57º SBPO
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
Gramado • RS
DE 5 A 9 DE OUTUBRO DE 2025

PRIORIZAÇÃO DE NECESSIDADES OPERACIONAIS DO COMANDO DA AERONÁUTICA: ABORDAGEM MULTICRITÉRIO ATRAVÉS DO MÉTODO FITRADEOFF

Otávio de Carvalho Spiller
ITA – Instituto Tecnológico da Aeronáutica
CEP: 12.228-900, São José dos Campos-SP, Brasil
otavio.spiller.101684@ga.ita.br
Arsênio Martins Gomes Neto
MAPS - Modelling and Alignment of Portfolio and Strategy
Núcleo de Tecnologia, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco.
CEP: 55.002-970, Caruaru-PE, Brasil
arseniomgn@gmail.com
Daniel Ferreira Manso
Instituto de Aplicações Operacionais
CEP: 12.228-970, São José dos Campos-SP, Brasil
danielmanso@gmail.com
Jônatas Araújo de Almeida
MAPS - Modelling and Alignment of Portfolio and Strategy
Núcleo de Tecnologia, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco.
CEP: 55.002-970, Caruaru-PE, Brasil
jonatasaa@yahoo.com.br

RESUMO

Em um cenário de limitações orçamentárias, a Força Aérea Brasileira enfrenta o desafio de priorizar suas Necessidades Operacionais (NOPs). Este trabalho apresenta um modelo de apoio à decisão multicritério para ordenação destas necessidades, essenciais para a defesa aeroespacial e cumprimento da missão institucional. O modelo implementa o método FITradeoff, incorporando seis critérios: urgência, impacto operacional, adequação operacional, interoperabilidade, autonomia estratégica e ações de força aérea. Após ciclos de elicitação que combinaram Elicitação por Decomposição e Avaliação Holística, obteve-se uma pré-ordem completa das necessidades. A análise de sensibilidade confirmou a robustez da solução, com índice de robustez superior a 93%. O modelo se destaca por oferecer uma ferramenta eficaz para priorização estratégica em ambiente de recursos escassos.

PALAVRAS CHAVE. FITradeoff. Necessidades Operacionais. Força Aérea Brasileira. MCDA.

D&SP – PO em Defesa e Segurança e ADM – Apoio à Decisão Multicritério

ABSTRACT

In a scenario of budgetary constraints, the Brazilian Air Force faces the challenge of prioritizing its Operational Needs (NOPs). This work presents a multicriteria decision support model for ranking these needs, which are essential for aerospace defense and the fulfillment of the institutional mission. The model implements the FITradeoff method, incorporating six criteria: urgency, operational impact, operational adequacy, interoperability, strategic autonomy, and air force actions. After elicitation cycles that combined Elicitation by Decomposition and Holistic Evaluation, a complete pre-ordering of the needs was obtained. Sensitivity analysis confirmed the

robustness of the solution, with a robustness index above 93%. The model stands out for providing an effective tool for strategic prioritization in a resource-constrained environment.

KEYWORDS. FITradeoff. Operational Needs. Brazilian Air Force. MCDA.

D&SP – OR in Defense and Security and ADM - Support for Multicriteria Decision

1. Introdução

A Força Aérea Brasileira (FAB) é uma instituição de grande importância para a defesa nacional do país, sendo responsável por manter a soberania do espaço aéreo brasileiro e integrar o sistema de defesa aeroespacial do país, segundo sua Concepção Estratégica [Brasil 2018]. Assim, é crucial que ela esteja equipada e preparada para cumprir suas missões de maneira eficiente e eficaz. No entanto, a FAB enfrenta desafios para o atendimento de suas demandas operacionais, o que pode comprometer sua capacidade de prontidão.

Assim, apresenta-se que, mesmo em períodos de paz, é essencial que a FAB disponha de equipamentos modernos e capacidades operacionais atualizadas, a fim de proteger os interesses estratégicos do país. Conforme estabelecido na Estratégia Nacional de Defesa (END), documento de alto nível que condiciona o preparo e emprego das Forças Armadas [Brasil, 2020], a modernização constante das capacidades militares é fundamental para a manutenção da soberania nacional. Dessa forma, a FAB é responsável pelo emprego do Poder Aeroespacial, sendo imperativo que disponha de meios suficientes para dissuadir quaisquer forças adversas de conduzirem ações hostis contra o território nacional e para assegurar que sua atuação esteja alinhada com a magnitude político-estratégica e econômica do Brasil no cenário internacional.

Neste contexto, o processo de identificação dessas demandas e propostas de soluções envolve camadas de análise e aprovação, passando por diferentes níveis de decisão, em que há a investigação das causas potenciais do problema e dos benefícios esperados com o atendimento da necessidade. Para tal, analisa-se a influência de fatores estratégicos, operacionais, qualitativos, dentre outros, nas dimensões que impactam o processo [Brasil 2003].

Sob esse viés, é realizado o registro de uma carência ou insuficiência identificada, cuja superação depende da introdução de um novo sistema ou recurso, ou de modificações em um sistema existente. Assim, isso representa o início de um processo fundamental e rotineiro na FAB: a identificação de Necessidades Operacionais (NOPs), para sua posterior implementação. Nesse contexto, incluem-se também as necessidades logísticas que possam impactar o desempenho operacional de determinado sistema ou recurso [Brasil 2003].

Para tal, metodologias de apoio a decisão multicritério podem ser aplicadas ao processo de priorização das demandas operacionais, uma vez que múltiplos objetivos conflitantes são considerados durante a priorização dessas demandas. Logo, essas metodologias podem ser aplicadas para decisões estratégicas da Força Aérea visando a garantia de sua prontidão operacional, investindo em equipamentos modernos, treinamento e manutenção adequados.

