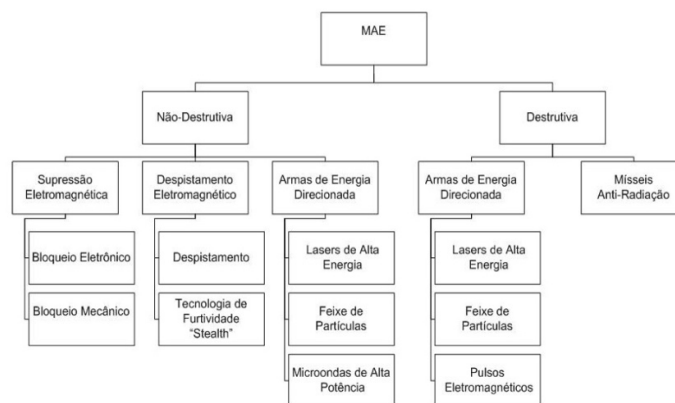
3.2 Medidas de Ataque Eletrônico

Os ARMs são considerados uma Medida de Ataque Eletrônico; compreender o papel desta área dentro da GE é fundamental para um melhor entendimento do míssil estudado. As MAE constituem um conjunto de ações ofensivas no âmbito da GE, voltadas para impedir ou reduzir o uso efetivo do espectro eletromagnético pelo inimigo e, também, para degradar, neutralizar ou destruir sua capacidade de combate por meio de armamentos e equipamentos que utilizem esse espectro. Tais medidas podem ser de natureza não destrutiva ou destrutiva, e o sucesso da sua utilização depende de um

planejamento de qualidade, com base nas informações obtidas via MAGE (Marinha do Brasil, 2023).

O manual elaborado pelo Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha divide as MAE em duas categorias, conforme ilustrado na Figura 2. A primeira corresponde às não-destrutivas, que fazem o uso ativo ou passivo do espectro eletromagnético para atacar o seu oponente sem causar danos físicos. São elas: Armas de Energia Direcionada, Despistamento Eletromagnético e Supressão Eletromagnética. A segunda corresponde às destrutivas, que são as medidas capazes de causar danos físicos aos sistemas adversários e é nesse ramo que se enquadram os ARMs, tema central deste trabalho, além de outras armas.

Figura 2 – Divisão das MAE.



Fonte: Marinha do Brasil (2023).

Com relação aos fatores determinantes da efetividade de sistemas de MAE, Marinha do Brasil (2023, p. 1-4) destaca:

A eficácia do sistema de MAE, em grande parte, provém de um planejamento adequado e que envolva informações estratégicas, táticas e técnicas obtidas através de RETRON, meteorologia, publicações táticas e MAGE. Dentre os aspectos importantes a serem considerados, estão os tipos dos equipamentos inimigos, suas características e modos de operação, suas táticas, procedimentos, deficiências e vulnerabilidade, dados esses que devem ser mantidos permanentemente atualizados.

Com isso é fundamental o conhecimento pleno da capacidade de MAE da própria Força e da capacidade do inimigo, capaz de ser percebida, para melhor planejar o seu emprego durante uma situação de conflito (Marinha do Brasil, 2023, p. 1-5).

3.3 Míssil Antirradiação

Os mísseis antirradiação são projetados para atacar equipamentos emissores de radiação eletromagnética, como radares e instalações de radiolocalização. Sua principal tarefa é captar ondas emitidas pelo radar inimigo e, por meio de seu autodiretor passivo, determinar o ângulo de chegada do sinal em relação ao eixo do míssil. Diferentes doutrinas militares classificam esses armamentos por alcance. Uma das classificações os divide em mísseis de curto alcance (alcance máximo de 100 km), médio alcance (alcance máximo de 200 km) e longo alcance (acima de 200 km) (Czeszejko, 2013).

A primeira fase da batalha aérea é marcada pela busca da superioridade aérea ou de uma situação aérea favorável, tendo como principais alvos os meios de defesa antiaérea (Exército Brasileiro, 2017). Essa busca por dominância pode ser observada no contexto do conflito entre Israel-Irã (2025), onde a superioridade de Israel no espaço aéreo ficou evidenciada pela ausência de reação da força aérea do Irã após as defesas antiaéreas terem sido neutralizadas (Redação Forças de Defesa, 2025).

Entre os objetivos atribuídos à ameaça aérea atacante, estão os órgãos de controle e alerta do sistema de defesa aeroespacial e os meios de defesa antiaérea. Assim, os radares se tornam alvos prioritários de ARMs na primeira fase da batalha aérea, demonstrando o protagonismo deste armamento em eventuais cenários de conflitos armados (Exército Brasileiro, 2017). Ao realizar esse tipo de missão utilizando aeronaves dotadas de ARMs, é necessário realizar a penetração em território inimigo a baixa altitude para não ser detectado pelos radares de defesa; além disso, os mísseis devem possuir alcance maior do que as baterias de defesa, permitindo que a aeronave lançadora esteja sempre em posição segura.¹

Contudo, para utilização de um ARM é preciso um bom planejamento, pois os radares possuem características específicas baseadas na frequência da portadora, taxa de repetição de pulso e largura de pulso. Assim, antes do início da missão, é necessário que se realize a programação do míssil, para que, quando o autodiretor receba as ondas eletromagnéticas, ocorra a classificação do alvo, e posteriormente, o ataque, caso este se enquadre nos parâmetros pré-definidos.¹

¹ Carlos Alberto de Paiva Carvalho, Diretor de Competitividade da SIATT e responsável técnico do Programa de Desenvolvimento do Míssil Antirradiação MAR-1, me concedeu uma entrevista em 23 de abril de 2025, utilizando a plataforma Zoom.

3.3.1 Breve Histórico

O histórico de criação desta tecnologia remonta aos anos de 1955, quando a Marinha norte-americana concebeu o projeto de um míssil ar-superfície de longo alcance, com ogiva nuclear e lançado à distância, de modo que pudesse ser empregado nos bombardeiros embarcados A3J Vigilante e o A-4D *Skyhawk*. Nesse contexto, foi iniciado o projeto ASM-N-8 *Raven*; contudo, no mesmo ano surgiu o projeto para ARM *Corvus*, que foi redefinido para atender aos requisitos do *Raven*. Com isso, firmou-se um novo contrato para o desenvolvimento do ASM-N-8 *Corvus*, mostrado na Figura 3, tendo sido realizado o primeiro teste em 1959 com o protótipo XASM-N-8 (Parsch, 2007).

Figura 3 – Protótipo XASM-N-8.



Fonte: Parsch (2007).

Como o *Corvus* foi projetado principalmente para ser um ARM, ele possuía um autodiretor passivo no nariz do míssil. Com relação à propulsão, possuía um motor-foguete de propelente líquido pré-embalado e para uma melhor aerodinâmica, era composto por asas em delta e estabilizadores cruciformes na cauda. Já no aspecto de alcance, seu projeto previa um alcance de 315 quilômetros quando lançado em grande altitude, além de ser armado com uma ogiva nuclear leve. Porém, em 1960 o *Corvus* foi encerrado, antes de entrar em utilização, motivado pela transferência do projeto para a Força Aérea dos EUA, que considerava o armamento desnecessário para os projetos americanos (Parsch, 2007).

Na Tabela 1 é observado as características desse míssil pioneiro.

Tabela 1 – Especificações do míssil ASM-N-8 Corvus.

Característica	Descrição
Comprimento	4,88 m (16 pés)
Envergadura	1,52 m (5 pés)
Diâmetro	48 cm (19 pol)
Peso	790 kg (1.750 lb)
Velocidade	Mach 3,75
Teto operacional	15.200 m (50.000 pés)
Alcance	315 km (170 milhas náuticas)
Propulsão	Foguete de propelente líquido Thiokol; 4,4 kN (1.000 lb)
Ogiva	Nuclear de fissão W-40 (10 quilotons)

Fonte: Adaptado de Parsch (2007).

Já no início da década de 1960, a empresa americana *Texas Instruments* produziu o míssil antirradiação AGM-45 *Shrike*, que foi o pioneiro entre os ARMs efetivamente empregados em conflitos. Por ser o primeiro, apresentou muitas limitações e, já no final da década de 1960, os EUA perceberam a necessidade de aperfeiçoar a tecnologia antirradar existente (Santos, 2020).

Segundo Gupta *et al.* (2024), o desenvolvimento desta nova tecnologia passou por três gerações. A primeira teve como principal representante o míssil AGM-45 *Shrike*, dos EUA, utilizado na Guerra do Vietnã, porém, apresentando grandes limitações por causa da utilização de faixa estreita de frequências do autodiretor passivo, que causava grande suscetibilidade a interferências, baixa sensibilidade do receptor e, com isso, resultava em pouca efetividade.

Já a segunda geração, bem representada pelo míssil norte-americano AGM-78, apresentou um desempenho melhor devido à ampliação das bandas de frequências do radar, ao aumento da largura de banda do autodiretor, à maior sensibilidade no receptor, além de conseguir se orientar também pelos lóbulos laterais do radar. Essa geração começou a apresentar a capacidade de memória do alvo, na qual o míssil conseguia atingir o inimigo mesmo diante da tática de desligamento temporário do radar alvo, desde que este tivesse sido detectado antes do desligamento (Gupta *et al.*, 2024).

