

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

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**NOME COMPLETO:** KEVIM IOCHIMS

**TÍTULO:** Método multicritério de apoio à decisão para a aquisição de um novo obuseiro 155mm para o Corpo de Fuzileiros Navais

**PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU***

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

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

**KEVIM IOCHIMS**

**MÉTODO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA A AQUISIÇÃO DE UM  
NOVO OBUSEIRO 155MM PARA O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS**

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, a fim de aprimorar o ambiente acadêmico e a discussão entorno das temáticas aqui propostas.

**TÍTULO:** MÉTODO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA A AQUISIÇÃO DE UM NOVO OBUSEIRO 155MM PARA O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS

**AUTOR:** KEVIM IOCHIMS

**ORIENTADOR:** MARCELO ESCOBAR

### **RESUMO**

O artigo explora a importância do obuseiro 155mm para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil e a aplicação do método multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP) na escolha do equipamento mais adequado. São discutidas as vantagens estratégicas e operacionais dos obuseiros 155mm, incluindo alcance, precisão, flexibilidade e capacidade de impacto. Além disso, aborda-se os desafios na seleção do obuseiro, considerando características técnicas, custos e compatibilidade logística. O método AHP é apresentado como uma ferramenta robusta para tomada de decisão, estruturando o problema em uma hierarquia de objetivos, critérios e alternativas. Com base nos critérios de alcance, peso, volume e preço, as alternativas de obuseiros M777, M198 e FH-70 foram comparadas. O método indicou que o modelo M777 é o mais adequado, de acordo com as preferências dos critérios adotados, garantindo uma escolha bem-informada e justificada, essencial para a modernização e eficiência do Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Artilharia. Obuseiro. Analytic Hierarchy Process (AHP).

## TÍTULO DO TCC: MÉTODO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO PARA A AQUISIÇÃO DE UM NOVO OBUSEIRO 155MM PARA O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS

Kevim lochims,

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 artigo explora a importância do obuseiro 155mm para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil e a aplicação do método multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP) na escolha do equipamento mais adequado. São discutidas as vantagens estratégicas e operacionais dos obuseiros 155mm, incluindo alcance, precisão, flexibilidade e capacidade de impacto. Além disso, aborda-se os desafios na seleção do obuseiro, considerando características técnicas, custos e compatibilidade logística. O método AHP é apresentado como uma ferramenta robusta para tomada de decisão, estruturando o problema em uma hierarquia de objetivos, critérios e alternativas. Com base nos critérios de alcance, peso, volume e preço, as alternativas de obuseiros M777, M198 e FH-70 foram comparadas. O método indicou que o modelo M777 é o mais adequado, de acordo com as preferências dos critérios adotados, garantindo uma escolha bem-informada e justificada, essencial para a modernização e eficiência do Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Artilharia. Obuseiro. Analytic Hierarchy Process (AHP).

## 1. INTRODUÇÃO

A defesa nacional é uma prioridade estratégica para qualquer nação, e o Brasil, com sua vasta extensão territorial e complexa geografia, enfrenta desafios únicos nesse campo. O Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil desempenha um papel crucial na proteção das águas territoriais e na garantia da segurança em regiões costeiras e ribeirinhas. Nesse contexto, a modernização e a eficiência do armamento utilizado por essa força são de extrema importância.

Entre os diversos tipos de armamentos disponíveis, o obuseiro 155mm se destaca como uma peça de artilharia essencial para operações militares de grande escala. A precisão, o alcance e a capacidade de impacto deste equipamento fazem dele uma ferramenta estratégica vital para as batalhas no século XXI (CHAKRAVORTY, 2021). A adoção de um obuseiro 155mm adequado pode significar a diferença entre o sucesso e o fracasso em missões críticas, reforçando a capacidade de resposta rápida e eficiente em situações de conflito (JURAYEVICH et al., 2023).

No entanto, a escolha do obuseiro 155mm ideal não é uma tarefa simples. Existem diversas opções no mercado, cada uma com suas próprias características técnicas, custos, e vantagens operacionais. Para garantir uma decisão bem-informada e alinhada com as necessidades específicas do Corpo de Fuzileiros Navais, é fundamental a utilização de métodos de análise robustos e confiáveis.

O método multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP) surge como uma ferramenta poderosa nesse processo de tomada de decisão. O AHP permite a avaliação sistemática e objetiva de múltiplos critérios, facilitando a comparação de diferentes alternativas de obuseiros 155mm (SAATY, 1980). Por meio da decomposição do problema em uma hierarquia de critérios e subcritérios, e da atribuição de prioridades (pesos) a cada um deles, o AHP possibilita uma análise detalhada que considera tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos (SAATY, 2002).