Desse modo, o presente artigo propõe a aplicação de um modelo de apoio à decisão multicritério para auxiliar a FAB na ordenação e priorização do atendimento das demandas operacionais, considerando a análise destas em suas formalizações como Necessidades Operacionais (NOPs). Para isso, utilizou-se o método FITradeoff para ordenação, a fim de sugerir uma priorização de NOPs, considerando o impacto dos critérios analisados sobre a decisão.

Este trabalho foi estruturado em seis seções, tendo por início a contextualização na Seção 1. A Seção 2 apresenta a fundamentação teórica objetiva sobre as demandas operacionais da FAB, ciclos e consequências, bem como apresenta alguns conceitos de decisão multicritério. Na Seção 3 é descrita a proposta de metodologia estruturada. Já na Seção 4 é apresentada a aplicação do modelo ilustrando um estudo de caso. A Seção 5 apresenta algumas observações e a análise dos resultados com suas discussões. Concluindo, na Seção 6 tem-se as contribuições do trabalho e a sugestão de diferentes possibilidades de pesquisa.

2. Referencial teórico

2.1. Necessidades Operacionais na Força Aérea Brasileira

Ao longo do ciclo de vida dos materiais e sistemas utilizados pela FAB, demandas para atualizações, melhorias ou mesmo a substituição destes recursos, aparecem periodicamente no cumprimento de sua missão institucional. Este ciclo, caracteriza-se por um conjunto sistemático de etapas que abrange a trajetória completa desde a percepção de uma lacuna operacional, passando

por sua resolução mediante um sistema ou recurso, até a verificação dos requisitos estabelecidos, sua implementação, avaliação operacional, eventual atualização ou requalificação e, por fim, a desativação do referido sistema ou recurso [Brasil 2003].

Neste contexto, a etapa inicial do modelo de Ciclo de Vida de sistemas ou recursos, tem início com o reconhecimento de uma carência ou necessidade operacional, a qual deverá ser oficializada mediante a elaboração do documento chamado Necessidade Operacional (NOP), que servirá como fundamento para a construção dos Requisitos Operacionais do material ou sistema sobre o qual foram levantadas as demandas. Nesse contexto, vale ressaltar que sistemática para a confecção da NOP é implementada quando se constata a existência de uma carência operacional, em que diferentes fatores passam a ser considerados.

Sob essa ótica, o atendimento das demandas operacionais é um processo estratégico na FAB que envolve diferentes etapas, com decisões específicas, após análises e considerações em variadas perspectivas. As formas de resolução das questões neste processo são críticas para a organização e devem ser tratadas como fundamentais para a expansão da capacidade operacional da FAB em atendimento a demandas de defesa do país, avanços tecnológicos ou realinhamentos estratégicos [Manso et al. 2024].

2.2. Decisão multicritério

Em diversos contextos profissionais e pessoais, os indivíduos se confrontam com situações que requerem processos decisórios, variando desde escolhas cotidianas simples até deliberações complexas em ambientes organizacionais. [Miranda et al. 2021] ressalta que os processos de tomada de decisão são intrínsecos a qualquer tipo de instituição e impactam simultaneamente múltiplos objetivos.

Essa realidade apresenta-se particularmente desafiadora, pois, frequentemente, os objetivos podem mostrar-se conflitantes entre si, exigindo que o tomador de decisão realize escolhas que equilibrem os diferentes aspectos do problema. Nesse cenário, a aplicação de modelos de decisão multicritério emerge como uma solução para o problema [de Almeida 2013].

Neste contexto, são identificados múltiplos atores capazes de influenciar o processo de decisão multicritério. Assim, o principal ator presente nesse processo é o decisor, o qual é responsável por expressar suas preferências e exercer influência direta no processo [de Almeida 2013]. Além dele, outros atores relevantes incluem: (i) o analista, que auxilia na construção e resolução do modelo, (ii) os especialistas, que fornecem informações técnicas sobre o problema, (iii) os *stakeholders*, que são impactados pela decisão e podem exercer pressão sobre o decisor, (iv) o cliente ou preposto, que pode atuar em lugar do decisor [de Almeida 2013; Roy 1996].