A terceira geração surgiu após o aprimoramento de todos os aspectos dos ARMs, abrangendo todas as bandas de frequências de radar (L a Ku), alta velocidade e com mísseis com mais de um modo de orientação, além de maior alcance e ogivas mais potentes. O melhor exemplo é o míssil AGM-88E utilizado pelos EUA, incluindo as suas variantes, dotado de um autodiretor passivo e com radar ativo em ondas milimétricas, que é utilizado na orientação final da navegação do míssil (Gupta *et al.*, 2024).

Na era moderna, os ARMs foram empregados nos principais conflitos armados. Em 1973, na Guerra Árabe-Israelense, também conhecida como Guerra do *Yom Kippur*, foram utilizados ARMs da primeira geração. Os mísseis fabricados na década de 1970 começaram a ser empregados na Guerra Irã-Iraque, nos anos de 1980-1988, onde as aeronaves iraquianas tinham como principal objetivo realizar a SEAD contra os radares dos sistemas iranianos *HAWK*. Já os fabricados na década de 1980, especialmente o míssil norte-americano AGM-88A *Harm*, foram umas das principais armas durante operação “*El Dorado Canyon*”, quando os EUA atacaram os radares lançadores de foguetes do sistema de defesa aéreo da Líbia (Vieira, 2023).

No entanto, o protagonismo desta tecnologia não se limitou aos ARMs norte-americanos do modelo AGM, pois na década de 1990 surgiu o míssil britânico *ALARM*, que tem como diferencial um sistema de paraquedas integrado. Nele o míssil atinge grande altitude dentro da zona inimiga, realiza a procura pelo emissor de radiofrequência do oponente, e após encontrado, mergulha em direção ao alvo. Porém, se nada for detectado, o seu motor é desligado, o paraquedas acionado e o míssil inicia a descida em velocidade baixa, enquanto retoma a busca pelo alvo. Após a detecção, o paraquedas se desprende e o míssil segue em direção ao alvo. Destaca-se que este ARM foi empregado pela primeira vez na Guerra do Golfo (1990-1991), quando foi utilizado para destruir o sistema de defesa aérea do Iraque (Vieira, 2023).

A partir da Guerra do Golfo, o processo de modernização continuou ocorrendo e um marco importante foi a utilização do subsistema *Harm Targeting System* (HTS), nas aeronaves F-16 da Força Aérea americana, que faz parte do sistema de orientação e que combate as fontes de emissão eletromagnética do inimigo, atuando basicamente como um sistema de localização e rastreamento de emissores. Com receptores de navegação por satélite, como GPS e com elementos do sistema de transmissão de dados Link-16, a chegada dessa tecnologia proporcionou maior precisão em cenários complexos, principalmente em áreas saturadas com sistemas antiaéreos (Czeszejko, 2013).

Em 1995, durante a operação da OTAN na península dos Balcãs, foram utilizados os ARM AGM-88 *HARM*, além das aeronaves equipadas com o subsistema HTS. Em 1999, neste mesmo conflito, a Sérvia e o Kosovo foram atacados com os ARMs *ALARM*, AGM-88B *HARM* e AGM-88C, porém eles não causaram grandes danos às forças de defesa antiaérea iugoslavas. Esse fato gerou um novo impulso no aprimoramento dos sistemas de navegação (Czeszejko, 2013).

Um grande salto tecnológico no desenvolvimento dos ARMs passou a ser observado já no século XXI, quando os mísseis fabricados pelos americanos, alemães e

israelenses, passaram a conter um equipamento GPS. No caso do míssil ARMIGER (alemão) também foi adicionado um sistema com um sensor infravermelho. Já o americano AGM-88E passou a contar com um radar ativo de ondas milimétricas com um modulador Doppler, que permite atacar tanto alvos fixos quanto os alvos móveis. Além disso, o AGM-88E é capaz de trocar informações via rádio que atualiza os dados no radar do míssil com informações do radar alvo (Vieira, 2023).

3.4 Míssil MAR-1

Esta seção aborda o míssil brasileiro MAR-1, destacando seu histórico, suas características físicas e seus modos de operação e emprego.

3.4.1 Breve Histórico

Segundo relato da entrevista com o professor Carlos Alberto, na década de 1990, os EUA utilizaram mais de uma centena de ARMs contra o Iraque, destruindo praticamente toda artilharia antiaérea do país e, depois disso, obtiveram supremacia absoluta no céu. Então, foi observado que a utilização de ARMs em um conflito armado poderá ser um diferencial para alcançar o êxito durante os combates. Diante disso, a FAB avaliou empregar um míssil desse tipo era importante e solicitou que se iniciasse estudos para o projeto do primeiro ARM nacional, que será capaz de destruir fontes emissoras de ondas eletromagnéticas, como, por exemplo, os radares¹.

Em 1998 iniciou-se o projeto do MAR-1, cujo objetivo era desenvolver um míssil tático de médio alcance, com guiamento passivo e que fosse destinado a atacar alvos em solo. Este projeto foi capitaneado pela empresa Mectron em parceria com o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) (Vieira, 2023). No ano de 1999, ao tentar realizar a compra de componentes para o projeto em uma empresa americana, o governo dos EUA embargou a negociação, sob a justificativa de que o fato do Brasil ser capaz de produzir um ARM ia contra os interesses americanos para a América Latina¹, conforme documento de recusa do governo dos Estados Unidos, fornecido pelo professor Carlos Alberto, apresentado no ANEXO A.

Os componentes que o governo americano vetou eram antenas espirais e sistemas para o desenvolvimento da cabeça de busca do autodiretor do míssil, sendo fornecido por um fabricante com sede em Las Vegas. Diante desse embargo, o Centro Técnico Aeroespacial (CTA), atual Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), em parceria com a Mectron desenvolveu o módulo de recepção e controle do sistema de busca do míssil e o seu conjunto de antenas (Galante, 2019).

Em 2012, ocorreu a Operação Morcego, que foi dividida em duas fases e tinha como objetivo realizar testes em voo e lançamento do míssil MAR-1 a partir da aeronave A-1 contra um alvo que emitia radiação, simulando um radar (Instituto de Aeronáutica e Espaço, 2012).

Os testes surpreenderam as equipes envolvidas devido à grande precisão, pois, em alguns casos, o míssil impactou diretamente o alvo e, em outros, chegou a explodir quando estava a cinco metros de distância. Com o sucesso do projeto, o MAR-1 despertou interesse do Paquistão, para o qual foi vendido um lote do míssil, e foram realizados diversos testes e integração nos modelos das aeronaves de caça supersônicas *Dassault Mirage V* (Galante, 2019).

Por se tratar de tecnologia militar sensível, os países que possuem ARMs prezam por manter sua soberania tecnológica, impondo barreiras de acesso às informações técnicas. Assim, para fundamentar adequadamente este trabalho e garantir o alcance dos objetivos estabelecidos, fez-se necessária a busca por referências nacionais. Diante dessa necessidade, no dia 26 de abril de 2025 foi realizada uma entrevista, por videoconferência (plataforma Zoom), com o professor Carlos Alberto de Paiva Carvalho, figura de destaque no cenário nacional na área de tecnologias de defesa. Como um dos fundadores da Mectron (1991) – empresa responsável pelo desenvolvimento do míssil antirradiação MAR-1, quando foi responsável técnico do programa – e um dos fundadores da SIATT (2015), Carvalho compartilhou, em seu atual cargo de diretor de competitividade da SIATT, conhecimentos sobre esta tecnologia e sobre o ARM desenvolvido no Brasil, o MAR-1. Por se tratar de assunto sensível, relacionado à defesa nacional, optou-se por apresentar trechos selecionados da entrevista realizada com o professor Carlos Alberto, disponíveis no APÊNDICE A, com a devida autorização do entrevistado para sua utilização neste trabalho.

3.4.2 Informações Gerais

O MAR-1 é considerado um míssil tático ar-superfície, com modo de busca passivo, que não emite nenhum sinal para detectar o alvo, operando apenas pela captação dos sinais eletromagnéticos emitidos pelo alvo. Como todo ARM, seu contexto de atuação é o ambiente de GE, e no caso do MAR-1, sua principal missão é suprimir os radares do sistema de defesa antiaérea inimigo. Esses radares podem ser de vigilância de longa distância até radares de orientação de armas e controle de fogo (Mectron, 2013).

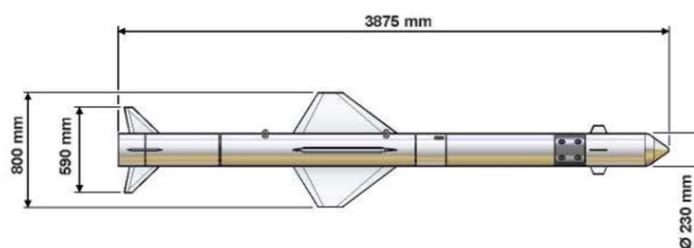
Com o desenvolvimento da GE no ambiente de guerra moderno, o MAR-1 foi concebido para ser capaz de operar sob a ação de contramedidas como agilidade de

frequência, desligamentos temporários e interferência eletromagnética; tais medidas ampliam a capacidade do míssil de sobrepujar eventuais MPE realizadas pelo inimigo. Quanto à sua navegação, esta é controlada por uma plataforma inercial que pode ser assistida por GPS, mediante comando da plataforma lançadora (Mectron, 2013).

