

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG**  
**CURSO DE GESTÃO EM OPERAÇÕES E LOGÍSTICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**NOME COMPLETO: OSIRIS FERREIRA DE SOUZA JUNIOR**  
**TÍTULO: Seleção de um Míssil Anticarro para o Corpo de Fuzileiros**  
**Navais: Uma Análise comparativa com o método multicritério do**  
**Processo de Análise Hierárquica (AHP)**

**PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU***

**RIO DE JANEIRO, RJ**  
**2024**

## **TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO E APROVAÇÃO**

**AUTOR: OSIRIS FERREIRA DE SOUZA JUNIOR**

**TÍTULO: SELEÇÃO DE UM MÍSSIL ANTICARRO PARA O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA COM O MÉTODO MULTICRITÉRIO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)**

Autorizo que o presente artigo científico apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* da FURG, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em Gestão de Operações e Logística, e aprovado pelos professores responsáveis pela orientação e sua aprovação, seja utilizado para pesquisas acadêmicas de outros participantes deste ou de outros cursos, afim de aprimorar o ambiente acadêmico e a discussão entorno das temáticas aqui propostas.

**TÍTULO: SELEÇÃO DE UM MÍSSIL ANTICARRO PARA O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA COM O MÉTODO MULTICRITÉRIO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)**

**AUTOR: OSIRIS FERREIRA DE SOUZA JUNIOR**

**ORIENTADOR: MARCELO ESCOBAR**

**RESUMO**

O presente estudo tem como objetivo selecionar o melhor sistema de míssil anticarro (MAC) para o Corpo de Fuzileiros Navais, utilizando o Método de Análise Hierárquica (AHP). A pesquisa envolve uma análise detalhada dos principais sistemas MAC disponíveis, considerando critérios como alcance, peso, custo e sistema de guiamento. O método utilizado permitiu uma avaliação estruturada e lógica, incorporando tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos. Os resultados indicaram que o SPIKE LR2, da fabricante israelense RAFAEL Advanced Defense Systems Ltd., é a melhor opção, com um índice de prioridade relativa de 58,1%. Este sistema destacou-se pela sua combinação de alcance, leveza, preço competitivo e sistemas avançados de guiamento, como "fire-and-forget" e "fire observe and update". A conclusão reforça a importância da seleção criteriosa dos MAC para garantir a eficácia e a superioridade tática nas operações militares, proporcionando ao Corpo de Fuzileiros Navais uma ferramenta altamente eficaz e versátil para enfrentar ameaças modernas.

**PALAVRAS-CHAVE: Míssil Anticarro. Método de Análise Hierárquica (AHP). Corpo de Fuzileiros Navais.**

# TÍTULO DO TCC: SELEÇÃO DE UM MÍSSIL ANTICARRO PARA O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA COM O MÉTODO MULTICRITÉRIO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

Osiris Ferreira de Souza Junior.<sup>1</sup>

Declaro que sou autor(a)<sup>1</sup> deste Trabalho de Conclusão de Curso. Declaro também que o mesmo foi por mim elaborado e integralmente redigido, não tendo sido copiado ou extraído, seja parcial ou integralmente, de forma ilícita de nenhuma fonte além daquelas públicas consultadas e corretamente referenciadas ao longo do trabalho ou daqueles cujos dados resultaram de investigações empíricas por mim realizadas para fins de produção deste trabalho.

Assim, declaro, demonstrando minha plena consciência dos seus efeitos civis, penais e administrativos, e assumindo total responsabilidade caso se configure o crime de plágio ou violação aos direitos autorais. (Consulte a 3ª Cláusula, § 4º, do Contrato de Prestação de Serviços).

**RESUMO** - O presente estudo tem como objetivo selecionar o melhor sistema de míssil anticarro (MAC) para o Corpo de Fuzileiros Navais, utilizando o Método de Análise Hierárquica (AHP). A pesquisa envolve uma análise detalhada dos principais sistemas MAC disponíveis, considerando critérios como alcance, peso, custo e sistema de guiamento. O método utilizado permitiu uma avaliação estruturada e lógica, incorporando tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos. Os resultados indicaram que o SPIKE LR2, da fabricante israelense RAFAEL Advanced Defense Systems Ltd., é a melhor opção, com um índice de prioridade relativa de 58,1%. Este sistema destacou-se pela sua combinação de alcance, leveza, preço competitivo e sistemas avançados de guiamento, como "fire-and-forget" e "fire observe and update". A conclusão reforça a importância da seleção criteriosa dos MAC para garantir a eficácia e a superioridade tática nas operações militares, proporcionando ao Corpo de Fuzileiros Navais uma ferramenta altamente eficaz e versátil para enfrentar ameaças modernas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Míssil Anti-Carro. Método de Análise Hierárquica (AHP). Corpo de Fuzileiros Navais.

---

<sup>1</sup> Osiris.ferreira@marinha.mil.br

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução dos mísseis anticarro (MAC) tem sido uma das áreas mais dinâmicas e críticas dentro do campo das operações militares modernas. Desde a sua concepção, os MAC passaram por diversas gerações de desenvolvimento tecnológico, cada uma delas abordando desafios específicos e aprimorando a capacidade de neutralizar veículos blindados. Esses avanços são reflexo das necessidades táticas em constante mudança e das inovações tecnológicas contínuas, que visam proporcionar às forças armadas uma vantagem decisiva em campo.

No contexto das operações terrestres de caráter naval, a utilização dos MAC se torna ainda mais relevante. O Corpo de Fuzileiros Navais, responsável por ações rápidas e de alta intensidade, necessita de armamentos que ofereçam alta mobilidade, precisão e poder de fogo. A capacidade de enfrentar e destruir veículos blindados adversários de maneira eficaz é essencial para garantir o sucesso das missões e a segurança das tropas.