Este trabalho tem como objetivo explorar a importância de um obuseiro 155mm para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil e demonstrar como o método AHP pode ser aplicado na escolha do equipamento mais adequado. Ao longo deste estudo, serão apresentados os principais critérios a serem considerados na seleção

do obuseiro, bem como um exemplo prático de aplicação do AHP, evidenciando sua relevância e eficácia no processo decisório.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

Neste capítulo, será apresentada a fundamentação teórica que embasa a importância dos obuseiros 155mm para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil, seguida de uma explicação detalhada do método Analytic Hierarchy Process (AHP), seu funcionamento e aplicação prática na escolha do obuseiro mais adequado.

### **2.1 Fundamentação teórica**

Os obuseiros 155mm são peças de artilharia de grande calibre utilizadas para apoio de fogo em operações militares. Sua importância para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil pode ser compreendida a partir de várias perspectivas.

Com relação a alcance e precisão, os obuseiros 155mm possuem um alcance significativamente maior em comparação com outras peças de artilharia de menor calibre. Isso permite que as forças militares atinjam alvos a grandes distâncias, proporcionando uma vantagem tática em campo de batalha. A precisão desses obuseiros também é um fator crítico, pois minimiza os danos colaterais e aumenta a eficácia das operações (HARRISON, 2008).

No quesito flexibilidade operacional, esse armamento é capaz de disparar uma variedade de munições, incluindo projéteis explosivos, fumígenos e de iluminação. O calibre 155mm permite o uso de projéteis de grande impacto, capazes de neutralizar alvos fortificados e veículos blindados. Isso é essencial para o Corpo de Fuzileiros Navais, que muitas vezes enfrenta ameaças significativas em ambientes costeiros e urbanos. Essa versatilidade permite que eles sejam utilizados em diferentes tipos de missões, desde bombardeios diretos a apoio de fogo indireto (CHAKRAVORTY, 2021).

Além disso, seu uso vem sendo de vital importância no conflito Rússia x Ucrânia, demonstrando a atualidade de seu emprego (JURAYEVICH et al., 2023). Nesse contexto, o Exército dos EUA firmou um contrato de US\$ 50 milhões com a BAE Systems para a produção das estruturas principais do obuseiro leve M777, conhecido por sua mobilidade e eficiência. A produção envolverá cadeias de suprimentos no Reino Unido e nos EUA, com as primeiras entregas previstas para

2025. Esse acordo destaca a importância do M777 na indústria de defesa global e impulsiona a capacidade de produção em larga escala (BARROS, 2024).

A seleção do obuseiro 155mm adequado envolve a consideração de diversos fatores, incluindo características técnicas como alcance máximo, precisão, taxa de disparo, e mobilidade; custos monetários não apenas de aquisição, mas também os de manutenção, treinamento e operação ao longo do ciclo de vida do equipamento; e compatibilidade logística capaz de permitir seu emprego em diversos ambientes, especialmente no seu transporte por navios e aeronaves.

## 2.2 Método *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

O Analytic Hierarchy Process (AHP) é um método multicritério de tomada de decisão desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970. Ele é amplamente utilizado para resolver problemas complexos que envolvem a avaliação de múltiplos critérios, combinando dados qualitativos e quantitativos de maneira estruturada e sistemática (SAATY, 1980).

O AHP organiza o problema de decisão em uma hierarquia composta por três níveis principais:

**Objetivo Principal:** No topo da hierarquia está o objetivo geral do processo de decisão, que, neste caso, é a escolha do obuseiro 155mm mais adequado para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil.

**Critérios e Subcritérios:** O segundo nível é composto pelos critérios que influenciam a decisão. Estes podem ser divididos em subcritérios mais específicos. Exemplos de critérios incluem características técnicas, custos, e compatibilidade logística.

**Alternativas:** No nível mais baixo da hierarquia estão as alternativas de obuseiros 155mm disponíveis no mercado.

A aplicação do AHP na escolha de um obuseiro 155mm envolve os seguintes passos:

**Definição do Objetivo e Critérios:** Estabelecimento do objetivo principal (escolha do melhor obuseiro 155mm) e dos critérios de avaliação (características técnicas, custos, compatibilidade logística etc.).

**Estruturação da Hierarquia:** Organização dos critérios e subcritérios em uma hierarquia clara e lógica.

Realização das Comparações Paritárias (aos pares): Comparação dos critérios e subcritérios de um mesmo nível hierárquico para determinar sua importância relativa, bem como avaliação paritária das alternativas com base nesses (sub)critérios. Essa avaliação é realizada de acordo com uma escala proposta por Saaty que julga o grau de importância relativo de um elemento sobre o outro resultando em matrizes de julgamentos.

Cálculo das Prioridades locais: A partir das matrizes de julgamento e de um procedimento de normalização proposto, é possível obter a prioridade local (peso) dos critérios, dos subcritérios e das alternativas em cada (sub)critério.