3.4.3 Características Físicas

O MAR-1 possui características físicas e subsistemas completamente planejados para atender ao objetivo principal do projeto: ser um míssil ar-superfície antirradar. A Figura 4 ilustra as características físicas do míssil, que possui 3,875 m de comprimento, 23 cm de diâmetro, peso de ogiva de 90 kg e massa total de 282 kg (Mectron, 2013).

Figura 4 – Características estruturais do MAR-1.

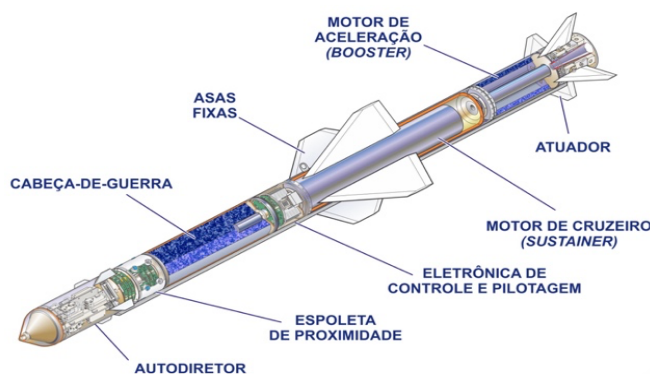


Fonte: Mectron (2013).

3.4.4 Subsistemas

Os principais subsistemas que fazem parte do MAR-1 são: autodiretor, espoleta de proximidade, cabeça de guerra, computador principal onde ocorre a eletrônica de controle e a pilotagem, motor de cruzeiro, motor de aceleração e atuador, como mostrado na Figura 5 (Carvalho, 2013).

Figura 5 – Subsistemas do MAR-1.



Fonte: Mectron (2013).

3.4.4.1 Autodiretor

O autodiretor RF passivo do míssil MAR-1, ilustrado na Figura 6, tem por função detectar e identificar os alvos emissores de ondas eletromagnéticas. De acordo com o professor Carlos Alberto, esse *seeker* trabalha com um interferômetro de amplitude, tipo de sistema que determina a direção de chegada de um sinal eletromagnético, no qual ocorre uma comparação de amplitude dos sinais que as antenas recebem. Como as antenas que apontam para o alvo recebem o sinal com maior intensidade, é realizada a subtração das amplitudes dos sinais das antenas, e essa diferença é uma função do ângulo da linha de visada que se deseja determinar. Destaca-se que um *seeker* RF passivo não garante que o míssil acerte o alvo por impacto direto e, no projeto do MAR-1, a FAB colocou como requisito uma precisão da ordem de 9 metros.¹

Figura 6 – Autodiretor (*Seeker*).

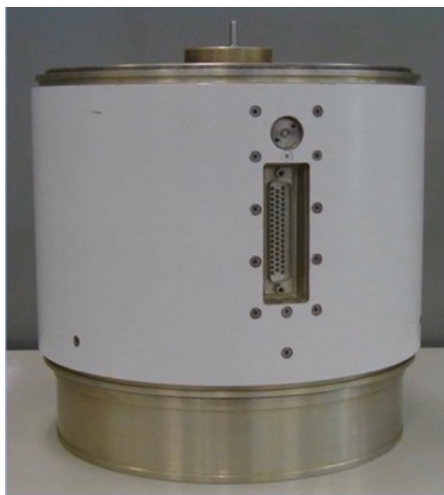


Fonte: Mectron (2013).

3.4.4.2 Computador Principal (Computador de Bordo)

O computador principal, apresentado na Figura 7, desempenha função primordial no funcionamento do míssil. Ele é responsável por realizar os cálculos dos parâmetros de navegação, orientação e plotagem, com base nos sensores de bordo, incluindo a fusão de dados provenientes do autodiretor e do sistema de navegação. Além disso, é ele quem gerencia o barramento de dados interno, controla a sequência de eventos e fornece energia elétrica ao míssil (Mectron, 2013).

Figura 7 – Computador principal.

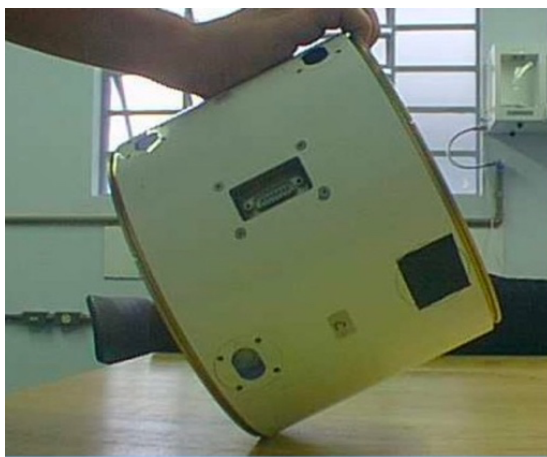


Fonte: Mectron (2013).

3.4.4.3 Espoleta de Proximidade

A espoleta de proximidade, mostrada na Figura 8, tem por função principal detectar a presença do alvo na área ao redor do míssil, dentro do raio letal da cabeça de guerra, permitindo que o míssil seja efetivo mesmo sem contato direto com o alvo (Mectron, 2013).

Figura 8 – Espoleta de Proximidade.



Fonte: Mectron (2013).

3.4.4.4 Cabeça de Guerra (Cabeça de Combate)

Com relação à cabeça de guerra do míssil, sua principal característica é ser do tipo de sobrefragmentação (fragmentação), sendo altamente letal para equipamentos de radar e outras fontes de emissão de rádio, pois maximiza a dispersão de estilhaços. Tem cerca de 90 kg de explosivos e pode ser vista na Figura 9 (Mectron, 2013).

Figura 9 – Cabeça de Guerra.

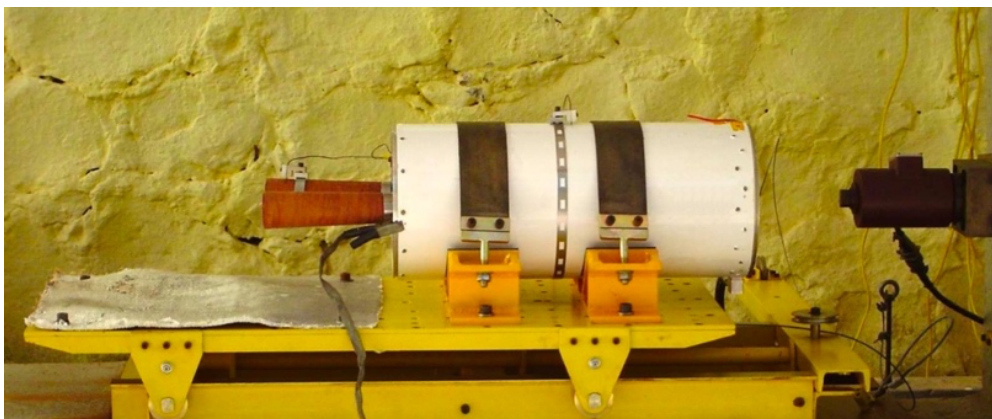


Fonte: Mectron (2013).

3.4.4.5 Motor de Aceleração (*Booster*)

O motor de aceleração, apresentado na Figura 10, é um motor do tipo “queima de cigarro”, que utiliza propelente sólido, na qual a queima progride longitudinalmente, da extremidade inicial à extremidade final do propelente. Esse motor possui um tempo de combustão curto e elevados níveis de empuxo. Funciona basicamente como um acelerador do míssil para alcançar a velocidade de cruzeiro, sendo seu acendimento realizado 0,3 segundos após a separação do lançador (Mectron, 2013).

Figura 10 – Motor de Aceleração.



Fonte: Mectron (2013).

3.4.4.6 Motor Principal

O motor principal do míssil, ou motor de cruzeiro, mostrado na Figura 11, é um motor do tipo “queima de cigarro” de propelente sólido, que, diferentemente do motor de

aceleração, apresenta tempo de queima mais longo e nível de empuxo mais baixo. Sua função principal é manter a velocidade de cruzeiro do míssil até atingir o alvo (Mectron, 2013).

Figura 11 – Motor Principal.

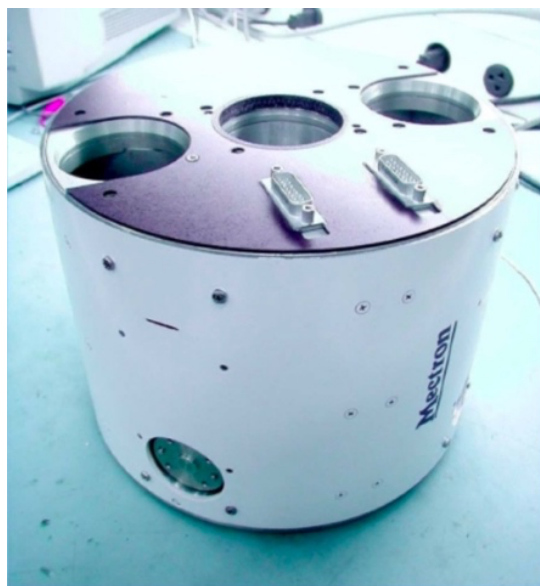


Fonte: Mectron (2013).