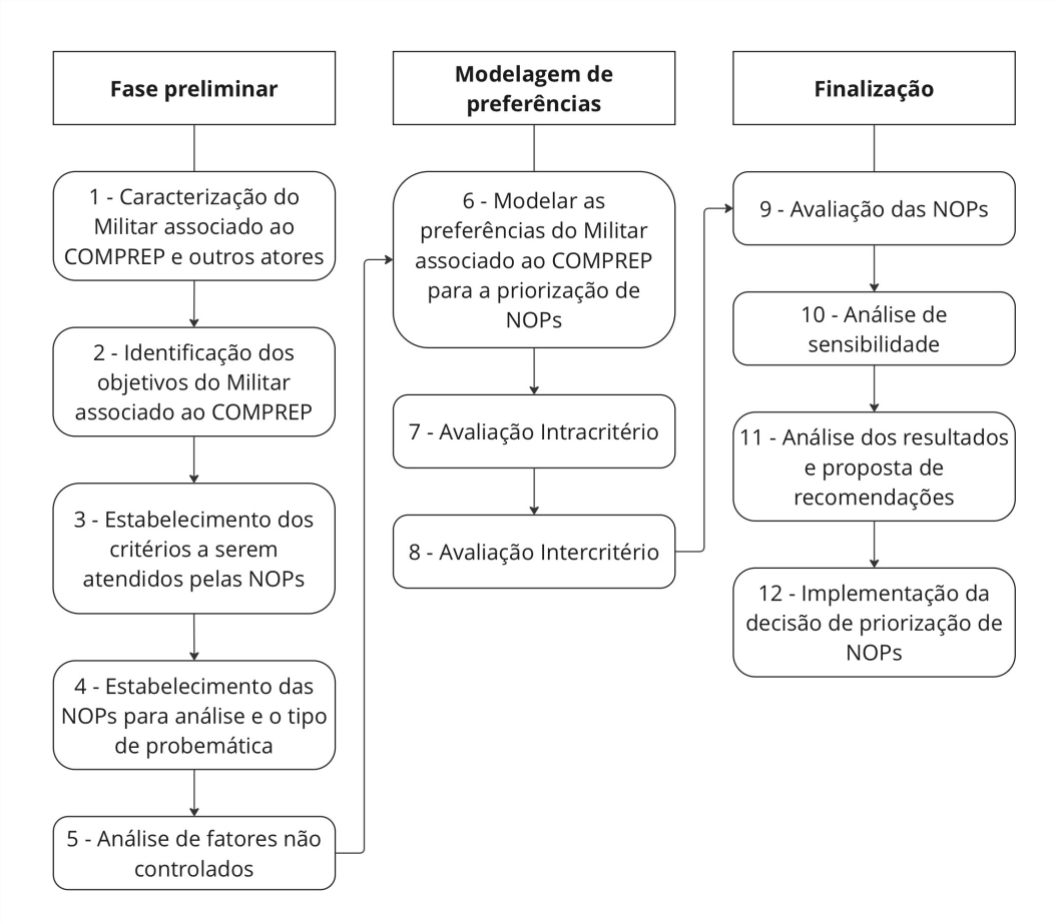
Considerando trabalhos similares encontrados na literatura, em que a decisão multicritério é aplicada em um contexto militar para atendimento de demandas operacionais por meio de aquisição de equipamentos e sistemas, encontram-se alguns exemplos que demonstram uma ampla diversidade de utilização. [Costa et al. 2021] propuseram e aplicaram o método ELECTRE-MOr para alocar em classes, aeronaves a serem adquiridas pela FAB para o atendimento de NOP em apoio à pandemia de COVID-19.

Adicionalmente, [Moreira et al. 2021] utilizaram a aplicação do método PROMETHEE para escolha de um sistema de aeronave para demanda operacional em guerra naval pela Marinha Brasileira. Ainda pode-se citar, [Costa et al. 2020] em sua proposta de aplicação do método THOR 2 para escolha de equipamento de suporte à capacidade operacional de assistência hospitalar mais adequado para a Marinha Brasileira no combate à pandemia de COVID-19. Em contraste, o presente trabalho propõe um modelo para ordenação completa de múltiplas necessidades operacionais heterogêneas.

3. Construção do modelo

O modelo proposto para auxiliar a FAB na priorização das demandas operacionais é baseado no framework para resolução de problemas de decisão de [de Almeida 2013], composto por três fases. A Figura 1 apresenta o modelo adaptado, com suas doze etapas.

Figura 1 – Framework adaptado



Fonte: Adaptado de [de Almeida. 2013]

A "Fase Preliminar" tem início com o mapeamento dos atores envolvidos no processo decisório (Etapa 1). O decisor, nesse cenário, corresponde ao Militar associado ao Comando de Preparo (COMPREP), responsável por propor a ordenação das NOPs ao COMPREP. Nesse contexto, os especialistas são caracterizados pelos militares da seção responsável pela confecção das NOPs. Na sequência, procede-se a análise dos objetivos do Militar associado ao COMPREP (Etapa 2), permitindo a construção dos critérios (Etapa 3), com o propósito de parametrizar o alcance de cada objetivo estratégico.

Prosseguindo na construção metodológica, na Etapa 4, realiza-se a identificação das alternativas do problema, que neste estudo específico correspondem às demandas operacionais que foram efetivadas como NOPs. Continuando a análise, entende-se que a problemática do estudo configura-se como uma questão de priorização, dado que o atendimento de uma NOP pode ser implementado em diferentes posições de prioridade, demandando a compreensão da sequência de priorização mais estrategicamente adequada. Na Etapa 5, são mapeados os fatores externos, que podem impactar a decisão, mas que escapam ao controle direto do decisor.

Na sequência, avança-se para a fase de "Modelagem de preferências". Na Etapa 6, busca-se compreender a estrutura de racionalidade do Militar associado ao COMPREP, que se revelou compensatória. Adicionalmente, constatou-se que o problema envolvia informações incompletas

sobre as preferências relacionadas às performances das alternativas. Com base nisso, optou-se pela aplicação do método FITradeoff para priorização [Frej et al. 2019]. Esta escolha se justifica pela compatibilidade com as preferências do tomador de decisão e pelo fato deste método proporcionar um processo de elicitação flexível e interativo, que apresenta maior robustez em sua solução.

Na Etapa 7, realiza-se a avaliação intracritério para captar a percepção subjetiva do decisor quanto às variações de desempenho das necessidades operacionais em cada critério individual. Posteriormente, na Etapa 8, para estabelecer o intervalo das constantes de escala critérios, é conduzido o processo de avaliação intercritério, que pode ser executado por duas abordagens: (i) Elicitação por Decomposição: comparam-se consequências a fim de ponderar *trade-offs* entre critérios e (ii) Avaliação Holística: compara-se diretamente duas necessidades operacionais com relação de preferência indefinida, visando uma relação de preferência estrita entre elas [de Almeida et al. 2016; de Almeida et al. 2021; de Almeida et al. 2024]

Na sequência, segue-se para a Etapa 9, correspondente à fase de "Finalização", em que é obtida a ordenação das NOPs, após a atualização do espaço de constante de escala dos critérios mediante as respostas obtidas na Etapa 8. É importante ressaltar que à medida que o Militar associado ao COMPREP fornece mais respostas, novas restrições são incorporadas, o que progressivamente reduz o intervalo das constantes de escala, fazendo com que as Etapas 8 e 9 ocorram simultaneamente [Frej et al., 2019; de Almeida et al. 2021; de Almeida et al. 2024].