Este trabalho delimita-se à análise comparativa dos principais sistemas de mísseis anticarro disponíveis no mercado, focando na seleção do mais adequado para o Corpo de Fuzileiros Navais. O problema de pesquisa está centrado em identificar qual sistema de míssil oferece o melhor equilíbrio entre alcance, peso, custo e sistema de guiamento, a fim de maximizar a eficácia operacional e tática.

Para responder a essa questão, várias hipóteses foram consideradas. Uma delas é que o sistema de míssil com a tecnologia de guiamento mais avançada e com menor peso seria o mais adequado para as operações do Corpo de Fuzileiros Navais. Outra hipótese considera que o custo-benefício também é um fator crucial na seleção do sistema ideal, levando em conta as restrições orçamentárias e a necessidade de manutenção e treinamento.

O objetivo geral deste estudo é selecionar o melhor sistema de míssil anticarro para o Corpo de Fuzileiros Navais, utilizando o Método de Análise Hierárquica (AHP). Os objetivos específicos incluem a avaliação das características técnicas dos mísseis disponíveis, a aplicação do AHP para determinar a alternativa com maior prioridade

relativa, e a proposição de recomendações para a aquisição e implementação do sistema selecionado.

A relevância deste estudo reside na sua contribuição para a melhoria das capacidades operacionais do Corpo de Fuzileiros Navais. A escolha adequada de sistemas de mísseis anticarro pode proporcionar uma vantagem significativa em operações de combate, aumentando a capacidade de defesa e ofensiva das forças armadas. A justificativa para este trabalho está na necessidade de atualizar e otimizar o arsenal militar, garantindo maior segurança e eficiência nas missões.

A metodologia utilizada neste estudo baseia-se em pesquisa bibliográfica e análise documental, complementada pela aplicação do AHP. A pesquisa bibliográfica abrange a revisão de literatura técnica e científica sobre sistemas de mísseis anticarro e métodos de análise multicritério. A análise documental envolveu a avaliação de dados técnicos fornecidos pelos fabricantes dos mísseis estudados. A aplicação do AHP permitiu comparar as alternativas com base em critérios definidos, chegando à melhor decisão possível para a seleção do sistema de míssil anticarro ideal para o Corpo de Fuzileiros Navais.

## **2 EVOLUÇÃO DOS MÍSSEIS ANTICARRO E SUA IMPORTÂNCIA NO COMBATE MODERNO**

Os Mísseis Anticarro (MAC) evoluíram significativamente desde sua introdução, refletindo as mudanças nas necessidades táticas e os avanços tecnológicos ao longo dos anos. Essa evolução pode ser dividida em diferentes gerações de sistemas, cada uma abordando as limitações e desafios das anteriores.

A primeira geração de MAC, conhecidos como "comando manual com linha de visão" (MCLOS), foi introduzida logo após a Segunda Guerra Mundial. Esses sistemas exigiam que o operador guiasse manualmente o míssil até o alvo utilizando um fio ligado à unidade de disparo. Essa abordagem, apesar de inovadora na época, exigia um alto grau de habilidade do operador e o deixava vulnerável durante o voo do míssil, já que ele precisava permanecer na mesma posição. Segundo Berman et al. (2017), essa geração apresentou várias desvantagens, como a baixa velocidade e a necessidade de um bom contato visual com o alvo e o míssil simultaneamente. A baixa

velocidade dos mísseis possibilitava aos veículos blindados, após anos de desenvolvimento, se contrapor ao MAC por meio de disparos na direção do mesmo, bem como por meio das manobras evasivas.

A segunda geração de MAC introduziu, segundo Almeida (2020), o "Comando Semi-Automático com Linha de Visão" (SACLOS), que reduzia significativamente a carga de trabalho do operador. Nesses sistemas, o operador mantinha a mira no alvo após o lançamento do míssil, com comandos automáticos sendo enviados ao míssil por meio de fio, rádio ou feixe de laser. Isso aumentou a precisão e o alcance, mas os operadores ainda eram vulneráveis a contra-ataques devido à sua imobilidade.

A terceira geração trouxe uma inovação crucial: os buscadores passivos, que permitem a orientação autônoma do míssil até o alvo, sem necessidade de intervenção do operador após o disparo. Conhecidos como sistemas "fire-and-forget" (dispare e esqueça), esses mísseis permitiram que o operador se reposicionasse imediatamente após o lançamento, evitando que o operador se tornasse um alvo logo após seu disparo, bem como possibilitando maior flexibilidade ao emprego dos mísseis em proveito do aprofundamento da Defesa Anticarro (DAC).

A quarta geração de MAC, também conhecida como "fire, observe and update" (atire, observe e atualize), representa um avanço significativo em relação aos sistemas anteriores. Esses mísseis, por meios de dispositivos de inteligência artificial integrados, permitem que o operador atualize a trajetória do míssil após o disparo, permitindo desvios de obstáculos e ajustes para melhorar a precisão do ataque. Sistemas como o Next Generation Light Anti-tank Weapon (NLAW) exemplificam essa geração. Segundo Figueira (2018), o NLAW, produzido pela SAAB, é capaz de realizar atualizações na trajetória do míssil, permitindo desviar de obstáculos e realizar ataques eficazes a curta distância, sendo ideal para combates urbanos.

Os avanços tecnológicos nos MAC incluem sistemas de guiamento mais sofisticados, como guiamento por infravermelho e radar de ondas milimétricas, que melhoram a capacidade de "fire-and-forget". Além disso, a introdução de ogivas tandem, projetadas com duas cargas explosivas em sequência, onde a primeira, conhecida como carga precursora, é projetada para ativar e neutralizar a blindagem reativa do alvo e a segunda, carga principal, é então liberada para penetrar a blindagem passiva do veículo. Essa configuração permitiu que os MAC superassem as Blindagens Reativas Explosivas (ERA), aumentando a eficácia desses mísseis contra veículos modernos.