Cálculo das Prioridades globais (Pontuações): A partir dos pesos dos critérios e dos subcritérios e das alternativas em cada (sub)critério, é calculada a prioridade global (pontuação) de cada alternativa, resultando na identificação da melhor opção (SAATY, 2002). Esse cálculo é realizado pela soma da contribuição da prioridade local da alternativa ponderada pela prioridade local de cada (sub)critério. Nessa etapa cada elemento é ponderado pelo elemento imediatamente superior na hierarquia.

Este método sistemático e estruturado permite uma tomada de decisão informada e justificada, garantindo que todos os fatores relevantes sejam considerados de maneira equilibrada e transparente. A aplicação do AHP na escolha do obuseiro 155mm para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil não apenas facilita a comparação entre diferentes opções, mas também proporciona uma base sólida para justificar a escolha final perante as autoridades competentes.

## **2.3 Estruturação do problema**

Neste capítulo, será estruturado o problema de escolha de um obuseiro 155mm para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP). A seguir, serão apresentadas as três alternativas de obuseiros 155mm e os critérios de escolha que serão utilizados para avaliar essas alternativas.

### **2.3.1 Problema de Escolha**

A seleção de um obuseiro 155mm adequado para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil é um problema complexo que envolve a consideração de múltiplos

critérios. A decisão correta é crucial para garantir que as necessidades operacionais e táticas da força sejam atendidas de maneira eficaz e eficiente. Os critérios de escolha devem ser rigorosamente avaliados para garantir que a melhor alternativa seja selecionada, proporcionando um equilíbrio entre desempenho, custo e capacidade logística.

### 2.3.2 Alternativas de Obuseiro 155mm

Nos últimos anos, tem-se observado uma diminuição no desenvolvimento de novos obuseiros rebocados de 155mm no mercado global. Essa tendência pode ser atribuída a vários fatores como o avanço da tecnologia, a mudança de doutrina e considerações logísticas.

No entanto, estes aspectos são mais relevantes para forças que operam em terrenos de grandes dimensões, como os exércitos. As tropas de fuzileiros navais, no entanto, precisam de meios mais leves, que possam ser transportados em navios anfíbios.

Estas características podem ser visualizadas através do emprego do M777 pelos fuzileiros navais dos EUA até os dias atuais. Assim, mesmo com escassez de novos meios rebocados, nesta seção serão apresentadas três alternativas de obuseiros que existem no mercado global e são utilizados pelas forças armadas atualmente.

#### 2.3.2.1 Obuseiro M777

O M777 é um obuseiro rebocado de 155mm fabricado pela BAE Systems. Sua leveza, facilitada pelo uso extensivo de titânio, torna-o ideal para operações aerotransportadas e anfíbias. É largamente empregado atualmente pelos fuzileiros navais dos EUA (*United States Marine Corps*). Suas principais características são apresentadas na Tabela 1.

**TABELA 1 – Obuseiro M777**

Características	M777
Peso	4.200 kg
Alcance	24,7 km
Volume	64,12 m <sup>3</sup>

Preço

\$ 3.738.000,00

Fonte: Weapon Systems; BAE Systems (2017)

Pode-se notar que o peso e o volume do obuseiro M777 (Figura 1) são relativamente baixos, tornando-o adequado para o emprego por tropas de fuzileiros navais. O preço, no entanto, pode se apresentar como uma desvantagem em relação às demais alternativas, uma vez que o armamento é o mais atual dentre as alternativas.



Figura 1 – Obuseiro M777

Fonte: Weapon Systems

### 2.3.2.2 Obuseiro M198

O M198 é um obuseiro rebocado de 155mm desenvolvido pelos Estados Unidos. Atualmente foi amplamente substituído pelo M777 no país, mas ainda é largamente utilizado por outras forças armadas devido à sua confiabilidade e desempenho. Suas principais características são apresentadas na Tabela 2.

**TABELA 2 – Obuseiro M198**

Características	M198
Peso	7.163 kg
Alcance	22 km
Volume	99,84 m3

---

Preço

\$ 527.000,00

---

Fonte: Weapon Systems

O peso e o volume do obuseiro M198 (Figura 2) são consideravelmente maiores que o seu substituto (M777), uma vez que seu projeto é mais antigo e menos aprimorado. O preço, no entanto, apresenta-se como uma vantagem em relação ao M777, pelos motivos apresentados.



Figura 2 – Obuseiro M198  
Fonte: Weapon Systems

### 2.3.2.3 FH-70

O FH-70 é um obuseiro rebocado de 155mm desenvolvido em colaboração entre o Reino Unido, Alemanha e Itália. É conhecido por sua robustez e capacidade de operar em condições adversas e terrenos difíceis. Suas principais características são apresentadas na Tabela 3.

**TABELA 3 – Obuseiro FH-70**

Características	FH-70
Peso	9.300 kg
Alcance	24,7 km
Volume	61,95 m3
Preço	\$ 594.000,00

Fonte: Weapon Systems; Military Today

Uma das principais desvantagens deste obuseiro para uma tropa de fuzileiros navais é seu grande peso, dificultando seu transporte por aeronaves e meios navais. Por ser um armamento mais antigo que o M777, o preço do FH-70 (Figura 3) apresenta-se como uma vantagem dentre as alternativas.