Prosseguindo com o desenvolvimento do modelo, na Etapa 10 executa-se a análise de sensibilidade, aplicando variações percentuais nos parâmetros de entrada que apresentam incerteza em sua estimativa, para verificar como estas alterações influenciam a recomendação final do modelo. Concluída esta etapa, na Etapa 11 examinam-se os resultados gerados pelas Etapas 9 e 10, com o intuito de elaborar, na Etapa 12, uma proposta fundamentada para a priorização das necessidades operacionais.

4. Aplicação do modelo

No âmbito da aplicação, este trabalho aborda o desafio estratégico da FAB em estabelecer prioridades para o atendimento de suas Necessidades Operacionais. Este processo caracteriza-se como multifacetado, envolvendo considerações técnicas, temporais e estratégicas em um contexto de recursos limitados. Diante deste panorama, a FAB necessita de um método estruturado, que possa apoiar o processo decisório do Militar associado ao COMPREP, sobre quais demandas operacionais devem receber precedência, visando maximizar a capacidade operacional da Força e a distribuição dos recursos disponíveis.

Durante a Etapa 1 da implementação, foram identificados os principais participantes envolvidos no processo decisório para a priorização das NOP. O tomador de decisão, nesse contexto, é o Militar associado ao COMPREP. Vale destacar que este também detém informações técnicas essenciais para a estruturação do problema, se caracterizando enquanto especialista do problema.

Na Etapa 2, foram identificados os objetivos prioritários do Militar associado ao COMPREP que orientam a priorização das NOPs, incluindo: maximizar as capacidades operacionais críticas para a missão constitucional da FAB, melhorar a prontidão operacional, garantir atendimento às demandas urgentes no contexto geopolítico atual, otimizar recursos de defesa, potencializar investimentos, reduzir redundâncias, aprimorar a interoperabilidade entre sistemas, fortalecer a capacidade de ação em diversos contextos e assegurar autonomia estratégica e adequabilidade operacional com soluções sustentáveis e adaptadas às condições específicas de operação da FAB.

A partir dos objetivos identificados, foram estruturados seis critérios (Etapa 3). O primeiro, "Impacto Operacional", é um critério bidimensional que combina amplitude e profundidade. Este critério avalia o alcance organizacional da solução proposta e o nível de transformação nas capacidades operacionais. Para mensuração, utilizou-se uma matriz que combina o número de unidades beneficiadas (amplitude) multiplicado pelo valor em uma escala Likert de 5 níveis (1-

Muito Baixo, 2- Baixo, 3- Mediano, 4- Alto e 5- Muito Alto), avaliando o grau de transformação daquela NOP. Este critério deriva do objetivo de maximizar o incremento em questão.

Quanto ao critério "Urgência", este é um critério quantitativo de minimização, categorizado em por períodos de anos. Seu propósito é avaliar a criticidade temporal da demanda e as consequências de seu não atendimento dentro de prazos específicos. Este critério também considera a obsolescência de sistemas existentes e a necessidade de substituição. A urgência possui escala quantitativa da estimativa de tempo em anos, considerando a urgência de implementação efetiva da solução proposta na NOP para manutenção ou restauração de uma capacidade operacional. Este critério relaciona-se diretamente ao objetivo de garantir o atendimento oportuno das demandas mais prementes.

O terceiro critério, "Ações de Força Aérea", também é bidimensional, considerando tanto a quantidade de Ações influenciadas quanto a profundidade do impacto. Para sua avaliação, considera-se o número de ações beneficiadas multiplicado pelo grau obtido uma escala Likert que incorpora nível de impacto no cenário atual de atuação das Forças Armadas (1- Muito Baixo, 2- Baixo, 3- Mediano, 4- Alto e 5- Muito Alto). Este critério deriva do objetivo de fortalecer a capacidade da FAB em desempenhar seu amplo espectro de missões.

O critério "Interoperabilidade e Integração" é qualitativo, com direção de preferência de maximização. Avalia o grau em que a solução proposta pode ser integrada aos sistemas existentes e sua compatibilidade com outras plataformas e sistemas da FAB, forças singulares ou demais Forças Armadas. Para tal, foi construída a escala que pode ser observada na Tabela 1. Este critério está alinhado ao objetivo de construir uma estrutura de força mais coesa e eficaz.

Tabela 1: Escala construída para critério “Interoperabilidade e Integração”

Interoperabilidade e Integração		
Avaliação	**Desempenho**	**Descrição**
1	Muito Baixo	Solução de sistema isolado
2	Baixo	Comunica-se limitadamente com alguns sistemas existentes
3	Moderada	Permite interação moderada com múltiplos sistemas da FAB
4	Alta	Permite interação com sistemas da FAB e forças de segurança
5	Muito Alta	Proporciona interação com sistemas da FAB e demais Forças Armadas

Fonte: Autores (2025)

O critério "Autonomia Estratégica", por sua vez, é qualitativo de maximização, em que se examina o grau de dependência tecnológica e logística externa. Para tal, foi construída a escala que pode ser observada na Tabela 2, a qual considera o potencial de desenvolvimento nacional e o fortalecimento da Base Industrial de Defesa (BID). Este critério corresponde ao objetivo de assegurar a soberania tecnológica e reduzir vulnerabilidades estratégicas.