De acordo com Cooper (2020), a Guerra do Yom Kippur de 1973 foi um marco para a demonstração da eficácia dos MAC, quando forças egípcias e sírias utilizaram o AT-3 Sagger contra tanques israelenses, destacando a vulnerabilidade dos veículos blindados a essas armas. Essa guerra evidenciou a necessidade de continuar desenvolvendo e melhorando os sistemas anticarro.

Nos conflitos modernos, os MAC têm desempenhado um papel crucial. Durante a Guerra Civil Síria, os mísseis anticarro foram usados extensivamente por diferentes facções, demonstrando sua eficácia em combates urbanos.

Conforme afirma, Bastos (2022), a guerra entre a Rússia e a Ucrânia, iniciada em 2022, destacou ainda mais a importância dos MAC no campo de batalha moderno. A diferença de poderio militar entre os dois países era significativa, com a Rússia possuindo uma vasta superioridade em termos de carros de combate e veículos blindados. Os MAC desempenharam um papel crucial na defesa ucraniana, permitindo que forças menores e menos equipadas enfrentassem o poderio blindado russo com eficácia. Os sistemas Javelin e NLAW foram particularmente destacados por sua facilidade de uso e eficácia, característica que foi fundamental aos ucranianos, tendo em vista o efetivo militar ucraniano contar com poucos combatentes mobilizados e sem conhecimento prévio em sistemas de mísseis anticarro. De acordo com Weber (2023), a OTAN forneceu milhares de Javelins para a Ucrânia, que ajudaram a "derrotar os blindados russos enquanto se aproximavam durante a fase inicial da invasão"

A evolução dos mísseis anticarro reflete a constante adaptação às mudanças no campo de batalha moderno. Desde os primeiros sistemas MCLOS até os avançados mísseis "fire-and-forget", os ATGMs se tornaram essenciais para a defesa contra veículos blindados. No conflito entre a Rússia e a Ucrânia, esses mísseis demonstraram sua capacidade de nivelar o campo de batalha, permitindo que uma força menor, mas bem equipada, enfrentasse um adversário superior em números. A importância dos ATGMs no combate moderno é inegável, e seu desenvolvimento contínuo será crucial para futuras operações militares.

### 3 APRESENTAÇÃO DOS MÍSSEIS ANTICARRO

#### 3.1 FGM 148 Javelin

Javelin é um sistema de míssil guiado anticarro portátil e montado em plataformas. Ele foi projetado para destruir todas as blindagens conhecidas, bem como alvos irregulares. O Javelin utiliza tecnologia "fire-and-forget" para se guiar até o alvo sem comandos externos ou ação humana do operador para designação de alvos, essa capacidade proporciona uma superioridade em termos de sobrevivência para os operadores, que podem se deslocar imediatamente após disparar, de forma que não permaneçam expostos enquanto guiam o míssil até o alvo. Isso permite ao operador a flexibilidade necessária para que o mesmo engaje imediatamente outros veículos. Essa tecnologia também facilita o uso e o treinamento.

Figura 1 – FGM 148 Javelin



Fonte: Lockheed Martin (2024)

A sobrevivência do operador é ainda mais favorecida pelo emprego de uma trajetória de ataque superior ao alvo, com uma assinatura mínima de lançamento e capacidade de voo do míssil, evitando que a localização exata do operador seja identificada.

O Javelin pode ser integrado à várias plataformas. O míssil Javelin padrão é montado em uma estação de armas remota ou torre usando um kit de integração modesto.

A ogiva multipropósito do míssil combina múltiplos efeitos em uma única ogiva, equipando os combatentes para várias missões sem a necessidade de

trocar munições para diferentes alvos. Ele proporciona capacidade de penetração contra blindagens avançadas, incluindo blindagem reativa explosiva. Seu invólucro de aço fragmentado oferece maior letalidade contra alvos e veículos levemente blindados. (Raetheon Missiles and Defense, 2021)

O MAC Javelin é um sistema americano e está em serviço com as forças armadas dos EUA e 19 países aliados.

### 3.1.1 Características técnicas do FGM 148 Javelin

O Sistema Javelin possui alcance de até 4.000m, utiliza ogivas Tandem e multipropósito. Seu peso é de aproximadamente 15,5kg em plataforma e comprimento do tubo de 119,8cm, sendo, portanto, de fácil camuflagem.

O Javelin possui dois métodos de ataque, o ataque direto, que é eficaz, principalmente, contra bunkers e o “top-attack”, no qual o míssil, ao se aproximar do alvo blindado, o ataca de cima para baixo, atingindo onde a blindagem normalmente é mais fraca.

Segundo a empresa Lockheed Martin (2021), o MAC possui confiabilidade de 94% de taxa de sucesso no engajamento dos alvos, sendo capaz de enfrentar ampla gama de alvos, dentre os quais incluem os veículos blindados e bunkers.

Dentre os requisitos mínimos para utilização do sistema, com aproximadamente 72 horas de treinamento em sala de aula o militar estará apto a operá-lo com eficácia.

Quanto ao seu preço de aquisição, segundo Carvalho (2023), o kit contendo um míssil e a unidade lançadora do MAC Javelin custa aproximadamente U\$\$ 178.000,00. A unidade lançadora é reutilizável e os mísseis sobressalentes custam U\$\$ 78.000,00 cada.

## 3.2 Spike LR2

O SPIKE LR2, parte da família SPIKE de mísseis guiados com precisão da empresa israelense RAFAEL e operado por forças armadas de 43 nações. Segundo a própria empresa, trata-se de um sistema de mísseis de 5ª geração, Eletro-óptico, multipropósito, multiplataforma, poderoso, versátil e preciso de última geração que atende às complexas necessidades da guerra moderna.

