

PRIORIZAÇÃO DE BASES PARA ATIVAÇÃO DE UNIDADE AÉREA DA FORÇA AÉREA BRASILEIRA: ABORDAGEM MULTICRITÉRIO ATRAVÉS DO MÉTODO PROMETHEE ROC¹

Otávio de Carvalho Spiller^a, Arsênio Martins Gomes Neto^b, Hévilla Souza Oliveira,^{a,b}
Jônatas Araújo de Almeida^{a,b*}

^aPrograma de Pós-graduação em Pesquisa Operacional - PPG-PO, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)/Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos - SP, Brasil.

^bGrupo de Pesquisa MAPS - Modelling and Alignment of Portfolio and Strategy, Núcleo de Tecnologia, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Caruaru-PE, Brasil.

Recebido 21/02/2025, aceito 10/06/2025

RESUMO

A localização de novas instalações militares é um desafio estratégico que impacta a efetividade operacional das forças armadas. Este trabalho aborda o problema específico de priorização para ativação de unidades aéreas em diferentes bases da Força Aérea Brasileira (FAB). O processo decisório envolve múltiplos objetivos, incluindo aspectos geográficos, operacionais, logísticos e de suporte ao pessoal. Para auxiliar a resolução desse problema, construímos um modelo de apoio à decisão, o qual utilizou o método PROMETHEE-ROC para obter uma sugestão de solução e considerou cinco critérios. O modelo foi aplicado para avaliação das cinco bases candidatas, com as Base 3 e 4 se apresentando como as bases aéreas mais adequadas para a situação abordada. Em seguida, foi realizado um procedimento de simulação matemática para verificar como a solução do problema pode variar frente a mudanças nos dados de entrada que apresentam incerteza. Dessa forma, o estudo apresenta relevância por fornecer suporte metodológico a decisões estratégicas de organizações militares, gerando uma melhor gestão de recursos.

Palavras-chave: Apoio à Decisão Multicritério, Base Aérea, PROMETHEE-ROC, Força Aérea Brasileira (FAB).

ABSTRACT

The location of new military facilities is a strategic challenge that impacts the operational effectiveness of the armed forces. This work addresses the specific problem of prioritization for activation of air units in different bases of the Brazilian Air Force (FAB). The decision-making process involves multiple objectives, including geographical, operational, logistical and personnel support aspects. To help solve this problem, we built a decision support model, which used the PROMETHEE-ROC method to obtain a suggested solution and considered five criteria. The model was applied to evaluate the five candidate bases, with Base 3 and 4 being the most appropriate aerial unit for the situation addressed. Then, a mathematical simulation procedure was performed to verify how the solution of the problem can vary in front of changes in the input data that present uncertainty. Thus, the study has relevance for providing methodological support to strategic decisions of military organizations, generating a better management of resources.

Keywords: Multicriteria Decision Support, Air Base, PROMETHEE-ROC, Brazilian Area Force (FAB)

*Autor para correspondência. E-mail: jonatas.almeida@ufpe.br
DOI: <https://doi.org/10.4322/PODes.2025.003>

1. Introdução

A segurança e vigilância do espaço aéreo são desafios para quaisquer localidades. Nesse sentido, sob o contexto do Brasil, a Força Aérea Brasileira (FAB) desempenha um papel fundamental para garantia desses fatores citados. Sua prontidão operacional e capacidade de resposta rápida são essenciais para garantir a integridade territorial e a segurança do país. Além disso, seus avanços tecnológicos e treinamento contínuo contribuem para o desenvolvimento da indústria aeroespacial nacional.

Nesse sentido, segundo sua Concepção Estratégica, a FAB é responsável por manter a soberania do espaço aéreo brasileiro e integrar o sistema de defesa aeroespacial do país (Ministério da Defesa, 2018a). Desse modo, a FAB também é crucial em missões humanitárias – de busca e salvamento, e no apoio a desastres naturais, demonstrando sua versatilidade e importância para a sociedade brasileira.

Apesar de todas essas características, a FAB apresenta algumas dificuldades em seu processo de gestão, incluindo a gestão de quais unidades aéreas em bases estratégicas devem ser ativadas. Dessa forma, é necessário analisar que a ativação de uma unidade aérea em uma nova sede, é um processo complexo e que envolve múltiplos aspectos operacionais e logísticos, que possibilitarão ter seus meios aptos para atuar em pronta-resposta, adequadamente dimensionados e com possibilidade de serem rapidamente distribuídos no Território Nacional (Ministério da Defesa, 2021).