Figura 3 – FH-70  
Fonte: Weapon Systems

### 2.3.3 Critérios de Escolha

A aplicação do método AHP permitirá a avaliação estruturada das alternativas com base nos critérios estabelecidos, facilitando a escolha informada e justificada do obuseiro mais adequado para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil. Para a seleção do obuseiro mais adequado, serão considerados os quatro critérios apresentados a seguir.

### 2.3.3.1 Alcance

O alcance de um obuseiro é um dos fatores mais críticos a serem considerados. A capacidade de atingir alvos a grandes distâncias proporciona uma vantagem estratégica e tática significativa. Obuseiros com maior alcance permitem que as forças militares operem a partir de posições mais seguras, mantendo a capacidade de apoiar unidades avançadas e atingir alvos além da linha de visão direta. Além disso, um maior alcance pode reduzir a necessidade de reposicionamento frequente, aumentando a eficiência operacional.

### 2.3.3.2 Peso

O peso do obuseiro afeta diretamente sua mobilidade e a facilidade de transporte. Em operações de fuzileiros navais, onde a mobilidade é crucial, um obuseiro mais leve permite um transporte mais ágil, seja por terra, ar ou mar. Obuseiros mais leves podem ser transportados por aeronaves ou embarcações menores, facilitando a inserção rápida em teatros de operação variados.

### 2.3.3.3 Volume

O volume do obuseiro refere-se ao espaço que ele ocupa, tanto em termos de armazenamento quanto de transporte. Um obuseiro com menor volume é mais fácil de transportar e pode ser armazenado em espaços menores, o que é vantajoso em operações que exigem rápida mobilização e desmobilização, como as características de tropas de fuzileiros navais. Além disso, um obuseiro compacto facilita o transporte aéreo e por navios, dando maior flexibilidade ao seu emprego em operações anfíbias.

### 2.3.3.4 Preço

O custo de aquisição e operação do obuseiro é um fator determinante na escolha. Um obuseiro com um custo inicial mais alto pode ter vantagens operacionais que justificam o investimento, mas é essencial equilibrar o custo com os benefícios oferecidos.

## 2.4 Modelagem utilizando o AHP

Neste tópico será realizada a modelagem do problema de escolha do obuseiro 155mm para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP). Este método permite a estruturação do problema em uma hierarquia de decisão, considerando múltiplos critérios e alternativas para chegar à melhor decisão.

A Tabela 4 apresenta a matriz inicial de avaliação a partir da qual serão retirados os dados para a modelagem utilizando o AHP.

**TABELA 4 – Matriz Inicial do Problema**

	M777	M198	FH-70
Peso	4.200 kg	7.163 kg	9.300 kg
Alcance	24,7 km	22 km	24,7 km
Volume	64,12 m <sup>3</sup>	99,84 m <sup>3</sup>	61,95 m <sup>3</sup>
Preço	\$ 3.738.000,00	\$ 527.000,00	\$ 594.000,00

Fonte: BAE System; Weapon Systems; Military Today

#### 2.4.1 Etapa 1: Construção da hierarquia de decisão

A primeira etapa na aplicação do AHP é a construção da hierarquia da decisão, que é uma representação estruturada do problema em níveis. Esta hierarquia facilita a análise e a comparação dos critérios e das alternativas envolvidas na escolha do obuseiro.

##### 2.4.1.1 Definição do Objetivo

O objetivo principal é selecionar o obuseiro 155mm mais adequado para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil. Este objetivo está no topo da hierarquia.

##### 2.4.1.2 Identificação dos Critérios

Para atingir o objetivo, identificamos os seguintes critérios de escolha, que serão usados para avaliar as alternativas de obuseiros:

Alcance: A capacidade de atingir alvos a distâncias variadas;

Peso: A massa do obuseiro, afetando sua mobilidade e transporte;

Volume: O espaço que o obuseiro ocupa, influenciando a logística de transporte e armazenamento; e

Preço: O custo total de aquisição e operação do obuseiro.

#### 2.4.1.3 Identificação das Alternativas

As alternativas a serem avaliadas com base nos critérios definidos são os três obuseiros 155mm: M777, M198 e FH-70.

#### 2.4.1.4 Estrutura da Hierarquia

A hierarquia da decisão pode ser visualizada da seguinte maneira:

Nível 1 – Objetivo: Selecionar o obuseiro 155mm mais adequado para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil;

Nível 2 – Critérios: Alcance, Peso, Volume e Preço; e

Nível 3 – Alternativas: M777, M198 e FH-70.

Esta estrutura hierárquica pode ser visualizada por meio da Figura 4, onde são apresentados os três níveis do problema em questão.