3.4.4.7 Atuador

O Atuador, apresentado na Figura 12, é o subsistema responsável por todo controle aerodinâmico executado no míssil MAR-1. Sua composição é de quatro servomotores elétricos independentes (Mectron, 2013).

Figura 12 – Atuador.



Fonte: Mectron (2013).

3.4.5 Características Operacionais

As características operacionais do MAR-1 se dividem em Modos de Operação e Modos de Emprego.

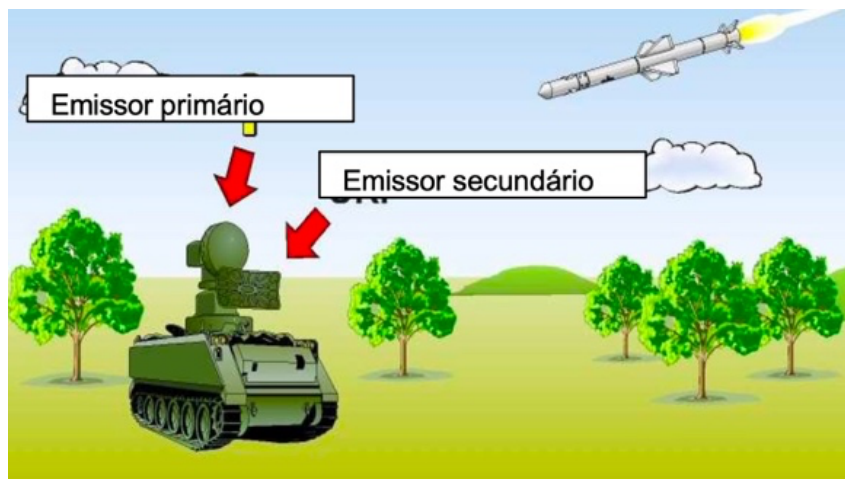
3.4.5.1 Modos de Operação

A operação é dividida em dois modos: Modo de Procura e Modo de Ataque. Diferem quanto ao conhecimento prévio da posição do alvo: no modo de ataque a posição do alvo é conhecida, enquanto no modo de procura é desconhecida (Mectron, 2013).

O ataque com o míssil MAR-1 vai além do momento da identificação do alvo e do disparo; inicia-se com um planejamento que envolve, principalmente, a elaboração, pelo planejador da missão, de uma lista de dados de alvos, na qual contém os tipos de alvos e os locais de destino com as coordenadas. Inicialmente elabora-se uma lista com as frequências centrais nas quais o autodiretor será sintonizado para a busca de alvos. A lista de alvos possui até 100 entradas e, para cada entrada, são definidos os valores mínimos e máximos dos seguintes parâmetros: frequência da portadora, frequência de repetição de pulsos e largura de pulso.¹

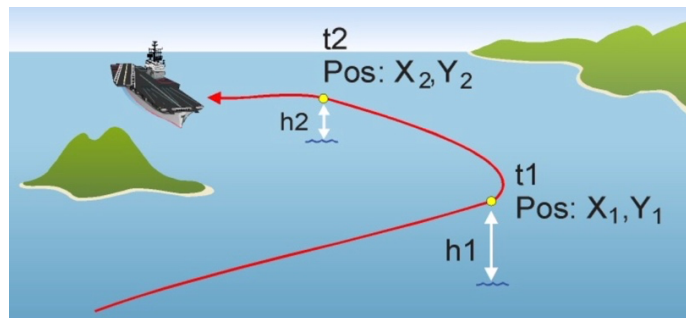
Com essas informações, os alvos são ser definidos como alvo primário, secundário ou amigo. Por exemplo, em um ataque a uma bateria antiaérea são encontrados um radar de vigilância e um radar de rastreio; este último é considerado alvo primário por oferecer maior risco, como ilustrado na Figura 13. Após a classificação do alvo como válido, programam-se os parâmetros para que o míssil busque apenas o alvo primário, apenas o alvo secundário ou ambos. Além disso, emissões desconhecidas ou identificadas como amigas nunca são selecionadas como alvos pelo míssil.¹

Figura 13 – Exemplo de alvos primário e secundário.



A navegação do míssil ocorre com base em pontos intermediários pelos quais ele passa após o lançamento, caso nenhum alvo seja encontrado. Esses pontos intermediários (*waypoints*) são previamente programados e, no caso de não localização do alvo, o míssil mantém o voo para o último *waypoint* definido, e ao final do percurso se autodestrói (Mectron, 2013)

Figura 14 – Exemplo de trajetória do míssil.

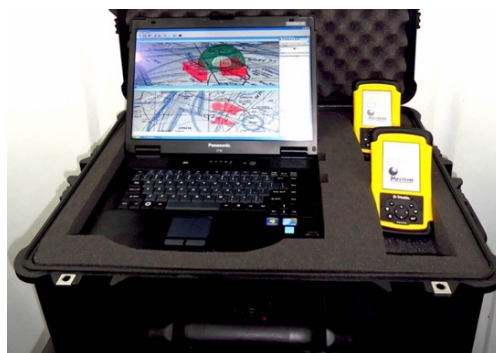


Fonte: Mectron (2013).

3.4.5.2 Modos de Emprego

O MAR-1 possui dois modos de emprego: modo Pré-Programado e modo de Oportunidade. No primeiro, há a possibilidade do modo “Coordenadas Conhecidas com Precisão”, em que se programa a posição do alvo no sistema do míssil; e a possibilidade do modo “Coordenadas Aproximadas”, em que se conhece a região onde está o alvo. No modo Oportunidade, as coordenadas são desconhecidas e é necessário estimar a posição do alvo para que o ataque seja realizado. Para a programação da missão utiliza-se o equipamento denominado planejador de missão, apresentado na Figura 15. Nele é possível, dentre outras funcionalidades, programar o míssil e realizar o planejamento e a simulação da missão sobre mapa tridimensional, incluindo a localização e as características dos alvos, a trajetória da aeronave e a trajetória do míssil.

Figura 15 – Planejador de Missão.



Fonte: Mectron (2013).

4 METODOLOGIA

4.1 Classificação da Pesquisa

O presente trabalho adotou uma metodologia de pesquisa exploratória e descritiva, utilizando pesquisa documental, pesquisa bibliográfica e de campo.

4.1.1 Quanto aos Fins

Diante da necessidade de uma abordagem sistematizada para fundamentar a análise da viabilidade de emprego de ARMs na MB, a pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva. A abordagem exploratória busca proporcionar um maior aprofundamento no objeto de estudo, permitindo uma melhor delimitação do tema e o levantamento das possibilidades. Já a abordagem descritiva visa analisar as características dos mísseis antirradiação, bem como seu emprego e suas implicações para a guerra eletrônica, descrevendo as variáveis envolvidas sem a intenção de manipulá-las (Lakatos e Marconi, 2003).

4.1.2 Quanto aos Meios

Os meios empregados na construção deste estudo consistiram em: pesquisa documental - publicações militares, relatórios técnicos e documentos oficiais; na pesquisa bibliográfica - artigos científicos, documentos institucionais e manuais militares; e pesquisa de campo - entrevista com o responsável técnico do projeto do míssil MAR-1. Essa abordagem permitiu analisar a importância, a evolução histórica e o cenário atual dos mísseis antirradiação, abrangendo suas tecnologias, aplicações e formas de emprego (Gil, 2008).

4.2 Limitações do Método

O estudo apresenta limitações referentes à natureza do tema, por se tratar de um armamento de elevado teor tecnológico e, portanto, diretamente relacionado à defesa nacional dos países detentores. Essa limitação restringe o acesso a informações classificadas ou de acesso restrito, limitando a profundidade da análise, sobretudo no aspecto técnico. Além disso, por se basear essencialmente em dados secundários, a pesquisa está sujeita à disponibilidade e à confiabilidade das fontes. Outro ponto a ser considerado é que a tecnologia evolui rapidamente, o que pode tornar algumas conclusões parciais diante de novos desenvolvimentos (Richardson, 1999).

4.3 Coleta e Tratamento de Dados

A fase de coleta de dados é fundamental para a construção de uma pesquisa sólida e confiável. Realizou-se a análise de artigos acadêmicos disponíveis, trabalhos técnicos militares e documentos oficiais da MB, da FAB e do EB. Também foram consideradas fontes digitais especializadas para a contextualização histórica do programa do míssil nacional MAR-1 e MANSUP. Além disso, a pesquisa de campo consistiu na coleta de dados primários por meio de uma entrevista com o responsável técnico do projeto do MAR-1.

5 EMPREGO DO MÍSSEL ANTIRRADIAÇÃO NA MB

Para avaliar o emprego de ARM pelo Brasil e apresentar eventuais possibilidades de sua aquisição pela MB, faz-se necessário analisar a conjuntura geopolítica na qual o país se insere e suas capacidades atuais de empregar o armamento, mantendo a coerência com a dinâmica estratégica perante outras nações.