Além disso, durante esse processo, em que ocorre o deslocamento e instalação de aeronaves, equipamentos de suporte e sistemas de comunicação, a infraestrutura da base é preparada para acomodar a nova unidade, não apenas em suas edificações, mas deve buscar concomitantemente o preparo operacional de seus profissionais, com vistas ao emprego do Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE) ou outro ao qual possuir seus meios adjudicados (Ministério da Defesa, 2021).

Dada a extensão continental do Brasil, a capacidade de ativar unidades aéreas de forma coordenada e eficiente em bases estrategicamente posicionadas é importante para garantir a prontidão operacional da Força em todas as regiões do país. Portanto, a FAB precisa estar preparada para atuar em qualquer parte do território nacional, o que requer uma distribuição estratégica de suas unidades aéreas.

Sob essa perspectiva, analisa-se que a ativação de uma unidade aérea envolve a mobilização de recursos humanos, aeronaves, equipamentos, infraestrutura e custo. Essa tarefa exige planejamento, levando em consideração fatores geográficos, estratégicos e logísticos. Compreende-se, então, que, conforme o Planejamento Estratégico Militar da Aeronáutica, as unidades operacionais em regiões estratégicas são fundamentais para prover a proteção dessas áreas utilizando sua estrutura de defesa, proporcionando a integração em diferentes regiões do Brasil (Ministério da Defesa, 2018b).

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de uma metodologia que auxilie a Força Aérea Brasileira (FAB) no processo de priorização para ativação de unidades aéreas. Trata-se de um problema que envolve múltiplos objetivos, os quais podem ser considerados relevantes pelo tomador de decisão (Bilgin et al., 2024). Nesse contexto, metodologias de apoio à decisão multicritério mostram-se adequadas para lidar com a complexidade envolvida.

Assim, o presente artigo propõe a aplicação de um modelo de apoio à decisão multicritério com o objetivo de subsidiar a FAB nesse processo decisório. Para isso, foi utilizado o método PROMETHEE-ROC (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations with Rank Order Centroid*) (Morais et al., 2015), o qual permite ordenar a ativação de unidades aéreas de acordo com a importância relativa atribuída a cada critério. Espera-se que essa aplicação contribua para uma melhor gestão dos recursos disponíveis, além de fortalecer a capacidade operacional e a prontidão da FAB em todo o território nacional.

Esta pesquisa abrange seis seções, sendo inicializada com uma contextualização na Seção 1. A Seção 2 oferece uma fundamentação teórica concisa sobre unidades áreas da FAB e conceitos

de decisão multicritério. A Seção 3 descreve a estrutura metodológica proposta, enquanto a Seção 4 ilustra a aplicação do modelo por meio de um estudo de caso. A análise dos resultados e as principais observações são discutidas na Seção 5. Por fim, a Seção 6 apresenta as contribuições da pesquisa e sugere possíveis trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

2.1. Força Aérea Brasileira e Ativação de Unidades Aéreas

Uma base aérea é uma instalação militar da FAB que serve como ponto de operações para aeronaves militares e para profissional efetivo militar. Segundo o Comando da Aeronáutica, as bases aéreas são organizações militares que têm a missão de prover o apoio necessário às Unidades Aéreas e de Aeronáutica sediadas ou em trânsito (Estado-Maior da Aeronáutica, 2019). Nesse sentido, essas instalações são responsáveis pela manutenção da capacidade operacional da FAB, fornecendo infraestrutura, serviços de apoio e suporte logístico para as atividades aéreas.

Nessa perspectiva, uma unidade aérea, por sua vez, é uma organização militar específica dentro da estrutura da FAB, geralmente composta por esquadrões de voo e pessoal de apoio. De acordo com o Ministério da Defesa, as unidades aéreas são as organizações responsáveis pela execução das missões de uso do poder aeroespacial, operando as aeronaves militares e realizando as atividades de preparo e emprego da Força Aérea (Ministério da Defesa, 2021). Desse modo, essas unidades são os elementos operacionais primários da FAB, executando missões de defesa aérea, transporte, busca, salvamento, entre outras.