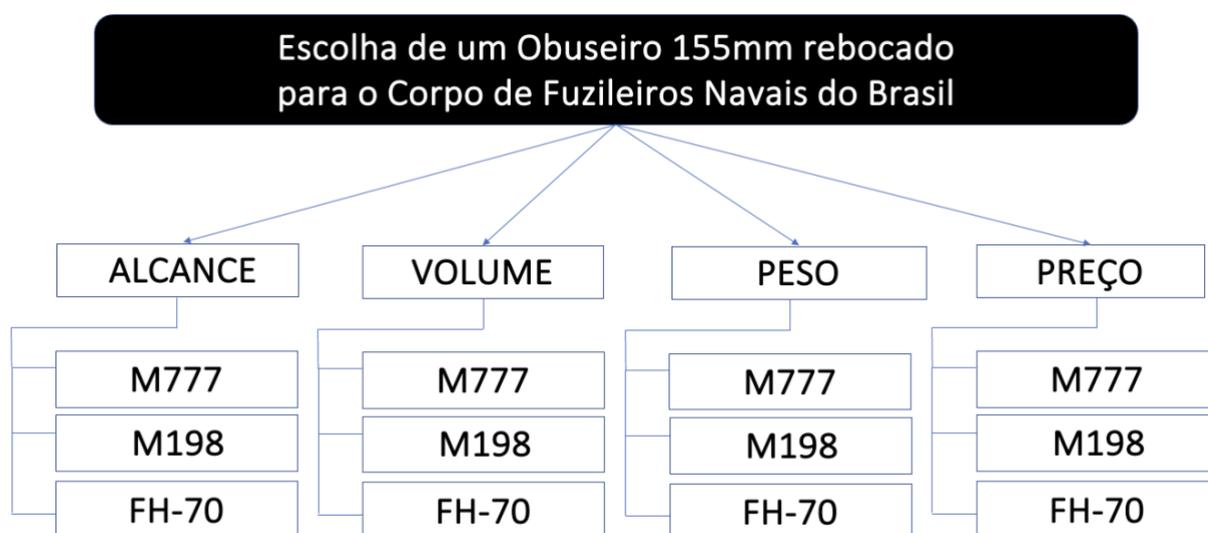


Figura 4 – Estrutura da Hierarquia  
Fonte: O autor

#### 2.4.2 Etapa 2: Análise Intercriterial

A segunda etapa do AHP envolve a análise intercriterial, que consiste na comparação par-a-par dos critérios identificados na hierarquia. Esta análise é fundamental para determinar a importância relativa de cada critério na tomada de decisão.

#### 2.4.2.1 Matriz de Comparação Par-a-Par dos Critérios

A análise intercriterial é realizada por meio da construção de uma matriz de comparação par-a-par, onde cada critério é comparado com todos os outros critérios. A escala de Saaty, que varia de 1 a 9, é utilizada para avaliar a importância relativa entre os critérios (Figura 5).

GRAU DE PREFERÊNCIA OU IMPORTÂNCIA	NOTA
Igualmente preferível	1
Moderadamente preferível	3
Fortemente preferível	5
Muito fortemente preferível	7
Extremamente preferível	9

Figura 5 – Escala de Saaty  
Fonte: Escobar (2024)

#### 2.4.2.2 Construção da Matriz de Comparação

No caso específico em análise, os graus de preferência entre os critérios (comparação par-a-par) foram arbitrados conforme a tabela apresentada na Figura 6, uma vez que traduzem as preferências do decisor.

	Alcance	Volume	Peso	Preço
Alcance	1	3	4	7
Volume	1/3	1	1	3
Peso	1/4	1	1	2
Preço	1/7	1/3	1/2	1

Figura 6 – Matriz de Comparação Par-a-Par  
Fonte: O autor

#### 2.4.2.3 Cálculo dos Pesos Relativos

Para obter os pesos relativos de cada critério, a matriz de comparação é normalizada dividindo-se cada elemento da matriz pelo total de sua coluna. Em seguida, calcula-se a média dos valores normalizados em cada linha para obter os pesos relativos de cada critério.

Esses pesos indicam a importância relativa de cada critério no processo de decisão, conforme a Figura 7.

Critérios		Pesos	Ordem
C1	Alcance	0,565	1
C2	Volume	0,201	2
C3	Peso	0,160	3
C4	Preço	0,074	4

Figura 7 – Pesos Relativos de cada critério  
Fonte: O autor

Para melhor visualização, a hierarquia da decisão com os Pesos Relativos de cada critério é apresentada na Figura 8.