5.1 Análise Geopolítica e Estratégica

O Brasil possui um conjunto de características que o diferencia de muitas nações do mundo. Suas capacidades o qualificam como liderança regional na América Latina e como importante ator na geopolítica mundial. Mesmo sendo um país com dimensões continentais, com realidades geográficas, sociais e políticas distintas, o Brasil foi capaz de pacificar processos separatistas e manter a unidade linguística. Este fato é um atributo relevante para um país que pretende se tornar protagonista no cenário geopolítico contemporâneo (Silva, 2015).

Com uma extensa fronteira terrestre, fazendo divisa com dez países, o Brasil não se destaca apenas pela parte em terra, pois também possui uma vasta fronteira marítima que se estende desde a foz do rio Oiapoque, no Norte, até o arroio Chuí, no Sul. A chamada “Amazônia Azul” engloba o mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental, sobre as quais o Brasil exerce soberania quanto à exploração de recursos naturais. Diante disso, nota-se a importância de o país dispor de cada vez mais meios de vigilância, dissuasão e proteção, que vão desde navios de superfície, submarinos e aeronaves de patrulha até sistemas modernos de GE e mísseis especializados, assegurando, assim, a soberania nacional e a defesa de seus interesses estratégicos (Neto, 2017).

De acordo com Santana (2023), ao observar o entorno estratégico brasileiro, e considerando a eventual necessidade de emprego de um ARM, destaca-se a Venezuela, importante ator regional, por possuir uma capacidade de defesa antiaérea superior à da maioria dos países da América Latina. Os meios de defesa antiaérea venezuelanos são subordinados ao *Comando para la Defensa Aeroespacial Integral* (CODAI), cuja missão inclui a execução de ações aeroespaciais defensivas, o controle aéreo permanente e a defesa do espaço geográfico venezuelano, garantindo a integridade, independência e soberania daquele país (Santana, 2023).

O CODAI possui diversos radares que integram a sua parte de detecção, como os modelos NERIET JZ/QF-612, JY-11B e até 22 unidades do moderno CETC JY-27. Além disso, em 2008 foram recebidas 7 unidades do radar tridimensional CETC JYL-1,

fornechos pela China, apresentado na Figura 16, cada um com alcance de 320 quilômetros e ângulo de elevação de 0° a 25°; e em 2010 foram entregues mais 7 unidades desse equipamento (Santana, 2023)

Figura 16 – Radar JYL-1 3D.



Fonte: Santana (2023).

Para complementar o sistema de defesa antiaérea venezuelana, entre 2008 e 2014 foram adquiridas 17 baterias de mísseis superfície-ar, das quais 11 unidades são do modelo *Almaz-Antey* S-125 “*Pechora*”, 3 baterias do sistema S-300VM/VMK “*Antey* 2500”, municiadas com mísseis 9M82M e 9M83M, e mais 3 baterias do sistema *Novator* “*Buk*” M2, armadas com mísseis 9M317. Além das 17 baterias, também foram recebidos mísseis “*Igla-S*”, juntamente com 200 lançadores (Santana, 2023). Na Figura 17 é observado parte das capacidades de defesa da Venezuela.

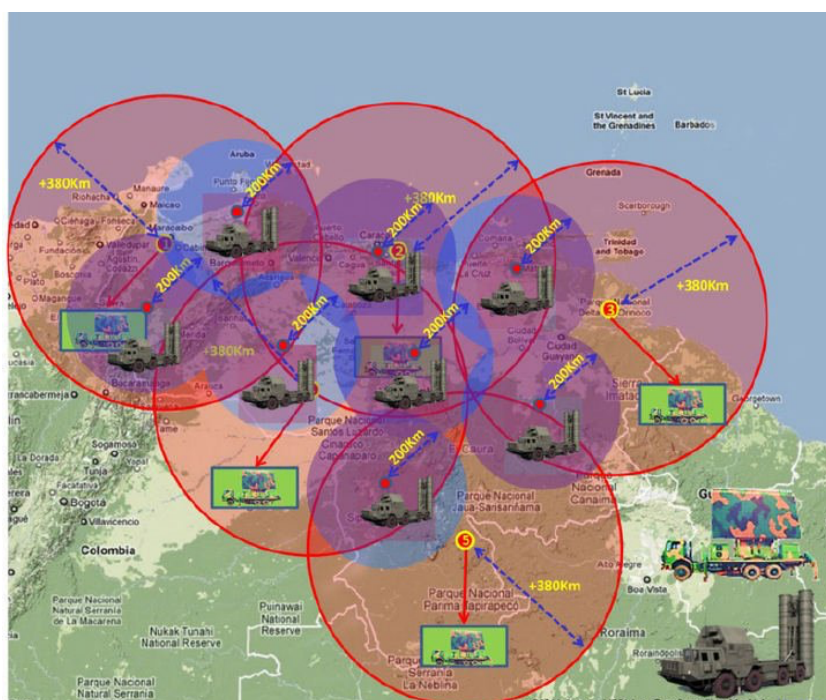
Figura 17 – Baterias antiaéreas venezuelanas.



Fonte: Adaptado de Santana (2023).

Para analisar a possibilidade do Brasil ser impactado pelas capacidades antiaéreas venezuelanas, é suficiente combinar o radar chinês JYL-1 3D com o sistema de mísseis antiaéreos russo S-300VM/VMK, ambos com alcance estimado em 380 km. Ao serem posicionados em pontos estratégicos do país, esses sistemas proporcionam vigilância e detecção antecipada de aeronaves em diferentes altitudes por todo território nacional, ampliando o controle do espaço aéreo e do poder de dissuasão. A ilustração da Figura 18 mostra a cobertura de área dessa eventual combinação, considerando a mobilidade dos equipamentos, e salientando que parte do território brasileiro pode ser abrangida por esse sistema (Santana, 2023).

Figura 18 – Cobertura integrada JYL-1 3D e S-300VM.



Fonte: Santana (2023).

Este cenário demonstra um desafio estratégico significativo para o Brasil, pois, em caso de conflito entre o Brasil e Venezuela, o país deve encontrar dificuldades frente ao sistema venezuelano de antiacesso e negação de área. Assim, possuir ARMs torna-se um elemento fundamental para a neutralização das defesas antiaéreas venezuelanas e, desse modo, para consolidar a liderança regional na América Latina, exercendo uma projeção de poder e o fortalecimento da indústria de defesa nacional. Essa lógica estratégica visa garantir a soberania sobre todo o território e sobre a “Amazônia Azul” e, por consequência, afirmar o país como um ator relevante na geopolítica mundial.

5.2 Possibilidades de emprego na Marinha do Brasil

No contexto naval, para que seja possível apresentar possibilidades reais e coerentes de emprego de ARMs pela Marinha do Brasil, não basta apenas analisar a conjuntura geopolítica e as necessidades nacionais, como abordado no tópico anterior. É necessário observar, com rigor, as capacidades da Força para o emprego desses armamentos e as tecnologias disponíveis no país, de modo que o desenvolvimento e a utilização deste armamento sejam compatíveis com as condições operacionais e orçamentárias do Brasil.

5.2.1 Míssil Antinavio Nacional de Superfície (MANSUP)

Atualmente, a MB possui diversas frentes de desenvolvimento, como o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), o Programa das Fragatas Classe Tamandaré e o desenvolvimento do Míssil Antinavio Nacional de Superfície (MANSUP).

O míssil antinavio nacional, Figura 19, é um projeto estratégico de defesa do Brasil, financiado pela MB, EDGE e SIATT, e tem como propósito equipar os navios da Força Naval com um sistema de armas de alta capacidade dissuasória. Esse desenvolvimento resulta do esforço conjunto de empresas do setor, representando um passo importante rumo a independência tecnológica do país no setor de defesa (Redação Forças de Defesa, 2025).

Figura 19 – Lançamento do MANSUP.



Fonte: Barros (2025).

O míssil é equipado com dois motores-foguete, apresentados na Figura 20: um motor de queima rápida, responsável pela impulsão na fase inicial do voo, que compreende o lançamento e a aceleração (são os dois bocais maiores), e outro de

sustentação (bocal menor) Esse arranjo permite manter uma velocidade de 300 metros por segundo e atingir um alcance de cerca de 70 quilômetros (Martini, 2022).

Figura 20 – Motores do MANSUP.



Fonte: Martini (2022).

Já se encontra em desenvolvimento uma evolução do míssil, que é o MANSUP-ER. Este artefato está sendo desenvolvido pela SIATT, em parceria com a *EDGE Group*, e o seu principal diferencial é a integração do motor turbojato KTJ-3200, apresentado na Figura 21, fornecido pela empresa turca *Kale Jet Engines*, que permite ampliar o alcance do míssil para aproximadamente 200 quilômetros. Essa ampliação da capacidade de alcance do míssil expande consideravelmente os horizontes tecnológicos e operacionais da MB, possibilitando novas doutrinas de emprego e fortalecendo sua capacidade estratégica (Redação Forças de Defesa, 2025).

Figura 21 – Modelo MANSUP-ER.



Fonte: Redação Forças de Defesa (2025).