Sob essa ótica, a ativação de unidades aéreas é um processo estratégico na FAB que envolve a criação e operacionalização de novas organizações militares dedicadas àquelas operações. As decisões que serão tomadas, bem como a maneira de resolução dos problemas neste processo são importantes para a organização (Manso et al., 2024). Este procedimento impacta sobre a expansão da capacidade operacional da FAB, de modo a atender a novas demandas de segurança nacional ou reorganizar recursos existentes. Dessa forma, a ativação ocorre, geralmente, em resposta a mudanças nas necessidades de defesa do país, avanços tecnológicos ou realinhamentos estratégicos.

A partir disso, analisa-se que a ativação de uma unidade aérea é precedida de um estudo que considera fatores como localização estratégica, infraestrutura necessária, pessoal requerido e equipamentos a serem alocados. Este processo, portanto, envolve várias etapas, incluindo a aprovação do Comando da Aeronáutica, a alocação de recursos, o treinamento de pessoal, a preparação da infraestrutura e, finalmente, a cerimônia oficial de ativação, marcando o início das operações da nova unidade.

Destaca-se que essa ativação enfrenta dificuldades, principalmente relacionadas a recursos e logística. Por conseguinte, um dos maiores desafios é o orçamentário, pois a criação de uma nova unidade demanda investimentos substanciais em infraestrutura, equipamentos e pessoal (Yousif e Irani, 2008). Além disso, há a complexidade de selecionar e treinar pessoal especializado, tais como pilotos, equipes de manutenção e suporte (Chang et al., 2015). Outro fator a ser analisado é a localização desta unidade aérea, que deve apresentar uma posição estratégica, considerando fatores como condições geográficas, proximidade de áreas sensíveis e possíveis impactos ambientais (Bilgin et al., 2024).

Logo, a importância da ativação de unidades aéreas está diretamente ligada à capacidade de defesa e resposta rápida do país. Como efeito, novas unidades permitem uma melhor distribuição do poder aéreo pelo território nacional, aumentando a eficiência em missões de vigilância, defesa e apoio em emergências. Ademais, a ativação de unidades especializadas pode aprimorar capacidades específicas da FAB, como operações de busca e salvamento. Outro ponto a ser destacado é que a presença de unidades aéreas em diferentes regiões também contribui para o desenvolvimento local e para a integração nacional.

Quanto à capacidade de gerenciamento do espaço aéreo, a ativação de uma nova unidade

aérea aumenta significativamente a complexidade do controle de tráfego na região. Em bases compartilhadas com a aviação civil, isso pode resultar em desafios adicionais de coordenação e potenciais restrições operacionais (Pereira e Oliveira, 2018). Por outro lado, bases exclusivamente militares oferecem maior flexibilidade para gerenciar o espaço aéreo, permitindo a criação de áreas de treinamento especiais e corredores aéreos dedicados (Pereira e Oliveira, 2018).

2.2. Decisão Multicritério

Em diversos âmbitos da vida profissional e pessoal, indivíduos se deparam com situações que demandam tomadas de decisão, variando desde escolhas cotidianas simples até decisões complexas em ambientes organizacionais (de Almeida, 2013). Miranda et al. (2021) afirmam que tomadas de decisão são inerentes em qualquer tipo de instituição e que elas impactam múltiplos objetivos simultaneamente.

Essas situações são particularmente complexas, pois frequentemente os objetivos podem ser conflitantes entre si, exigindo que o decisor faça escolhas que equilibrem os diferentes aspectos do problema. É nesse cenário que a aplicação de modelos de decisão multicritério se torna uma solução para o problema, uma vez que metodologias multicritério são importantes quando o decisor se encontra frente a uma situação que envolve mais de um parâmetro a ser avaliado e mais de uma alternativa a ser analisada sob a ótica desses múltiplos critérios (de Almeida, 2013).

A construção desses modelos permite que o decisor considere diversos objetivos em sua avaliação, que podem ser mensurados tanto de modo qualitativo, quanto quantitativo, abrangendo aspectos variados como ambientais, técnicos e sociais (Macharis e Bernardini, 2015). Isso significa que o modelo deve ser adaptado às características particulares da situação, levando em consideração os objetivos, as alternativas disponíveis e as preferências do decisor.