Tabela 2: Escala construída para critério “Autonomia Estratégica”

Autonomia Estratégica		
Avaliação	**Desempenho**	**Descrição**
1	Muito Ruim	Solução totalmente dependente de fornecedores externos, sem transferência de tecnologia
2	Ruim	Solução com alta dependência externa, com possível transferência limitada de tecnologia
3	Satisfatório	Solução com dependência parcial, com possível transferência significativa de tecnologia
4	Bom	Solução com baixa dependência, desenvolvida com participação nacional significativa

5	Muito Bom	Solução nacional, com total autonomia tecnológica e logística

Fonte: Autores (2025)

Finalmente, o critério "Adequação Operacional" é qualitativo e de maximização. Ele avalia a capacidade do sistema ou material em atender à missão para a qual foi concebido, considerando múltiplos aspectos operacionais. Para sua mensuração, emprega-se uma escala numérica que considera o valor obtido pela diferença entre os graus atribuídos considerando a perspectiva de cenário futuro e a percepção do atual cenário de adequação dos objetos tratados na NOP, considerando a seguinte escala de 1 a 4. Este critério deriva do objetivo de garantir que as soluções propostas sejam adequadas às condições específicas de operação da FAB. A Tabela 3 apresenta a mensuração desse critério.

Tabela 3: Escala construída para critério “Adequação Operacional”

		Atual Cenário da Capacidade Operacional			
		Ruim - 0	Satisfatório - 1	Bom - 2	Muito Bom - 3
Cenário Futuro Esperado	Ruim - 0	-	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
	Satisfatório - 1	1	-	Não se aplica	Não se aplica
	Bom - 2	2	1	-	Não se aplica
	Muito Bom - 3	3	2	1	-

Fonte: Autores (2025)

Na Etapa 4 da aplicação, determinou-se que a problemática do problema seria de ordenação, uma vez que a FAB busca estabelecer prioridades entre as NOPs, criando uma sequência preferencial de atendimento. Nesta etapa também elaboramos a matriz de consequências, apresentada na Tabela 4, que exibe as diferentes Necessidades Operacionais consideradas, com suas respectivas avaliações em cada um dos seis critérios selecionados.

Tabela 4: Matriz de consequências

NOP	Impacto Operacional	Urgência	Ações de Força Aérea	Interoperabilidade e Integração	Autonomia Estratégica	Adequação Operacional
N1	20	5	4	3	1	1
N2	12	3	3	5	2	3
N3	6	2	33	2	1	2
N4	20	5	3	1	3	2
N5	15	3	4	2	1	3
N6	15	5	12	5	1	1
N7	5	5	7	2	1	3
N8	9	0	3	3	4	2
N9	6	3	9	5	5	3

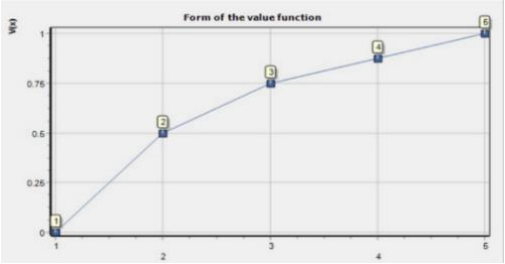
Fonte: Autores (2025)

A Etapa 5 foi desconsiderada por simplificação do modelo. Já na Etapa 6, após identificação da estrutura de preferências do decisor, foi escolhido o método FITradeoff para ordenação como abordagem mais adequada. O método foi escolhido devido a sua capacidade em lidar com informações incompletas e proporcionar um processo de elicitação flexível e interativo, que apresenta robustez em sua solução e se adequa a racionalidade compensatória do decisor.

Durante a execução da Etapa 7, foi estabelecida a função valor para representar as preferências do Militar associado ao COMPREP em cada critério. Para quatro dos critérios – impacto operacional, urgência temporal, ações de força aérea e adequabilidade operacional – foram adotadas funções lineares, refletindo a percepção do decisor sobre eles. Em contraste, para os critérios de “Interoperabilidade e Integração” e “Autonomia Estratégica”, foram identificados comportamentos não lineares nas preferências. Devido a isso, aplicou-se o método da bisseção,

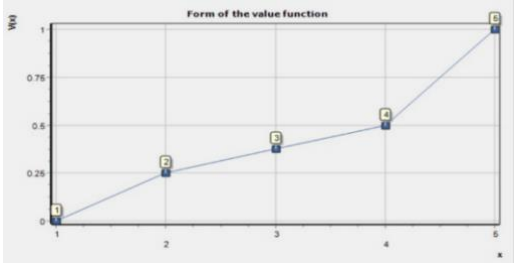
através do Sistema de Apoio à Decisão (SAD) do FITradeoff e, com isso, construímos as funções valores desses critérios, conforme observado nas Figuras 2 e 3. Ressalta-se o comportamento logarítmico apresentado na função valor do critério "Interoperabilidade e Integração". Já para "Autonomia Estratégica", encontra-se inicialmente o comportamento logístico, com leve mudança para um comportamento logarítmico, finalizando com o comportamento exponencial.

Figura 2: Gráfico da função valor para "Interoperabilidade e Integração"



Fonte: Autores (2025)

Figura 3: Gráfico da função valor para "Autonomia Estratégica"



Fonte: Autores (2025)

Na Etapa 8, efetuou-se o processo de avaliação intercritério utilizando a visualização padrão, onde foram apresentadas ao Militar associado ao COMPREP comparações entre pares de consequências com melhor e pior desempenho em critérios distintos. Optou-se por essa forma para evitar a confusão entre os conceitos de constante de escala e peso, já que essa abordagem enfatiza a comparação direta entre variações de desempenho em diferentes dimensões de avaliação. Com base nestas comparações (Ciclo 0), foi estabelecida a seguinte ordenação decrescente das constantes de escala: "Urgência", "Impacto Operacional", "Adequação Operacional", "Interoperabilidade e Integração", "Autonomia Estratégica" e, por fim, "Ações de Força Aérea".

Prosseguindo com a Etapa 8, em que se atualiza o espaço de constantes de escala através do procedimento interativo, utilizou-se a abordagem de Elicitação por Decomposição, por haver muitas alternativas em um mesmo nível. Após a oitava pergunta, o sistema revelou uma pré-ordem parcial entre as alternativas, a qual apresentava 5 níveis, de forma que ainda haviam algumas relações de preferência não definidas.