O SPIKE LR2 pode ser fornecido como um sistema portátil desmontável, bem como um míssil guiado montado em veículo. Também está disponível uma configuração de míssil multifuncional que inclui fusão controlada pelo operador para controlar o efeito desejado, oferecendo tanto a abertura de bunkers com detonação interna após a perfuração de até 20 cm de concreto

reforçado (incluindo barras de aço reforçado). Também pode ser usado em modo de explosão aérea contra combatentes. (RAFAEL, 2024)

Comprovado em combate, o SPIKE LR2 pode ser usado para infantaria, veículos blindados, embarcações navais e helicópteros. Ele atinge com sucesso alvos diretos, fora da linha de visão e além da linha de visão.

O míssil SPIKE LR2 tem um buscador eletro-óptico avançado e de ponta que inclui um sensor IR não resfriado de alta qualidade e um sensor diurno avançado de alta resolução. O buscador multiespectral exclusivo permite a fusão de dados sensoriais (IR/VIS) operando simultaneamente. Isso permite recursos de rastreamento mais fortes e inteligentes. Vários modos operacionais, incluindo Disparar e Esquecer, Disparar e Observar e Disparar para Coordenadas de Alvo – proporcionando desempenho inigualável e alta letalidade. (RAFAEL, 2024)

Figura 2 – Spike LR2



Fonte: Rafael (2024)

### 3.2.1 Características técnicas do Spike LR2

O sistema Spike permite atingir alvos até à 5,5km de distância e conta com ogiva Tandem HEAT, que pode destruir variados tipos de Carros de Combate, Viaturas blindadas ou embarcações, além da possibilidade de serem usados em operações em ambiente urbano, contra alvos estruturais, como ponto forte. Seu peso é de aproximadamente 13kg.

De acordo com Rafael (2024) o MAC Spike LR2 possui total compatibilidade com todos os mísseis e lançadores Spike, sejam eles terrestres, com o operador ou por plataforma, aéreos, por meio de helicópteros com suporte e marítimos, por meios navais.

Quanto ao seu sistema de guiamento, o Spike LR2 possui os seguintes sistemas:

“Fire and Forget”, que não requer intervenção adicional do operador após o lançamento. O míssil possui sistemas de orientação internos, como sensores infravermelhos ou de radar, que o guiam automaticamente até o alvo após o lançamento, possibilitando ao operador a possibilidade de mudança de posição ou se envolver em outras atividades imediatamente após o lançamento, aumentando a sobrevivência e a eficácia operacional.

“Fire and Observe”, que possibilita ao operador o monitoramento e ajuste do curso do míssil após o lançamento. O míssil é lançado e o operador usa um link de dados, como fibra óptica, para observar o progresso do míssil. Desta forma, o operador pode ajustar o curso do míssil durante o voo para garantir que ele atinja o alvo com precisão, especialmente se o alvo estiver em movimento ou parcialmente oculto.

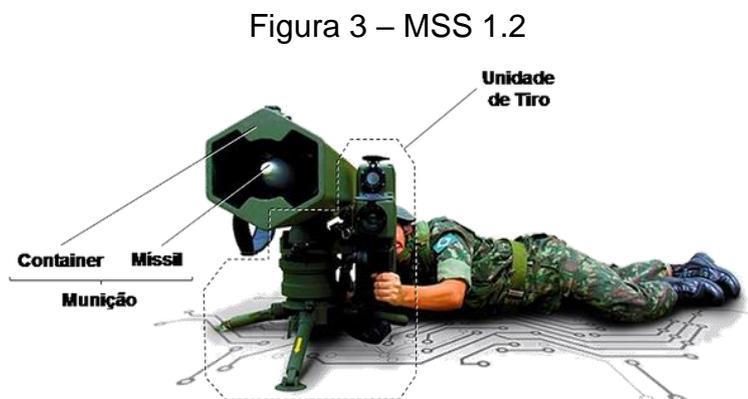
“Fire to Target Coordinates”, no qual o míssil é disparado para coordenadas específicas que foram previamente determinadas. O operador ou uma terceira parte fornece as coordenadas precisas do alvo ao sistema de míssil antes do lançamento. O míssil é então guiado automaticamente até essas coordenadas usando sistemas de navegação inercial ou GPS.

### **3.3 MSS 1.2**

O MSS 1.2 é um Míssil Guiado Antitanque (ATGM) portátil fabricado no Brasil pela empresa de Sistemas Integrados de Alto Teor Tecnológico (SIATT). É um dos mísseis mais poderosos de sua classe e foi projetado com a intenção de dar aos Batalhões de Infantaria do Exército Brasileiro um equalizador até mesmo contra os Carros de Combate e Viaturas Blindadas mais avançados.

O MSS 1.2 é disparado de um lançador de caixa recarregável. Seu lançador tem um furo em forma de borboleta e uma seção transversal hexagonal, é feito de materiais compostos leves, tem um cordão para fácil transporte, e tanto o cano quanto o venturi são cobertos por capas de plástico para manter a umidade, poeira e detritos fora. O lançador pode ser facilmente carregado por um único soldado, embora o tripé, miras e mísseis devam ser carregados por pessoal adicional. O lançador do MSS 1.2 tem capacidade de ser montado em um tripé de baixo nível, de forma a ser operado

por um militar ou em plataforma em um veículo, conferindo maior flexibilidade e mobilidade para a mudança da posição de tiro.



Fonte: SIATT (2024)

### 3.3.1 Características técnicas do MSS 1.2

De acordo com SIATT (2024), o MSS 1.2 é preciso contra Carros de Combate em movimento a uma distância de 3.200m e 4.000m contra Carros estáticos, edifícios e outros alvos estacionários. Para este trabalho, consideraremos seu alcance para alvos em movimento.