5.2.2 MANSUP Antirradiação

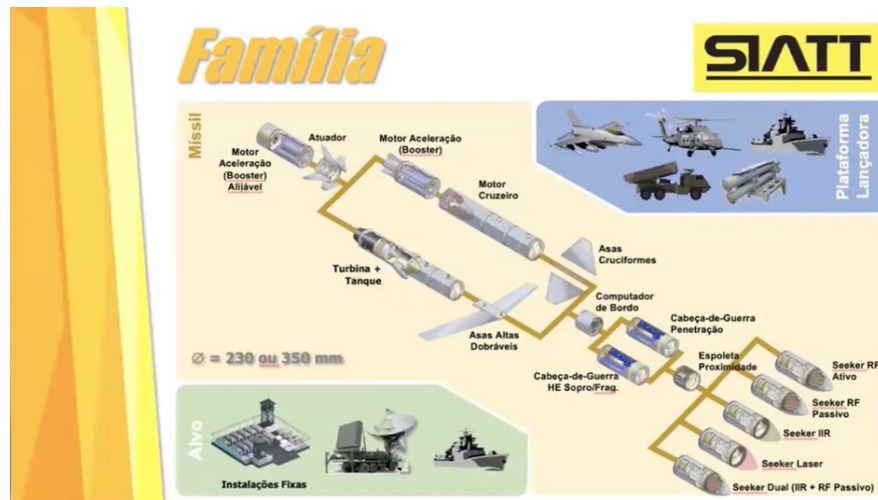
É nesse contexto que a possibilidade de emprego analisada neste trabalho consiste em uma evolução no projeto do MANSUP, permitindo que ele possa ter tanto um autodiretor ativo quanto um passivo, conforme a necessidade do meio lançador. Essa evolução pode representar um passo relevante nas capacidades de defesa do Brasil.

De acordo com o professor Carlos Alberto, a ideia de criar uma versão antirradiação do MANSUP é plenamente viável, pois a tecnologia utilizada no desenvolvimento do míssil foi derivada do MAR-1. Parte dos profissionais da SIATT que atuam no projeto MANSUP são oriundos da antiga Mectron, empresa que desenvolveu o primeiro ARM nacional. A proposta consiste em manter sua estrutura física semelhante ao projeto inicial do MANSUP, com adaptações pontuais em seus sistemas, de modo que, no momento da montagem em bancada, se opte pelo autodiretor ativo ou passivo.

Nessa linha de pensamento, a proposta de modernização se torna viável do ponto de vista logístico e operacional, uma vez que a estrutura desenvolvida para o MANSUP poderá ser aproveitada – sobretudo os lançadores, os sistemas de integração e as plataformas de disparo – e, principalmente, o *know-how* tecnológico adquirido no desenvolvimento do MAR-1, que a empresa desenvolvedora ainda detém. Desta forma, ao associar esses fatores, constata-se que os custos e os prazos de implementação são reduzidos consideravelmente em comparação com desenvolvimento de um ARM desde sua fase inicial.

A Figura 22 apresenta um modelo da Família de Mísseis, em que são mostrados os componentes de um míssil. A partir dela é realizada uma comparação elementar entre os mísseis MANSUP, MANSUP-ER e um eventual MANSUP antirradiação. Na Tabela 2 foi elaborada uma comparação com base na Figura 22. Tomando o MANSUP como referência, são observadas diferenças pontuais. No caso do MANSUP-ER, é utilizada a configuração turbina + tanque, que permite ampliar o alcance do míssil para 200 quilômetros; ressalta-se que o seu projeto não conta com asas altas, mas sim com asas cruciformes. Já no caso de um eventual MANSUP antirradiação, as principais alterações seriam a instalação do *seeker* RF passivo a substituição da cabeça de guerra. Nesse aspecto, a definição deverá ser analisada com cautela, tendo em vista que a cabeça de guerra por penetração é ideal para atacar navios, enquanto a cabeça de guerra de sobrefragmentação (fragmentação) é mais adequada contra baterias antiaéreas, por não precisar de impacto direto. Portanto, essa escolha deverá ser definida de acordo com o perfil de emprego do míssil na missão¹.

Figura 22 – Família de mísseis.



Fonte: Imagem fornecida pelo Prof. Carlos Alberto.

Tabela 2 – Tabela comparativa MANSUP.

MANSUP	MANSUP-ER	MANSUP ANTIRRADIAÇÃO
Motor aceleração	Motor aceleração	Motor aceleração
Atuador	Atuador	Atuador
Booster	Turbina+Tanque	Booster (caso utilize motor de cruzeiro)
Motor de Cruzeiro	-	Motor de Cruzeiro ou Turbina+Tanque
Asas Cruciformes	Asas Cruciformes	Asas Cruciformes
Computador de Bordo	Computador de Bordo	Computador de Bordo
Cabeça de Gerra de Penetração	Cabeça de de Guerra Penetração	Cabeça de Guerra HE Sopro/Frag ou por Penetração
Espoleta de Proximidade	Espoleta de Proximidade	Espoleta de Proximidade
Seeker RF Ativo	Seeker RF Ativo	Seeker RF Passivo

Fonte: O autor.

5.2.2.1 Avaliação de cenários para emprego do MANSUP Antirradiação na MB

Em um contexto em que exista a capacidade tecnológica de empregar um autodiretor passivo no MANSUP, as plataformas lançadoras da MB — como navios, aeronaves e sistemas Astros — disporá, em sua dotação de bordo, tanto do míssil antinavio quanto do míssil antirradiação. Para exemplificar, no caso de uma Fragata da Classe Tamandaré, cuja dotação seja de oito unidades do MANSUP, pode-se, conforme a necessidade da missão, optar por levar cinco unidades com autodiretor ativo (mísseis antinavio) e três unidades com autodiretor passivo.

Ao analisar um meio da MB dotado de um ARM, entende-se que o primeiro ganho estratégico é o poder dissuasório desta tecnologia. O oponente, ao saber da capacidade da

unidade atacante de se contrapor aos seus emissores de ondas eletromagnéticas, tenderá a restringir a utilização de seus equipamentos, pois há a possibilidade de ser atacado.¹

Em um cenário de engajamento entre navios, o uso de um ARM não é a melhor opção do ponto de vista econômico, uma vez que seu custo é superior ao de um míssil antinavio com autodiretor ativo, como o MANSUP¹. Contudo, seu uso não é menosprezado, como por exemplo em um engajamento que busque apenas destruir os equipamentos dos radares do inimigo. Em uma situação de Apoio de Fogo Naval (APF), cuja missão é bombardear posições inimigas, em terra, para facilitar a incursão de tropas terrestres e aeronaves, o ARM demonstra grande efetividade. Sua capacidade de busca passiva permite a destruição precisa dos emissores de radar do inimigo em terra. Essa precisão é um fator decisivo para a supressão de defesa antiaérea (SEAD), criando um corredor seguro para as forças amigas.¹

Segundo o professor Carlos Alberto, o projeto do MANSUP também contempla a possibilidade de lançamento por helicópteros. No caso das aeronaves - plataformas amplamente empregadas para lançamentos de ARMs - essas buscam penetrar o território inimigo para realizar ataques sem entrar no alcance dos equipamentos de defesa aérea do oponente, valendo-se de sua maior velocidade para se evadir. Nessa conjuntura, o míssil antirradiação representa um recurso estratégico, pois sua função primordial é eliminar os radares que compõem a espinha dorsal desses sistemas, permitindo a livre atuação das aeronaves amigas dentro do espaço aéreo contestado (Czeszejko, 2013).

Netto (2020) analisou a possibilidade de emprego do MANSUP lançado a partir de plataformas terrestres na defesa do litoral. A proposta apresentada foi incorporada pela SIATT e resultou no desenvolvimento das adaptações que hoje permitem o lançamento do MANSUP pelo sistema Astros, fato confirmado durante a entrevista com o professor Carlos Alberto.

Nesse contexto, em 2024 ocorreu, pela primeira vez, o teste de lançamento do MANSUP a partir de uma plataforma terrestre, na qual foi empregada a Viatura Lançadora Astros. Esse avanço ampliou as capacidades da MB, mais precisamente do Corpo de Fuzileiros Navais, ao possibilitar o engajamento de alvos no mar a partir do lançador posicionado em terra. Além disso, é possível posicionar os Lançadores Astros a bordo de navios que não possuam os sistemas de lançamento do MANSUP, ampliando assim, a capacidade de emprego do armamento.

Figura 23 – Lançamento pelo Sistema Astros.



Fonte: Revista Força Aérea (2025).

O emprego do míssil com autodiretor passivo se torna plenamente viável, embora apresente ressalvas a serem avaliadas. Como no caso da defesa de costa (lançamento terra-mar), onde a utilização da versão antirradiação contra navios seria mais onerosa do que o modelo antinavio tradicional, mas sendo um importante meio dissuasório.¹ Além disso, o MANSUP com o autodiretor passivo pode ser empregado em outros cenários, como nas fronteiras do Brasil. Na seção 5.1 foi apresentado o sistema de defesa antiaérea da Venezuela, que conta com radares chineses JYL-1 3D com os sistemas russos S-300VM/VMK, os quais proporcionam ampla cobertura do espaço aéreo venezuelano e parte do território brasileiro. Nesse contexto, em um eventual conflito, o emprego do MANSUP antirradiação, em plataformas terrestres posicionadas na fronteira, pode buscar neutralizar os radares inimigos, reduzindo a capacidade de vigilância do país oponente e abrindo corredores aéreos para a atuação das forças amigas.¹

6 CONCLUSÃO

Conforme demonstrado ao longo do trabalho, nos conflitos modernos, a Guerra Eletrônica se tornou protagonista, principalmente com os avanços tecnológicos na área de defesa. Negar ou dificultar a utilização do espectro eletromagnético por um oponente se tornou fundamental para a obtenção e a manutenção da supremacia nesse espectro. Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade da MB não apenas obter equipamentos de MAGE, mas também buscar o desenvolvimento de MAE. Nesse cenário, o ARM emerge, portanto, como elemento central na neutralização de radares de defesa antiaérea que possam representar ameaça à Força, contribuindo para a projeção de poder e a supremacia naval.