Dessa forma, ao completar a oitava pergunta do processo de Elicitação por Decomposição, o Militar associado ao COMPREP foi consultado sobre sua disposição em transitar para a abordagem de Avaliação Holística. Esta mudança metodológica foi sugerida com o intuito de potencialmente agilizar a convergência do modelo, considerando o número significativo de perguntas já respondidas e o tempo dispendido até aquele momento.

Com isso, o Militar associado ao COMPREP passou a analisar pares de NOPs para as quais o modelo ainda não conseguia estabelecer uma relação clara de preferência. Após examinar quatro dessas comparações, fornecendo julgamentos diretos de preferência entre alternativas específicas, o algoritmo do método FITradeoff conseguiu incorporar estas as informações e convergir para uma ordenação completa das NOPs, finalizando assim as Etapas 8 e 9 do processo.

A evolução do processo decisório através dos diferentes ciclos de elicitação pode ser observada na Tabela 5, que sintetiza o progresso das informações obtidas e seu impacto na estruturação da recomendação final.

Tabela 5: Síntese dos ciclos realizados

Ciclo	Consequência A	Consequência B	Resposta	N° de níveis
0	Ordenação das constantes de escala...			1
1	Urgência (2,5)	Ações de Força Aérea (33)	A	1
2	Urgência (2,5)	Impacto Operacional (20)	A	1
3	Impacto Operacional (12)	Adequação Operacional (3)	Indiferente	5
4	Adequação Operacional (2)	Integração e Interoperabilidade (5)	B	5

5	Integração e Interoperabilidade (2)	Autonomia Estratégica (5)	B	5
6	Autonomia Estratégica (4)	Ações de Força Aérea (33)	B	5
7	Urgência (3,75)	Impacto Operacional (20)	B	5
8	Adequação Operacional (2)	Integração e Interoperabilidade (5)	B	5
9	NOp 2	NOp 3	NOp 2	5
10	NOp 2	NOp 5	NOp 2	5
11	NOp 9	NOp 2	NOp 9	8
12	NOp 3	NOp 5	NOp 3	9

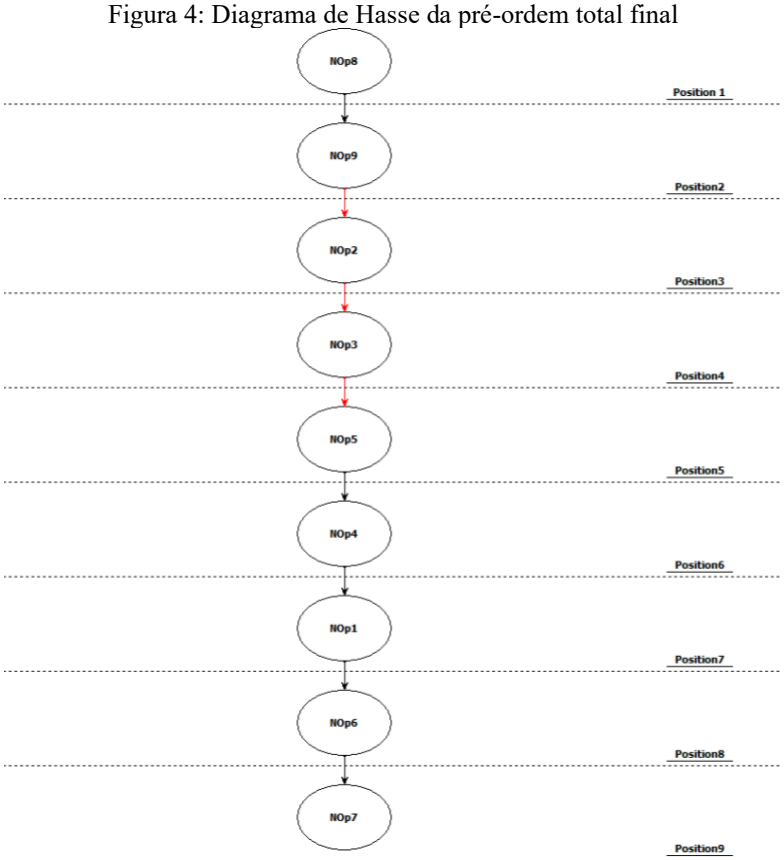
Fonte: Autores (2025)

Após o estabelecimento da ordenação completa das Necessidades Operacionais, executou-se as etapas finais do processo: na Etapa 10, foi realizada uma análise de sensibilidade com variações percentuais nos parâmetros mais incertos para verificar a robustez da solução. Os resultados desta análise, combinados com a avaliação crítica da ordenação (Etapa 11), fundamentaram o desenvolvimento de uma recomendação estruturada para priorização das NOPs (Etapa 12), que considera tanto a ordenação técnica quanto aspectos práticos de implementação, sendo que a apresentação detalhada destes resultados será desenvolvida na Seção 5.

5. Discussão dos resultados

Após a conclusão do processo de elicitação, o modelo de apoio convergiu para uma pré-ordem total das NOP. Essa ordem completa pode ser observada na Figura 4.