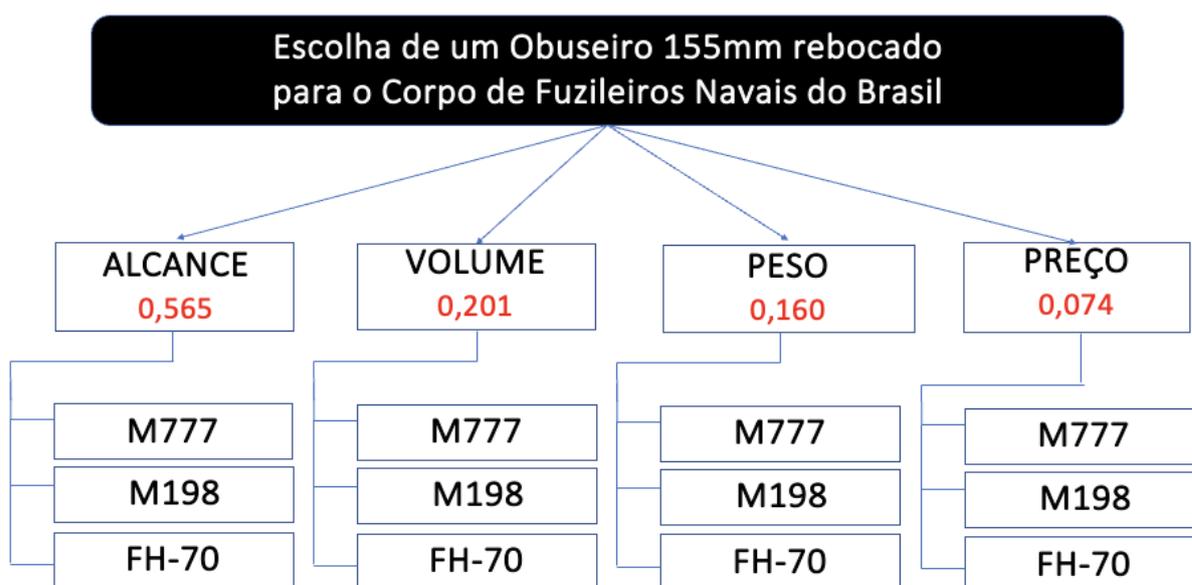


Figura 8 – Hierarquia da decisão com Pesos dos Critérios  
Fonte: O autor

#### 2.4.2.4 Consistência da Matriz

É importante verificar a consistência da matriz de comparação para garantir a validade das avaliações. O índice de consistência (IC) e a razão de consistência (RC) são calculados para avaliar se a matriz está consistente. Uma razão de consistência (RC) menor que 0,1 é geralmente aceitável.

Para chegar ao valor de RC são utilizadas as equações apresentadas na Figura 9, onde A é a matriz de comparação par-a-par, w é o vetor de pesos relativos,

$n$  é o número de critérios e IR é um índice de consistência que se refere a um grande número de comparações par-a-par efetuadas pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos EUA (Escobar, 2024).

$$Aw = \lambda_{max} \times w$$

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

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

Figura 9 – Equações utilizadas para a análise de consistência  
Fonte: Escobar (2024)

Utilizando-se os dados do problema, obteve-se o valor de  $\lambda_{max}$  de 4,024 e um índice de consistência de 0,0079. Aplicando-se o IR de 0,9 fornecido pelo laboratório para  $n$  igual a 4, o valor encontrado para a razão de consistência foi de 0,087.

Desta forma, o valor menor que 0,1 atesta a consistência da matriz de comparação par-a-par dos critérios.

### 2.4.3 Etapa 3: Avaliação das Alternativas

Na terceira etapa do processo AHP, as alternativas de obuseiros serão avaliadas em relação aos critérios definidos, utilizando-se os pesos relativos obtidos na análise intercriterial. Esta avaliação é realizada por meio de comparações par-a-par das alternativas para cada critério, resultando em uma matriz de decisão que permitirá a identificação da alternativa mais adequada.

#### 2.4.3.1 Matriz de Comparação Par-a-Par das Alternativas para cada Critério

Para cada critério, uma matriz de comparação par-a-par é construída, onde as alternativas (M777, M198 e FH-70) são comparadas entre si. A escala de Saaty é novamente utilizada para avaliar a importância relativa entre as alternativas.

A Figura 10 apresenta as matrizes de comparação par-a-par entre as três alternativas para os quatro critérios estabelecidos conforme os dados da Tabela 4.

<b>C1 - Alcance</b>			
	M777	M198	FH-70
M777	1	3	1
M198	1/3	1	1/3
FH-70	1	3	1

<b>C2 - Volume</b>				<b>C3 - Peso</b>			
	M777	M198	FH-70		M777	M198	FH-70
M777	1	5	1/2	M777	1	5	7
M198	1/5	1	1/6	M198	1/5	1	3
FH-70	2	6	1	FH-70	1/7	1/3	1

<b>C4 - Preço</b>			
	M777	M198	FH-70
M777	1	1/9	1/8
M198	9	1	2
FH-70	8	1/2	1

Figura 10 – Comparação Par-a-Par das Alternativas para cada Critério  
Fonte: O autor

#### 2.4.3.2 Cálculo dos Pesos Relativos

Cada matriz de comparação é normalizada da mesma forma que na análise intercritério: dividindo-se cada elemento da matriz pelo total de sua coluna e calculando-se a média dos valores normalizados em cada linha para obter os pesos relativos das alternativas para cada critério.