Quanto ao seu sistema de guiamento, o MSS 1.2 é guiado por um sistema de laser semiativo, através do qual o operador consegue designar o alvo com um ponto de laser, e o míssil se dirige ao seu reflexo. Este método de orientação dá ao MSS 1.2 excelente precisão, mesmo em alcance muito longo, e permite que o usuário guie manualmente o míssil para qualquer alvo. No entanto, a orientação a laser não é isenta de falhas. O feixe de laser pode ser detectado por inimigos equipados com sistemas de detecção a laser, e o designador e a ótica do laser podem ser danificados pelo fogo de retorno de um ofuscante a laser. Além disso, o feixe pode ficar embaçado ou mesmo completamente bloqueado por fumaça, chuva, neblina, névoa e nuvens de poeira. Outro fator desfavorável ao guiamento a laser é o fato de que na ocasião de combate em ambiente urbano possuir muitas superfícies refletivas, o que pode fazer com o que o laser seja refletido para um alvo diferente do intencionado, causando danos colaterais ou até o fratricídio.

Além de sua orientação a laser, o MSS 1.2 também é projetado para ser lançados sem orientação, no caso de o alvo estiver tão perto que não haja sentido em designá-lo com um ponto de laser. Nesses casos, se o buscador falhar em detectar

um ponto de laser, o sistema de orientação do míssil o forçará a voar em uma trajetória tão reta e plana quanto possível, até que voe o suficiente para se autodestruir.

O peso de seu lançador, sem o tripé é de 17kg e cada míssil pesa 15kg.

Quanto ao seu custo, o MAC MSS 1.2 custa aproximadamente U\$300.000,00 por míssil.

#### **4 MÉTODO MULTICRITÉRIO**

O Processo de Análise Hierárquica (AHP) é uma das principais técnicas desenvolvidas para auxiliar na tomada de decisões e em análises multicritério discretas. Este método é prático e mensurável, permitindo que critérios tanto qualitativos quanto quantitativos sejam utilizados no processo de avaliação. Um dos maiores benefícios deste método é a capacidade de incorporar aspectos tangíveis e intangíveis, como experiência, preferências subjetivas e intuição, de maneira lógica e estruturada.

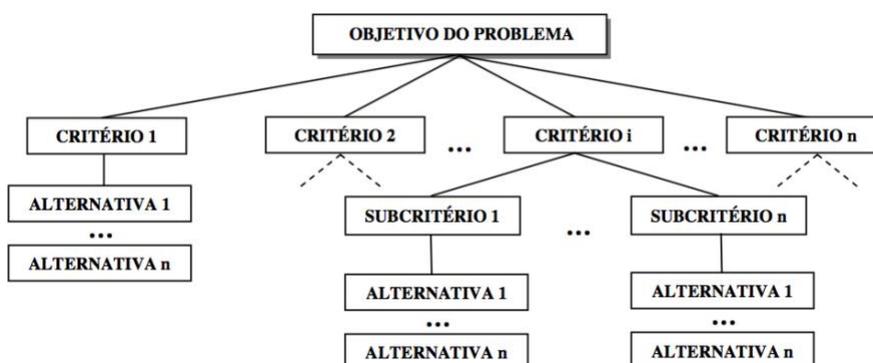
A principal abordagem deste método é dividir o problema de decisão em diferentes níveis hierárquicos, tornando a compreensão e a avaliação mais fáceis. Isso permite a segmentação do problema em subproblemas menores e menos complexos, que podem ser analisados separadamente. Para alcançar isso, o método emprega um procedimento cartesiano, decompondo o problema em novos fatores até um nível que possibilite estabelecer relações, e depois sintetiza todas as informações obtidas, conforme Costa (2002)

Para colocar em prática este método, é necessário seguir, sequencialmente, três etapas: Estruturação da Hierarquia; Definição das Prioridades; e Verificação da Consistência Lógica.

##### **4.1 Estruturação da hierarquia**

Nessa fase, é criada uma estrutura hierárquica, conforme a figura 4, que inclui critérios, subcritérios e, na base, as alternativas, com o objetivo de facilitar a compreensão e avaliação do problema. As alternativas devem ser avaliadas a partir dos níveis hierárquicos superiores, de forma clara, pelo nível mais baixo dessa estrutura. A hierarquia estruturada proporciona um melhor entendimento do problema e, após as avaliações nos níveis inferiores, permite a síntese dessas avaliações subindo na hierarquia, culminando em uma decisão consolidada. Segundo Bornia e Wernke (2001)

Figura 4 - Árvore de critérios e subcritérios



Fonte: Passos (2010)

## 4.2 Definição das prioridades

Neste estágio, o decisor precisa fazer comparações paritárias (um a um) entre os elementos do mesmo nível hierárquico, determinando qual elemento é mais prioritário em relação ao outro. Para simplificar essa comparação, Saaty introduziu uma escala fundamental que ajuda a estabelecer prioridades entre os elementos durante as comparações par a par. Essa escala, detalhada na Tabela 3, adaptada de Saaty, atribui um valor específico a cada grau de importância de um item sobre o outro.

Desta forma, definimos as prioridades da seguinte maneira, conforme Marins et al (2009):

### 4.2.1 Julgamentos paritários

Nesta etapa, os elementos de um nível hierárquico serão avaliados em pares, levando em consideração cada elemento conectado a um nível superior, formando as matrizes de julgamento A, utilizando a Escala Fundamental de Saaty, conforme Trevizano e Freitas (2005), apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala Fundamental de saaty

Valor	Definição	Explicação
1	Ambos elementos são de igual importância.	Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido sobre o outro.