Figura 4: Diagrama de Hasse da pré-ordem total final



Fonte: Autores (2025)

Assim, ao analisar os resultados do modelo, nota-se que a NOp8 ocupa a primeira posição possivelmente por apresentar o melhor desempenho no critério com a maior constante de escala ("Urgência" = 0), combinado a uma boa pontuação em "Autonomia Estratégica" (4), critério

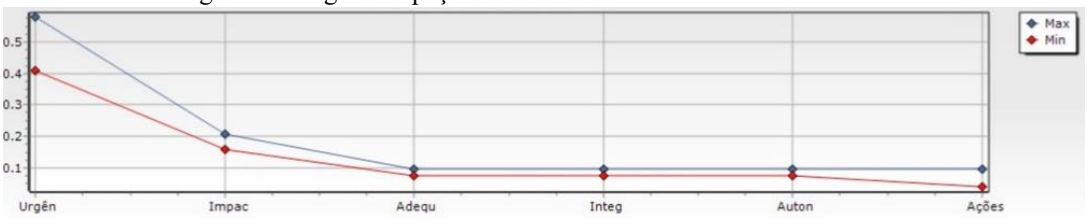
também bem posicionado na escala. Por sua vez, a NOp9, em segundo lugar, destaca-se pelos melhores desempenhos em "Autonomia Estratégica" (5) e "Interoperabilidade e Integração" (5). Embora esses critérios não estejam entre os de maior constante de escala, o bom desempenho simultâneo em ambos, aliados a desempenhos razoáveis nos demais critérios, contribuiu para sua posição elevada na ordenação.

As posições intermediárias refletem diferentes compensações entre critérios. Por exemplo, a NOp3 (quarta posição), mesmo com baixo desempenho em "Impacto Operacional" (6), foi favorecida por um valor excepcional em "Ações de Força Aérea" (33), apesar de este ser o critério com a menor constante de escala. A NOp2 (terceira colocada) combina desempenho moderado em "Impacto Operacional" (12) com valor elevado em "Interoperabilidade e Integração" (5) e urgência intermediária (3), favorecendo sua posição.

Nas posições inferiores, o critério "Urgência", com a maior constante de escala, exerceu influência determinante: NOp4 e NOp1 foram penalizadas por baixa prioridade temporal (ambas com valor 5), apesar do desempenho ótimo em "Impacto Operacional" (20). Já a NOp7, em último lugar, apresentou os piores resultados justamente nos critérios com constantes mais elevadas, como "Urgência" (5) e "Autonomia Estratégica" (1), o que justifica sua posição final no *ranking*.

Na sequência, analisou-se os intervalos de valores obtidos para as constantes de escala como resultado das restrições incorporadas ao modelo através das respostas fornecidas pelo decisor. A Figura 5 ilustra graficamente os limites máximos e mínimos do espaço factível para cada uma das constantes de escala dos seis critérios considerados.

Figura 5: Range do espaço de valores das constantes de escala



Fonte: Autores (2025)

Observa-se que o critério "Urgência" apresenta os maiores valores absolutos, com limite inferior de 0,41 e superior de 0,58, resultando em uma variação absoluta de 0,17 - a maior entre todos os critérios, em termos absolutos. No entanto, é fundamental destacar que, sob a perspectiva da variação proporcional, o critério "Ações de Força Aérea" - que possui o menor valor de constante de escala - apresenta uma variação proporcional significativa, com limite inferior de 0,04 e superior de 0,1; representando uma variação que aproximadamente triplica seu valor mínimo.

Prosseguindo com a análise de robustez do modelo decisório, na Etapa 10 foram aplicadas variações aos parâmetros que apresentavam maior grau de incerteza. Assim, foi implementada uma variação de ±10% nos valores do critério "Urgência", considerando que a determinação precisa da criticidade temporal das necessidades operacionais envolve elementos subjetivos e contextuais que podem variar conforme diferentes perspectivas orçamentárias ou logísticas, dentro do Comando da Aeronáutica. Os demais critérios não foram submetidos a variações, uma vez que sua mensuração se baseou em dados inferidos com precisão. A Tabela 6 apresenta os resultados da análise de sensibilidade.

Tabela 6: Resultados da análise de sensibilidade

NOP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice de Robustez (%)	93,79	95,40	97,96	95,51	97,91	96,80	100	100	96,48
Variação (%)	6,21	4,60	2,04	4,49	2,09	3,20	0	0	3,53

Fonte: Autores (2025)

Os resultados demonstram notável estabilidade da solução, com índices de robustez extremamente elevados para todas as alternativas (variando entre 93,79% e 100,00%). As variações de posição, quando ocorreram, foram minoritárias e de impacto reduzido na sugestão de priorização, como evidenciado pelos baixos percentuais de mudança.

Na Etapa 11, foram analisadas as implicações dos resultados obtidos e a confiabilidade da recomendação proposta. O modelo demonstrou sua eficácia ao proporcionar um processo decisório estruturado e transparente para o Comando da Aeronáutica, facilitando a priorização das necessidades operacionais em um contexto de recursos limitados. A incorporação das preferências institucionais através da metodologia FITradeoff permitiu balancear aspectos técnicos e estratégicos, resultando em uma ordenação que reflete tanto necessidades imediatas, quanto objetivos de maior prazo da FAB.

Consequentemente, com base nos resultados obtidos, poderá ser elaborada uma recomendação de implementação (Etapa 12), conforme a ordenação obtida, ao Comando da Aeronáutica, que prioriza o atendimento das NOP. Esta priorização oferece um roteiro claro para a alocação de recursos, permitindo à FAB concentrar seus investimentos iniciais nas necessidades que proporcionarão o maior retorno em termos de capacidade operacional e preparação para os desafios contemporâneos da defesa aérea.

6. Conclusão

Este trabalho abordou a questão da priorização de Necessidades Operacionais na FAB, apresentando uma metodologia estruturada para decisão multicritério. A aplicação do método FITradeoff proporcionou um processo sistemático para classificar demandas operacionais, considerando múltiplos critérios e preferências institucionais.

O modelo desenvolvido incorporou seis dimensões críticas de avaliação: urgência, impacto operacional, adequação operacional, interoperabilidade e integração, autonomia estratégica e ações de força aérea. A integração desses critérios permitiu uma análise das necessidades, considerando aspectos imediatos e implicações de longo prazo para a capacidade operacional da FAB.