Realizando este procedimento para cada uma das matrizes, obtemos a seguinte matriz (Figura 11), com o peso relativo de cada alternativa para cada critério.

	<b>Alcance</b>	<b>Volume</b>	<b>Peso</b>	<b>Preço</b>
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
<b>M777</b>	0,4286	0,3854	0,6961	0,0544
<b>M198</b>	0,1429	0,0810	0,2249	0,5278
<b>FH-70</b>	0,4286	0,5336	0,0790	0,4178

Figura 11 – Pesos relativos das Alternativas para cada Critério  
Fonte: O autor

Para melhor visualização, a hierarquia da decisão com os pesos relativos de cada critério e de cada alternativa é apresentada na Figura 12.



Figura 12 – Hierarquia da decisão com Pesos dos Critérios e Alternativas  
Fonte: O autor

#### 2.4.4 Etapa 4: Cálculo da Pontuação Global

Após a realização das etapas anteriores e a obtenção dos pesos relativos das alternativas e dos critérios, calcula-se a pontuação global de cada alternativa. A pontuação global (Figura 13) é obtida multiplicando os pesos relativos das alternativas pelos pesos dos critérios obtidos na análise intercritério e somando os resultados (multiplicação das matrizes).

	Alcance	Volume	Peso	Preço		Pesos		Pontuação Global	Ordem	
	C1	C2	C3	C4						
M777	0,429	0,385	0,696	0,054	x	0,565	=	0,435	1	M777
M198	0,143	0,081	0,225	0,528		0,201		0,172	3	M198
FH-70	0,429	0,534	0,079	0,418		0,160		0,393	2	FH-70
						0,074				

Figura 13 – Pontuação Global de cada Alternativa  
Fonte: O autor

A alternativa com a maior pontuação global é a mais adequada conforme o método. Esta avaliação quantitativa, combinada com uma análise qualitativa das vantagens e desvantagens de cada obuseiro, permite uma decisão informada e justificada.

## 2.5 Resultados obtidos

Neste tópico são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação do método AHP para a escolha do obuseiro 155mm mais adequado para o Corpo de Fuzileiros Navais. A análise considerou os critérios de alcance, peso, volume e preço, e as alternativas avaliadas foram os obuseiros M777, M198 e FH-70.

Após a construção da hierarquia de decisão e a análise intercriterial, a matriz de comparação par-a-par das alternativas foi normalizada para cada critério. A pontuação global das alternativas foi calculada considerando os pesos relativos dos critérios, resultando na ordem de preferência mostrada na Figura 14.

<b>M777</b>	<b>0,435</b>
<b>FH-70</b>	<b>0,393</b>
<b>M198</b>	<b>0,172</b>

Figura 14 – Pontuação Global de cada Alternativa  
Fonte: O autor

O obuseiro M777 foi a alternativa vencedora, destacando-se nos critérios com maiores pesos atribuídos neste estudo. Seu alcance superior e volume mais compacto fizeram com que obtivesse uma pontuação elevada, compensando o custo mais alto em comparação com os outros obuseiros. A vantagem em alcance significa maior flexibilidade e eficácia em operações de longo alcance, enquanto o volume reduzido facilita o transporte e armazenamento em missões logísticas desafiadoras.

Embora tenha ficado em segundo lugar, o FH-70 mostrou-se uma alternativa sólida. Seu desempenho foi bom nos critérios de alcance e volume, mas foi superado pelo M777 em termos de peso devido à tecnologia avançada. O FH-70 oferece um equilíbrio razoável entre desempenho e custo, sendo uma opção viável em cenários onde o orçamento é uma restrição maior.

Por outro lado, o M198 obteve com a menor pontuação global, apresentando limitações nos critérios de alcance e volume. Apesar de seu custo mais baixo, suas desvantagens em termos de alcance e mobilidade reduziram sua atratividade. Este obuseiro é mais adequado para operações onde o custo é um fator crítico e as demandas de alcance e mobilidade são menos severas.

Apesar do custo significativamente superior do M777, a análise revelou que o investimento é justificado pelos benefícios operacionais que oferece. O custo elevado é compensado por um desempenho superior em critérios críticos, essencial para seu uso em operações anfíbias.

Os resultados da aplicação do método AHP indicam que o M777 é a alternativa mais adequada para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil, considerando os critérios de alcance, peso, volume e preço. A hierarquia de prioridades estabelecida evidenciou a importância de um obuseiro com maior alcance e menor volume, aspectos em que o M777 se destacou.