7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty (1980)

A quantidade de julgamentos necessários para criar a matriz de julgamentos é determinada pela fórmula genérica  $A$ , que é igual a  $n(n-1)/2$ , onde  $n$  é o número de elementos da matriz. Os elementos de  $A$  são especificados pelas seguintes condições:

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ onde: } \begin{array}{l} a_{ij} > 0 \longrightarrow \text{positiva} \\ a_{ij} = 1 \longrightarrow a_{ji} = 1 \\ a_{ij} = 1/a_{ji} \longrightarrow \text{recíproca} \\ a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk} \longrightarrow \text{consistência} \end{array}$$

#### 4.2.2 Normalização da matriz de julgamentos

Nesta etapa, somam-se os elementos de cada coluna das matrizes de julgamento e, em seguida, são divididos cada elemento dessas matrizes pela soma dos valores da coluna correspondente, desta forma, obtemos os quadros normalizados.

#### 4.2.3 Cálculo das prioridades

Neste momento é realizada a média das linhas da matriz de julgamentos normalizada e obtém-se o critério que terá prioridade em relação ao outro.

#### 4.2.4 Cálculo das prioridades globais

Nesta fase, com os dados da matriz de julgamento e com as prioridades relativas, são estabelecidas as prioridades globais, através das quais, são definidas as alternativas que possuem maior prioridade de escolha.

### 4.3 Verificação da consistência lógica

Por ocasião das comparações paritárias usando uma escala, pode acontecer de o decisor introduzir pequenas incoerências, o que é esperado devido à natureza da

avaliação humana. No entanto, para verificar se essas incoerências estão dentro de um limite aceitável, é necessário realizar uma verificação de consistência lógica para validar o julgamento. Para essa verificação, o método propõe o cálculo da razão de consistência, que normalmente deve ser menor que 10% para ser considerada uma consistência lógica aceitável, segundo Trevizano e Freitas (2005).

Sendo:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Onde  $\lambda_{max}$  é o maior autovalor da matriz de julgamentos e IR é o Índice de Consistência Randômico, estabelecido pela Tabela 2.

Tabela 2 – Índice de Consistência Randômico

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (1977)

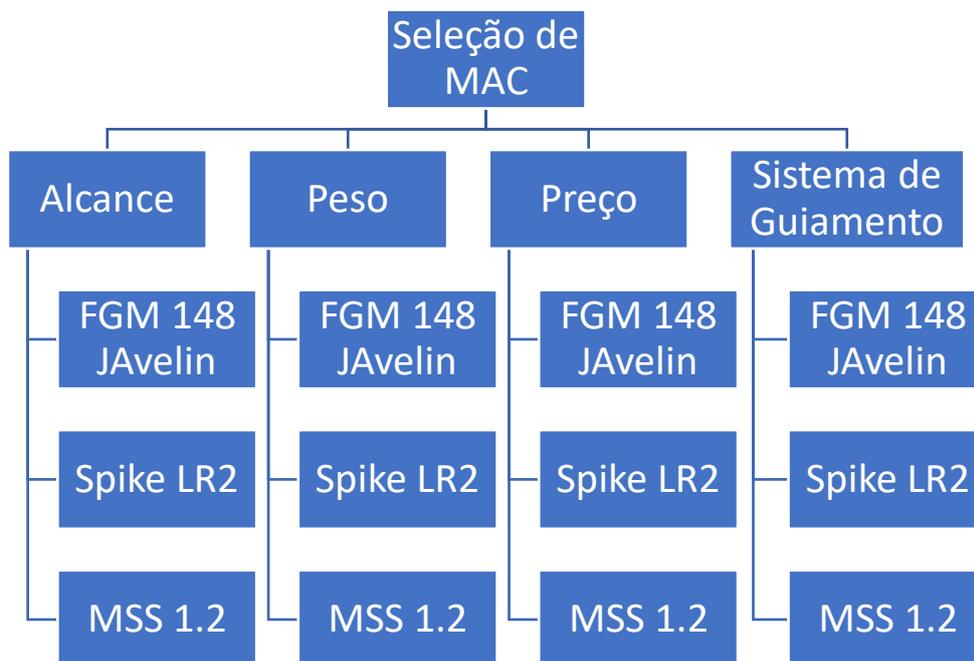
## 5 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Para iniciar nosso estudo de caso, focaremos na seleção de um Míssil Anticarro moderno para o Corpo de Fuzileiros Navais. Consideraremos apenas as capacidades e características dos mísseis analisados, excluindo relações diplomáticas entre o Brasil e os países detentores da tecnologia em pauta. No final do estudo, apresentaremos um ranking dos mísseis, que poderá servir como orientação para uma futura aquisição. A seguir, detalharemos os critérios e alternativas, além de um organograma representado pela Figura 5 para melhor compreensão da nossa análise.

Critérios: Alcance; Peso; Preço; e Sistema de Guiamento.

Alternativas: FGM 148 Javelin; Spike LR2; e MSS 1.2.

Figura 5 – Organograma dos Critérios e Alternativas



Fonte: Autor (2024)

### 5.1 Comparação paritária intercritério

Os quatro critérios escolhidos foram comparados de forma paritária, através do grau de importância. Tal comparação baseou-se na Escala Fundamental de Saaty e tem seu resultado apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Matriz de Comparação dos Critérios

	Alcance	Peso	Preço	Guiamento
Alcance	1	5	3	1/3
Peso	1/5	1	1/3	1/7
Preço	1/3	3	1	1/5
Guiamento	3	7	5	1

Fonte: Autor (2024)

Após a comparação entre os critérios, os valores foram normalizados dividindo-se cada valor pela soma de todos os valores da própria coluna. A prioridade de cada alternativa é definida pela média dos valores apresentados em cada linha, obtendo-se o vetor prioridade dos pesos. Conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz Normalizada dos Critérios

	Alcance	Peso	Preço	Guiamento	Prioridades
Alcance	0,221	0,313	0,321	0,199	0,263
Peso	0,044	0,063	0,036	0,085	0,057
Preço	0,074	0,188	0,107	0,119	0,122
Guiamento	0,662	0,438	0,536	0,597	0,558

Fonte: Autor (2024)

A partir de tal normalização, pode-se verificar que o critério Guiamento obteve maior prioridade que os demais.