Um dos resultados mais significativos foi a identificação da preponderância do critério "Urgência" na determinação da prioridade das necessidades, seguido pelo "Impacto Operacional". Esta prioridade reflete o foco institucional em responder rapidamente às demandas críticas, em priorizar melhorias que ofereçam ganhos operacionais substanciais, bem como o impacto que as NOPs possuem no contexto da decisão explorada. A análise de sensibilidade demonstrou que, mesmo com variações de até 10% no critério de maior constante de escala, a solução manteve-se notavelmente estável, com índices de robustez superiores a 93% para todas as alternativas, confirmando a confiabilidade da ordenação obtida.

A participação direta do Militar associado ao COMPREP, garantiu que as preferências institucionais fossem adequadamente capturadas no modelo. A flexibilidade do método FITradeoff permitiu adaptar o processo de elicitação às características cognitivas do decisor, alternando entre a abordagem de decomposição e a avaliação holística conforme necessário para obter uma convergência eficiente. Outro ponto importante observado sobre o método foi a disponibilidade de um SAD, o que auxiliou durante o processo de elicitação.

O resultado final fornece ao Comando da Aeronáutica uma proposta de priorização para o atendimento das demandas operacionais analisadas, constituindo um elemento complementar ao conjunto de estudos e análises realizados pela FAB para tomada de decisões estratégicas. Esta ordenação, delimitada pelo recorte temporal, prioriza as necessidades com maior potencial de impacto positivo na prontidão e capacidade de emprego da Força Aérea, considerando o contexto específico.

É importante ressaltar que esta priorização representa uma amostra de necessidades operacionais no momento da análise, devendo ser revisitada periodicamente à medida que novas demandas surgem ou o contexto estratégico evolui. O modelo proposto configura-se como uma ferramenta de apoio à decisão que deve ser integrada a outros instrumentos de planejamento e análise já utilizados pelo Comando da Aeronáutica.

Este trabalho possui limitações específicas quanto aos recortes temporal, geográfico e metodológico adotados. Para desenvolvimentos futuros, sugere-se a ampliação do modelo para incorporar avaliações de risco associadas ao não atendimento das necessidades operacionais, bem como análises de custo-benefício detalhadas. Adicionalmente, recomenda-se explorar a aplicação da metodologia em um horizonte temporal mais amplo, acompanhando a evolução das prioridades em função de mudanças no ambiente estratégico e operacional.

Referências

Brasil (2018). DCA 11-45: Concepção Estratégica "Força Aérea 100". Disponível em: < https://www.fab.mil.br/Download/arquivos/DCA%2011-45_Concepcao_Estrategica_Forca_Aerea_100.pdf >.

Brasil (2018). PCA 11-47: Plano Estratégico Militar da Aeronáutica. Disponível em: < https://www.fab.mil.br/Download/arquivos/pemaer.pdf>.

Brasil (2003). ICA 400-14: Confecção de Necessidade Operacional - NOP. Disponível em: < https://www.sislaer.fab.mil.br>.

Brasil (2020). Estratégia Nacional de Defesa. Ministério da Defesa. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/estrategia-nacional-de-defesa>.

Costa I. P. A., Maêda S. M. N., Teixeira L. F. H. S. B., Gomes C. F. S. & Santos M. (2020). Choosing a hospital assistance ship to fight the Covid-19 pandemic. Revista de Saúde Pública, 54. doi: https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2020054002792.

Costa I. P. A., Sanseverino A. M., Barcelos M. R. S., Belderrain M. C. N., Gomes C. F. S., & dos Santos M. (2021). Choosing flying hospitals in the fight against the COVID-19 pandemic: structuring and modeling a complex problem using the VFT and ELECTRE-MOr methods. IEEE Latin America Transactions, 19(6): 1099–1106. doi: https://doi.org/10.1109/TLA.2021.

de Almeida, A. (2013). T. Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. Atlas, São Paulo.

de Almeida, A. T., de Almeida, J. A., Costa, A. P. C. S., & de Almeida-Filho, A. T. (2016). A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. *European Journal of Operational Research*, *250*(1), 179-191.

de Almeida, A. T., Frej, E. A., & Roselli, L. R. P. (2021). Combining holistic and decomposition paradigms in preference modeling with the flexibility of FITradeoff. *Central European Journal of Operations Research*, *29*, 7-47.

de Almeida, J. A., Frej, E. A., Roselli, L. R. P., & de Almeida, A. T. (2024). Analytical aspects of combining holistic evaluation and decomposition elicitation for preference modeling in the FITradeoff method. *International Transactions in Operational Research*.

Frej, E. A., de Almeida, A. T., & Costa, A. P. C. S. (2019). Using data visualization for ranking alternatives with partial information and interactive tradeoff elicitation. *Operational Research*.

Manso, D. F., Parnell, G. S., Pohl, E. e Belderrain, M. C. N. (2024). Gaps in strategic problem-solving methods: A systematic literature review. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 31(1-2), e1828. https://doi.org/10.1002/mcda.1828

Miranda, J., Tereso, A., & Teixeira, J. C. (2021). Multicriteria analysis as a better tool for the selection of public projects alternatives. Procedia Computer Science, 181, 545-552.

Moreira M. A. L, Costa I. P. A., Pereira M. T., dos Santos M., Gomes C. F. S., & Muradas F. M. (2021). PROMETHEE-SAPEVO-M1 a Hybrid Approach Based on Ordinal and Cardinal Inputs: Multi-Criteria Evaluation of Helicopters to Support Brazilian Navy Operations. Algorithms, 14(5): 140. doi: https://doi.org/10.3390/a14050140.

Roy, B. (1996). Multicriteria methodology for decision aiding (Vol. 12). Springer Science & Business Media.