Dessa forma, os julgamentos arbitrados revelaram que o critério preço não teve um peso significativo na decisão final, indicando que o valor de aquisição do obuseiro não foi um fator determinante. O M198 foi bastante penalizado pelo seu peso e volume, o que comprometeu sua posição na avaliação geral. Assim, o M777 apresentou a melhor avaliação global, consolidando-se como a escolha preferida. Contudo, a alternativa M198 poderia ser considerada a mais adequada caso o decisor atribua um peso um pouco menor aos critérios peso e volume, o que destacaria suas vantagens nos demais critérios analisados, especialmente o preço.

### **3. CONCLUSÃO**

O estudo realizado demonstrou a eficácia do método Analytic Hierarchy Process (AHP) na tomada de decisão envolvendo múltiplos critérios e alternativas. A aplicação do AHP permitiu a estruturação do problema de escolha do obuseiro 155mm, considerando critérios fundamentais como alcance, peso, volume e preço, e comparando três alternativas: M777, M198 e FH-70.

Através da análise e comparação par-a-par, foi possível identificar que o M777 é a melhor opção para o Corpo de Fuzileiros Navais a partir dos critérios e preferências adotados. Este obuseiro destacou-se principalmente nos critérios de alcance e volume, apesar do seu custo elevado. A capacidade de atingir alvos a longas distâncias e seu design compacto foram fatores decisivos para sua escolha, compensando o maior investimento inicial necessário.

Com base nos resultados obtidos, recomendações com relação ao planejamento orçamentário devem ser evidenciadas, uma vez que é importante que

seja detalhado e que contemple não apenas a aquisição, mas também a manutenção e operação a longo prazo.

Outro ponto relevante é considerar a inclusão de outros critérios relevantes, como interoperabilidade com sistemas aliados, suporte logístico disponível e treinamento necessário para a operação dos novos obuseiros. Além disso, realizar análises de sensibilidade para avaliar como mudanças nos pesos dos critérios podem impactar a decisão final. Isso ajuda a entender a robustez da escolha feita.

É importante também atualizar e manter atualizados os dados sobre as alternativas e critérios, especialmente em relação a novas tecnologias e mudanças de preços, para garantir decisões informadas em futuras avaliações.

Desta forma, o trabalho desenvolvido evidenciou a complexidade envolvida na escolha de sistemas de artilharia para forças militares. O uso do método AHP proporcionou uma abordagem estruturada e quantitativa, que, aliada à análise qualitativa, resultou em uma decisão bem fundamentada. A escolha do M777, baseada em critérios prioritários, destaca a importância de capacidades operacionais avançadas, mesmo em face de custos mais elevados.

Futuras implementações e estudos deverão continuar a considerar a evolução das necessidades operacionais e as inovações tecnológicas para garantir que o Corpo de Fuzileiros Navais mantenha uma capacidade de artilharia eficaz e moderna.

#### 4. REFERÊNCIAS

BAE SYSTEMS. **BAE Systems receives \$542 million contract for India M777 Howitzers**. 2017. Disponível em: <<https://www.baesystems.com/en-us/article/bae-systems-receives--542-million-contract-for-india-m777-howitzers>>. Acesso em: 22 jul. 2024.

BARROS, M. **Renovação e expansão: Exército dos EUA e BAE Systems avançam com contrato para Obuseiros M777**. 2024. Disponível em: <<https://www.defesaemfoco.com.br/renovacao-e-expansao-exercito-dos-eua-e-bae-systems-avancam-com-contrato-para-obuseiros-m777/>>. Acesso em: 19 jul. 2024.

CHAKRAVORTY, P. K. **The Future of Artillery in 21st Century Warfare**. 2021.  
ESCOBAR, M. **Notas de aula do curso de métodos multicritérios**. Rio de Janeiro: CApA-CFN CIASC, 2024.

HARRISON, B. B. **Marine Artillery and Fixing the Force (EWS Contemporary Issues Paper)**. 2008.

JURAYEVICH, G. S. et al. **Use of Artillery in Modern War (A Brief Analysis of the Ukrainian Conflict)**. 2023.

MILITARY TODAY. **FH-70**. Disponível em: <[https://www.militarytoday.com/artillery/fh\\_70.htm](https://www.militarytoday.com/artillery/fh_70.htm)>. Acesso em: 19 jul. 2024.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. 1980.

\_\_\_\_\_. **Decision Making with the Analytic Hierarchy Process**. 2002.

WEAPON SYSTEMS. **FH-70**. Disponível em: <<https://weaponsystems.net/system/339-155mm%20FH-70>>. Acesso em: 19 jul. 2024.

\_\_\_\_\_. **M198**. Disponível em: <<https://weaponsystems.net/system/47-155mm%20M198>>. Acesso em: 19 jul. 2024.

\_\_\_\_\_. **M777**. Disponível em: <<https://weaponsystems.net/system/1246-155mm+M777>>. Acesso em: 19 jul. 2024.