6.1 Considerações Finais

A revisão da literatura delineou o referencial teórico e metodológico da pesquisa, apresentando os fundamentos da GE, dos mísseis MANSUP e MAR-1 e das bases metodológicas utilizadas. Em seguida, o referencial teórico, aprofundou esses conceitos de forma sequencial, iniciando com a teoria da GE e das MAE, avançando para análise dos ARMs, com ênfase no projeto do MAR-1. O trabalho também analisou o projeto do MANSUP como base para um projeto futuro de ARM para a MB, e por fim, contextualizou-se o cenário geopolítico em que o país está inserido para reforçar a necessidade do desenvolvimento contínuo das tecnologias de defesa.

A partir da análise técnico-operacional e do referencial teórico, conclui-se que o emprego de míssil antirradiação na Marinha do Brasil poderá ser viável, mediante maiores estudos de engenharia para analisar o conjunto de requisitos técnicos-operacionais. A proposta é desenvolver uma versão antirradiação do MANSUP aproveitando o *know-how* técnico-profissional da SIATT, adquirido durante o projeto do MAR-1, e se beneficiando da similaridade física e técnica entre os mísseis, bem como a possibilidade de utilizar as plataformas de lançamento já existentes. Essa iniciativa não apenas representa uma oportunidade para o Brasil assumir a vanguarda regional na tecnologia de ARMs, mas também abre portas para a comercialização do produto com outros países, possibilitando benefícios econômicos. Portanto, o emprego de mísseis antirradiação pela Marinha do Brasil representa não apenas uma evolução tática, mas um marco para a soberania tecnológica nacional.

6.2 Sugestões para Futuros Trabalhos

Esse trabalho se propôs realizar uma análise técnico-operacional do emprego de ARM pela Marinha do Brasil e apresentou uma linha de ação baseada no MANSUP. Para concretizar essa proposta, recomenda-se aprofundar pesquisas sobre todos os requisitos operacionais necessários para a evolução do MANSUP para uma versão antirradiação.

Sugere-se, portanto, que os trabalhos futuros se concentrem, principalmente, nas principais alterações a serem feitas, que são a substituição da atual cabeça de guerra de penetração – utilizada em mísseis antinavio – por uma cabeça de guerra de sobrefragmentação, mais adequada para neutralização de radares, e na substituição do autodiretor ativo por um passivo, que será responsável pela identificação da fonte emissora de ondas eletromagnéticas, além das alterações de programação e de *software* do míssil.

Outra vertente a ser estudada, com profundidade, é com relação ao emprego operacional do MANSUP antirradiação a partir das plataformas da MB, em cenários operacionais como ataque de saturação, apoio a desembarque anfíbio e negação de área. Nesse estudo, poderão ser analisados o alcance e o perfil de voo, a probabilidade de destruição e a coordenação com os sensores dos meios navais.

REFERÊNCIAS

BARROS, Marcelo. MANSUP e MANSUP-ER: cooperação trilateral redefine geopolítica da defesa. **Defesa em Foco**, 11 ago. 2025. Disponível em: <https://www.defesaemfoco.com.br/mansup-e-mansup-er-cooperacao-trilateral-redefine-geopolitica-da-defesa/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

CARVALHO, Carlos Alberto de Paiva. **Emprego operacional do MAR-1**. São José dos Campos: Mectron, 2013. 89 slides. Apresentação técnica. Documento não publicado.

CZESZEJKO, Stanislaw. *Anti-radiation missiles vs. Radars*. **International Journal of Electronics and Telecommunications**, Warsaw, v. 59, n. 3, p. 285-291, 2013. Disponível em: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-30059b86-8d05-4f6d-9867-536a331e16c6>. Acesso em: 25 jun. 2025.

EXÉRCITO BRASILEIRO. **Manual de Campanha EB70-MC-10.231: Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília: Estado-Maior do Exército, 2017. Disponível em: https://cdoutex.eb.mil.br/images/painel_de_manuais/manuais_de_nivel_2/EB70MC10231.pdf. Acesso em: 10 jun. 2025.

GALANTE, Alexandre. FAB: Projeto do míssil antirradiação MAR-1 está suspenso. **Poder Aéreo**, 15 abr. 2019. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2019/04/15/fab-projeto-do-missil-antirradiacao-mar-1-esta-suspenso/>. Acesso em: 29 ago. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUPTA, A. K.; JAIN, T. K.; KOTHARI, A.; CHAKRAVARTHY, M. *Wideband Antennas of Passive Seekers for Anti-Radiation Missiles*. **Defence Science Journal**, v. 74, n. 1, p. 143-157, jan. 2024. DOI: 10.14429/dsj.74.18883.

INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO. Míssil MAR-1. In: INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO. **Relatório anual 2012**. São José dos Campos: IAE, 2012. p. 94. Disponível em: <https://livrozilla.com/doc/891622/iae---instituto-de-aeronautica-e-espaco-relatorio-de-ativ>. Acesso em: 10 jul. 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARINHA DO BRASIL. CENTRO DE GUERRA ACÚSTICA E ELETRÔNICA DA MARINHA. **Introdução à guerra eletrônica**. 2. ed. Niterói, RJ: Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha, 2023.

MARINHA DO BRASIL. CENTRO DE GUERRA ACÚSTICA E ELETRÔNICA DA MARINHA. **GE-201 – Medidas de Guerra Eletrônica – Medidas de Ataque Eletrônico**. Niterói, RJ: Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha 2023.

MARTINI, Fernando de. 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: 29 ago. 2025.

MECTRON. **MAR-1 anti-radiation missile: technical description** – Rev. C. São José dos Campos: Mectron, 2013. 21 p. Manual Técnico.

NETO, Ricardo Borges Gama. Guerra cibernética / guerra eletrônica – conceitos, desafios e espaços de interação. **Política Hoje**, v. 26, n. 1, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/view/9180>. Acesso em: 24 jun. 2025.

NETTO, Darci Casimiro. **Emprego do MANSUP na defesa do litoral**. 2020. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação lato sensu em especialização em operações militares, com ênfase em Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/10880?mode=full>. Acesso em: 14 ago. 2025.

PARSCH, Andreas. Temco ASM-N-8 Corvus. **Directory of U.S. Military Rockets and Missiles–Appendix**, 2007. Disponível em: <https://www.designation-systems.net/dusrm/app1/asm-n-8.html>. Acesso em: 24 ago. 2025.

REDAÇÃO FORÇAS DE DEFESA. SIATT assina contrato para fornecer mísseis MANSUP à Marinha do Brasil, projeto conta com apoio do grupo EDGE. **Poder Naval**, 26 jun. 2025. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2025/06/26/siatt-assina-contrato-para-fornecer-misseis-mansup-a-marinha-do-brasil-projeto-conta-com-apoio-do-grupo-edge/>. Acesso em: 26 jun. 2025.

REDAÇÃO FORÇAS DE DEFESA. Motor turbojato turco KTJ-3200 equipará o míssil antinavio de longo alcance MANSUP-ER. **Poder Naval**, 7 abr. 2025. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2025/04/07/motor-turbojato-turco-ktj-3200-equipara-o-missil-antinavio-de-longo-alcance-mansup-er/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

REDAÇÃO FORÇAS DE DEFESA. Onde está a Força Aérea do Irã? **Poder Aéreo**, 17 jun. 2025. Disponível em: <https://www.aereo.jor.br/2025/06/17/onde-esta-a-forca-aerea-do-ira/>. Acesso em: 12 out. 2025.

REVISTA FORÇA AÉREA. SIATT – Míssil MANSUP pronto para defesa do litoral. **Revista Força Aérea**, 28 jan. 2025. Disponível em: <https://forcaaerea.com.br/siatt-missil-mansup-pronto-para-defesa-do-litoral/>. Acesso em: 13 set. 2025.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SANTANA, Sérgio. A defesa antiaérea da Venezuela. **Forças Terrestres**, 11 dez. 2023. Disponível em: <https://www.forte.jor.br/2023/12/11/a-defesa-antiaerea-da-venezuela/>. Acesso em: 30 ago. 2025.

SANTOS, Alex Tavares dos. Míssil antirradiação. **Revista Passadico**, n. 89, p. 88–90, 2020. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/passadico/article/view/2341>. Acesso em: 29 ago. 2025.