Após o processo de normalização da matriz e estabelecimento das prioridades entre os critérios, calculou-se a Razão de Consistência (RC) dos juízos, obtendo-se  $RC=0,0654$ . Desta forma, os julgamentos são confiáveis, pois RC é inferior ao máximo admitido, que é 0,1.

## 5.2 Comparação paritária intracriterial

Após a comparação paritária intercriterial, são realizadas as comparações entre as alternativas, apresentada na Tabela 5, dentro de cada critério estabelecido, obtendo-se as prioridades relativas das alternativas para cada critério, apresentadas nas Tabelas 6 à 9.

Tabela 5 – Quadro Resumo das Alternativas

	Alcance (m)	Peso (kg)	Preço (U\$)	Guiamento
<b>FGM 148 Javelin</b>	4.000	15,5	178.000,00	Fire & Forget
<b>Spike LR2</b>	5.500	13	190.000,00	Fire & Forget;  Fire & Observe;  Fire to Target Coordinates

<b>MSS 1.2</b>	3.200	17	300.000,00	Laser Semiativo
----------------	-------	----	------------	--------------------

Fonte: Autor (2024)

Tabela 6 – Prioridade Relativa para o Alcance

**C1 - ALCANCE**

	JAVELIN	SPIKE	MSS 1.2
JAVELIN	1	1/3	3
SPIKE	3	1	4
MSS 1.2	1/3	1/4	1

Fonte: Autor (2024)

Tabela 7 – Prioridade Relativa para o Peso

**C2 - PESO**

	JAVELIN	SPIKE	MSS 1.2
JAVELIN	1	1/2	2
SPIKE	2	1	3
MSS 1.2	1/2	1/3	1

Fonte: Autor (2024)

Tabela 8 – Prioridade Relativa para o Preço

**C3 - PREÇO**

	JAVELIN	SPIKE	MSS 1.2
JAVELIN	1	3	5
SPIKE	1/3	1	3
MSS 1.2	1/5	1/3	1

Fonte: Autor (2024)

Tabela 9 – Prioridade Relativa para o Sistema de Guiamento

**C4 - GUIAMENTO**

	JAVELIN	SPIKE	MSS 1.2
JAVELIN	1	1/3	5
SPIKE	3	1	7
MSS 1.2	1/5	1/7	1

Fonte: Autor (2024)

Após a comparação intracriterial, foi realizada a normalização das matrizes, demonstrada nas Tabelas 10 à 13:

Tabela 10 – Prioridade Relativa para o Alcance Normalizada

	JAVELIN	SPIKE	MSS 1.2	Médias
JAVELIN	0,23	0,21	0,38	0,27
SPIKE	0,69	0,63	0,50	0,61
MSS 1.2	0,08	0,16	0,13	0,12

Fonte: Autor (2024)

Tabela 11 – Prioridade Relativa para o Peso Normalizada

	JAVELIN	SPIKE	MSS 1.2	Médias
JAVELIN	0,29	0,27	0,33	0,30
SPIKE	0,57	0,55	0,50	0,54
MSS 1.2	0,14	0,18	0,17	0,16

Fonte: Autor (2024)

Tabela 12 – Prioridade Relativa para o Preço Normalizada

	JAVELIN	SPIKE	MSS 1.2	Médias
JAVELIN	0,65	0,69	0,56	0,633
SPIKE	0,22	0,23	0,33	0,260
MSS 1.2	0,13	0,08	0,11	0,106

Fonte: Autor (2024)

Tabela 13 – Prioridade Relativa para o Sistema de Guiamento Normalizada

	JAVELIN	SPIKE	MSS 1.2	Médias
JAVELIN	0,24	0,23	0,38	0,283
SPIKE	0,71	0,68	0,54	0,643
MSS 1.2	0,05	0,10	0,08	0,074

Fonte: Autor (2024)

### 5.3 Agregação e prioridade global

Após a normalização da matriz intracriterial, é realizada a Agregação Média, obtendo as prioridades locais das alternativas, exposta na Tabela 14.

Tabela 14 – Matriz de Prioridade Agregada das Alternativas

	<b>JAVELIN</b>	<b>SPIKE</b>	<b>MSS 1.2</b>	<b>GUIAMENTO</b>
<b>JAVELIN</b>	<b>0,272</b>	<b>0,297</b>	<b>0,633</b>	<b>0,283</b>
<b>SPIKE</b>	<b>0,608</b>	<b>0,539</b>	<b>0,260</b>	<b>0,643</b>
<b>MSS 1.2</b>	<b>0,120</b>	<b>0,164</b>	<b>0,106</b>	<b>0,074</b>

Fonte: Autor (2024)

Para que se obtenha a prioridade global, torna-se necessária a multiplicação matricial entre as prioridades locais e o vetor prioridade dos pesos.

$$\begin{array}{|c|} \hline \mathbf{0,272 \quad 0,297 \quad 0,633 \quad 0,283} \\ \hline \mathbf{0,608 \quad 0,539 \quad 0,260 \quad 0,643} \\ \hline \mathbf{0,120 \quad 0,164 \quad 0,106 \quad 0,074} \\ \hline \end{array} \quad \times \quad \begin{array}{|c|} \hline \mathbf{0,263} \\ \hline \mathbf{0,057} \\ \hline \mathbf{0,122} \\ \hline \mathbf{0,558} \\ \hline \end{array}$$

Como resultado da prioridade global, obtém-se a classificação global entre as alternativas, apresentada na Tabela 15.