SILVA, Edson Alves da. **A projeção geopolítica do Brasil no século XXI: a projeção geopolítica do Brasil, na área de segurança, no âmbito da América do Sul, no início do século XXI**. 2015. 82 f. Monografia (Curso de Política e Estratégia Marítimas) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.repositorio.mar.mil.br/bitstream/ripcmb/451436/1/00000a3b.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2025.

SILVA, Mateus da. Tecnologia e aplicação de mísseis, um projeto nacional. **IDN - Revista Nação e Defesa**, Lisboa, ano XVII, n. 64, p. 174–185, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10400.26/1711>. Acesso em: 10 jun. 2025.

VIEIRA, Juner Menezes. **Estimativa de direção de chegada empregando conjuntos de antenas faixa larga instaladas em cilindro metálico**. 2023. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências, Área de Micro-ondas e Optoeletrônica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2023.

APÊNDICE A – Entrevista com o Prof. Carlos Alberto de Paiva Carvalho

A seguir, apresenta-se a transcrição de trechos da entrevista realizada com o Prof. Carlos Alberto de Paiva Carvalho, diretor de competitividade da SIATT, um dos fundadores da Mectron e responsável técnico pelo programa do míssil antirradiação MAR-1.

Entrevistador: Como surgiu a ideia de criar um míssil antirradiação?

Carlos Alberto: Em 1990 os EUA utilizaram mais de uma centena de mísseis antirradiação contra o Iraque, eles destruíram praticamente toda a artilharia antiaérea do Iraque e depois disso eles tiveram supremacia absoluta no céu. Até onde eu saiba eles não perderam nenhum avião. Então naquela época ficou muito clara a importância do míssil antirradiação, porque era a primeira vez que eram usados de forma muito extensiva - até porque foi a primeira guerra que essa tecnologia estava madura; antes disso ela era incipiente. Então a Força Aérea entendeu que esse míssil era importante e pediu para a gente fazer um estudo de como poderíamos fazer isso no Brasil. Nós fizemos um estudo na época da Mectron ainda. Sugerimos uma configuração muito próxima do Exocet, com uma cabeça de guerra com noventa quilos de explosivos, com um peso na ordem de trezentos e poucos quilos, de modo que pudesse levar até quatro unidades na aeronave AMX. Tinha uns requisitos muito desafiadores, principalmente no ponto de vista do autodiretor, ele tinha que ser capaz de ter uma banda ultralarga, que cobrisse praticamente toda banda que tem radar. Outro requisito era ser programável em voo para achar alvos de oportunidade.

Entrevistador: Olhando para a Marinha, vemos que os esforços estão concentrados no projeto do MANSUP. Diante disso, seria possível desenvolver um MANSUP com autodiretor passivo e ativo, para além de ser um míssil antinavio, também ser um ARM?

Carlos Alberto: Podemos dizer que é isso que estamos buscando, porém não pode ser na mesma estrutura, teria que ocorrer uma troca de *seeker*. O ideal seria já levar para bordo uma versão de cada um, para não precisar fazer essa troca a bordo, pois não é tão simples.

Entrevistador: O MANSUP possui similaridade com o MAR-1?

Carlos Alberto: Completamente. Na verdade, vou te falar uma coisa, a tecnologia do MANSUP foi toda derivada do MAR-1. O MANSUP é o MAR-1 passado a limpo, porque o MAR-1 foi o primeiro míssil complexo que desenvolvemos. Do ponto de vista de configuração, o MANSUP é o MAR-1 em escala diferente.

Entrevistador: Tem-se falado nessa ideia de fazer um míssil com *seeker* intercambiável?

Carlos Alberto: Sim, a gente está divulgando isso o tempo todo. O pessoal da EDGE adora essa ideia; quando a gente começou a conversar com eles, a primeira coisa que eles falaram foi de *seeker* radar passivo, mas hoje a gente não está colocando muita energia nisso para não perder o foco, tendo em vista o projeto do MANSUP já estar bem avançado.

Entrevistador: Pensando no âmbito naval, é possível observar que não é comum a utilização de ARMs lançados por navios. O senhor saberia dizer se existe um motivo específico?

Carlos Alberto: Eu acho que é uma questão econômica. O *seeker* RF ativo tende a ser mais barato que o *seeker* RF passivo, então o navio que gera um eco radar grande, é melhor atacar ele com um míssil mais barato, que é o RF ativo. Então economicamente não é vantagem atacar um outro navio usando um míssil antirradiação. Agora se você está em uma situação de querer usar o MANSUP ou o MANSUP ER para atacar alvo em solo, aí a coisa muda de figura. O *seeker* deve ser diferente, até dá pra usar o *seeker* RF ativo, mas o alvo tem que se destacar. Agora o *seeker* RF passivo passa a ser importante quando as antiaéreas atuais mudam de posição, pois ele vai ter a capacidade de buscar as emissões eletromagnéticas, não precisando ter uma posição exata do alvo.

Entrevistador: Qual a principal diferença da utilização de um ARM para um outro míssil qualquer?

Carlos Alberto: A principal diferença é que uma missão com um ARM requer um bom planejamento, tendo em vista que os radares possuem características específicas baseadas na portadora, taxa de repetição de pulso e largura de pulso. Então antes do início da missão deverá ser feita a programação do míssil para que ao receber as ondas eletromagnéticas, ele classifique e ataque o alvo que foi previamente definido.

Entrevistador: O MAR-1 possui capacidade de memória do alvo? E como ele reage quando um radar vítima se utiliza de *decoys* (iscas)?

Carlos Alberto: Sim, possui capacidade de memória do alvo, para caso o alvo fosse desligado. Com relação aos *decoys*, ele possui muita inteligência, através de processamento de sinais, a bordo para poder distinguir um alvo verdadeiro do alvo falso. A gente chegou a fazer um teste que era o seguinte: colocamos o autodiretor no alto da serra da Mantiqueira, e colocamos três radares para ele rastrear simultaneamente. O de pista aqui de São José dos Campos, o radar do AMX que a gente tinha na Mectron, e um radar de navegação marítima que a gente comprou. Dois deles possuíam características muito próximas um do outro, com a mesma portadora, a mesma PRF, só variando a largura de pulso. Esse cenário era o máximo possível para confundir o míssil, e mesmo assim ele conseguiu distinguir.

Entrevistador: Pode-se dizer que o míssil é 100% nacional ou durante o projeto houve a necessidade de adquirir materiais/tecnologias estrangeiras?

Carlos Alberto: Nós tentamos comprar uma antena nos Estados Unidos, porém quando os americanos descobriram que era para o desenvolvimento de um míssil antirradar, o pedido foi negado. Vou te encaminhar documento que é a negativa do governo americano, o que mostra a importância do míssil.

Entrevistador: Com relação ao projeto do MAR-1, em que ponto o projeto parou?

Carlos Alberto: Estávamos muito próximo de fechar o negócio, o que estava faltando era fazer a calibração em banda larga. Pois a gente estava com uma dificuldade com as nossas antenas, que estávamos conseguindo apenas fazer a calibração em banda estreita. Na época do projeto a gente chegou a entender qual era o problema, chegamos a fazer testes com uma antena melhor, mas aí o projeto parou. Faltava o último passo.

Entrevistador: Tem alguma previsão de retomada do projeto de onde ele parou?

Carlos Alberto: Sim, nós estamos retomando agora junto com o ITA, porque eles ficaram com todo o acervo do MAR-1, a finalização do projeto do *seeker*. Minha ideia é financiar bolsas de estudo de mestrado e doutorado e colocar menos funcionários nossos trabalhando nisso para podermos terminar o *seeker*.

Entrevistador: A Força Aérea ainda tem interesse nesse projeto?

Carlos Alberto: Sim, mas hoje eles estão focados nas aeronaves KC e Gripen, então enquanto eles não concluírem esses projetos, dificilmente voltarão a olhar para o projeto do MAR-1.

ANEXO A - Documento de Negativa do Governo Americano

17-02-1



In Reply Refer To
ODTC Case 743585

Recibido

Data: 06/03/99

Reg. no 177

United States Department of State

Bureau of Political-Military Affairs

Office of Defense Trade Controls

Washington, D.C. 20520-0602

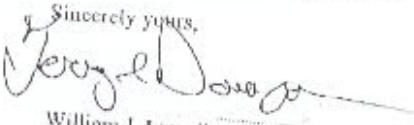
26

The above referenced request has been denied and is being returned in accordance with Title 22, Code of Federal Regulations, Section 126.7(a) for the reasons indicated below. Any questions regarding this decision may be directed to Ms. Ruth N. Jackson at (703) 873-6644.

☐ Foreign Policy
☒ National Security
☒ Comments

It is not in the interest of U.S. National Security to allow the export of the spiral antennas and channel switches for possible use and evaluation on an anti-radiation missile to Brazil. Anti-radiation missiles have a significant combat capability. Introduction of the capability to the Latin American Region is inconsistent with U.S. National Security interest.

Sincerely yours,


 William J. Lowell
 Director
 Office of Defense Trade Controls

ATTACHMENT
ODTC Case 743585

Mr. Raymond Longhi
Sierra Micro Devices, Inc.
4535 W. Sahara Avenue #112C
Las Vegas, NV 89102

Fonte: Documento fornecido pelo Prof. Carlos Alberto de Paiva Carvalho.