Tabela 15 – Pontuação e Classificação das Alternativas

<b>MAC</b>	<b>PONTUAÇÃO</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>
<b>JAVELIN</b>	0,324	2º
<b>SPIKE</b>	0,581	1º
<b>MSS 1.2</b>	0,095	3º

Fonte: Autor (2024)

## 5.4 Resultados globais

Com base nos resultados e nos critérios de Alcance, Peso, Preço e Sistema de Guiamento, concluiu-se que a melhor opção de Míssil Anticarro, com um índice de prioridade relativa de 58,1%, é adquirir o MAC SPIKE LR2 da fabricante israelense RAFAEL Advanced Defense Systems Ltd.

## 6 CONCLUSÃO

O presente artigo, buscou apresentar a evolução dos Mísseis Anticarro (MAC) ao longo da história, que reflete a adaptação contínua às necessidades táticas e tecnológicas do campo de batalha moderno, apresentando desde os primeiros sistemas "comando manual com linha de visão" (MCLOS) até os avançados mísseis "fire-and-forget" e "fire observe and update".

O autor apresentou, também que importância dos MAC nas Operações Terrestres de Caráter Naval é inegável. Esses mísseis proporcionam uma capacidade crucial de enfrentar e neutralizar veículos blindados, permitindo que forças menores e menos equipadas possam enfrentar adversários com superioridade em blindagem. Desta forma, os MAC tornam-se essenciais para garantir a flexibilidade e a eficácia das Operações Terrestres de Caráter Naval, onde a capacidade de mobilização rápida e a precisão são fundamentais.

O processo de seleção do MAC ideal para o Corpo de Fuzileiros Navais, realizado através do Método de Análise Hierárquica (AHP), evidenciou a complexidade e a importância de uma análise criteriosa. Dentre os muitos critérios que poderiam ser estabelecidos, optou-se pelo Alcance, Peso, Preço e Sistema de Guiamento, resultando na priorização dos sistemas conforme suas capacidades e eficácia. O processo de AHP permitiu uma avaliação estruturada e lógica, incorporando tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos.

Os resultados obtidos através do presente trabalho indicaram que a melhor opção de Míssil Anticarro, com um índice de prioridade relativa de 58,1%, é o SPIKE LR2 da fabricante israelense RAFAEL Advanced Defense Systems Ltd. Este sistema destacou-se pela sua combinação de alcance, leveza, preço competitivo e sistemas avançados de guiamento, como "fire-and-forget" e "fire observe and update". A escolha do SPIKE LR2 proporciona ao Corpo de Fuzileiros Navais uma ferramenta altamente eficaz e versátil.

Em suma, a evolução e a seleção criteriosa dos MAC são fundamentais para manter a eficácia e a superioridade tática nas operações militares modernas. A contínua adaptação e inovação nesses sistemas garantirão que as forças armadas estejam preparadas para enfrentar as ameaças futuras com sucesso.

## REFERÊNCIA

ALMEIDA, T. R. de. **Análise da evolução dos mísseis anticarro e sua aplicação nos conflitos modernos**. Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2020.

BASTOS, Expedito Carlos Stephani. **Guerra na Europa: Ucrânia 2022, o cemitério dos blindados Russos**, 12 de abr. de 2022. Disponível em: <<https://ecsbdefesa.com.br/guerra-na-europa-ucrania-2022-o-cemiterio-dos-blindados-russos/>> Acesso em: 10 de abr. de 2023.

BERMAN, Eric G.; JONES, Jenzen; LEFF, Jonah. **Anti-tank Guided Weapons. Small Arms Survey**, 2017. Disponível em: <<http://www.jstor.com/stable/resrep10585>>. Acesso em 23 de abr. de 2023.

BORNIA, Antonio Cezar; WERNKE, Rodney. **A contabilidade gerencial e os métodos multicriteriais**. Revista Contabilidade & Finanças. FIPECAPI – FEA – USP. v.14, n. 25, p. 60- 71, jan./abr. 2001.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Glossário das Forças Armadas**. 5. ed. Brasília: Ministério da Defesa, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md35-G-01-glossario-das-forcas-armadas-5-ed-2015-com-alteracoes.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2024.

CHATTOPADHYAY, Sankalan. **Busting the myth: Why you are probably wrong about the Russian tanks**. Vayu Aerospace and Defence Review, n. 4, p. 67-70, 2022.

COOPER, V. P. de A. **Estudo sobre a eficiência dos mísseis anticarro no contexto moderno**. Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2020.

COSTA, Helder Gomes. **Introdução ao Método de Análise Hierárquica – Análise Multicritério no Auxílio à Decisão**, Niterói; Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF, 2002.

LOCKHEED MARTIN. Javelin Weapon System. Disponível em: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/javelin.html>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva. **O uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais: Um estudo de caso**. XLI SBPO - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento, [S. l.], p. 1778-1788, 4 set. 2009.

PASSOS, A. C. **Definição de um índice de qualidade para distribuidoras de energia elétrica utilizando o apoio multicritério à decisão e análise de séries temporais**. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

RAFAEL Advanced Defense Systems Ltd. Disponível em: <https://www.rafael.co.il>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SAATY, Thomas Lorie. **A scaling method for priorities in hierarchical structures**. Journal of mathematical psychology, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.

\_\_\_\_\_. **The Analytic Hierarchy Process**. N. York, USA McGraw-Hill. 1980.

SIATT - Sistemas Integrados de Alto Teor Tecnológico. Disponível em: <https://www.siatt.com.br>. Acesso em: 15 jul. 2024.

TREVIZANO, D. V.; FREITAS, M. A. **Aplicação do método AHP para a seleção da melhor alternativa para a integração dos sistemas de informação da Prefeitura Municipal de Quissamã**. In: Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2005. p. 1234-1245.

WEBER, George. **The Role of Anti-Tank Guided Missiles in Modern Warfare: Lessons from Ukraine.** Military Review, 2023.