Neste contexto, são identificados vários atores que podem influenciar o processo de decisão multicritério (Roy, 1996). O principal deles é o decisor, que é responsável por expressar suas preferências e tem influência direta no processo (de Almeida, 2013). Além do decisor, há outros atores: (i) o analista, que auxilia na construção e resolução do modelo, (ii) os especialistas, que fornecem informações técnicas sobre as consequências das decisões, (iii) os stakeholders, que são afetados pela decisão e podem exercer pressão sobre o decisor (de Almeida, 2013; Roy, 1996).

No contexto de um problema multicritério, cada critério possui uma importância relativa em relação ao problema como um todo. Desse modo, essa importância pode ser mensurada através da atribuição de pesos aos critérios, em que eles refletem a importância relativa daquele critério (Morais et al., 2015; de Almeida Filho et al., 2018).

Entretanto, em muitas situações práticas, o decisor pode não ter informações completas sobre suas preferências ou sobre a importância relativa dos critérios. Nesses casos, informações parciais sobre os pesos dos critérios podem ser úteis. Para lidar com essa realidade, existem métodos específicos que são capazes de trabalhar com informações incompletas, como o FITrade-off, o SMARTER e o PROMETHEE ROC (de Almeida et al., 2016, 2024; Brans e Vincke, 1985; Moraes et al., 2015).

Ao enfrentar um problema de decisão multicritério, o decisor pode buscar diferentes formas de analisar as alternativas disponíveis. Essas diferentes abordagens são denominadas problemáticas, e cada uma delas reflete um objetivo específico que o decisor deseja alcançar com o processo decisório. Dessa forma, as problemáticas podem ser: (i) escolha, que é para identificar a alternativa que melhor atende aos critérios estabelecidos, (ii) ordenação, que visa estabelecer uma ordem de preferência entre as alternativas disponíveis, (iii) classificação, que tem como objetivo alocar as alternativas em categorias predefinidas e (iv) portfólio, que é aplicada quando o decisor precisa selecionar um subconjunto de alternativas, considerando restrições específicas (Roy, 1996; Belton e Stewart, 2002).

Além de considerar os objetivos e as problemáticas envolvidas, os métodos multicritério também analisam o modo como o decisor pensa e processa as informações relacionadas ao pro-

blema. Um aspecto fundamental nessa análise é observar se o decisor infere que há compensações entre diferentes critérios, sendo essa característica associada à sua racionalidade (de Almeida, 2013). Assim, ela pode ser considerada compensatória, caso o decisor assume que um desempenho inferior de uma alternativa em um critério pode ser compensado por um desempenho superior em outro. Já em relação a racionalidade não-compensatória, ele infere que não há essa compensação (de Almeida, 2013).

Além disso, é importante destacar que não encontramos nenhum estudo associado a localização de base aérea ou unidade de força aérea. Referente a trabalhos similares encontrados na literatura, considerando decisão multicritério aplicada sob o contexto militar, são apresentados alguns exemplos. Jaiswal (1997) destaca como estas metodologias são cruciais para lidar com a complexidade das operações militares modernas, em que múltiplos objetivos precisam ser considerados simultaneamente, como planejamento e alocação de recursos militares, análise de efetividade de sistema de armas, logística militar e gestão de cadeias de suprimentos.

Adicionalmente, Girardi e Santos (2023) discutem a aplicação de métodos de decisão multicritério por Forças Armadas de diversos na Gestão de Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (GCVSD), tendo em vista a complexidade e sensibilidade atreladas aos sistemas de emprego militar. Em sequência, Labreuche et al. (2019) exploram como estas técnicas são aplicadas na avaliação de sistemas de armas, considerando simulações no gerenciamento dos recursos de radares, em diferentes cenários, variando os algoritmos em diversas métricas. Costa et al. (2022), apresentam uma coleção de estudos que destacam o papel crítico da Decisão Multicritério na pesquisa operacional militar moderna, para melhorar a tomada de decisões estratégicas, especialmente nos aspectos logísticos e aquisição de equipamentos militares.

Sobre estudos associados a seleção de localização, Bilgin et al. (2024) apresenta um modelo multicritério baseado no AHP (Analytic Hierarchy Process) para seleção de uma base militar do exército em regiões de fronteira, através de 12 critérios validados por especialistas. Ademais, Yum e Park (2022) propõe um modelo multicritério para realocação de uma base de treinamento de artilharia na Coreia do Sul através do método AHP, combinado com uma ferramenta GIS (Geographic Information System).

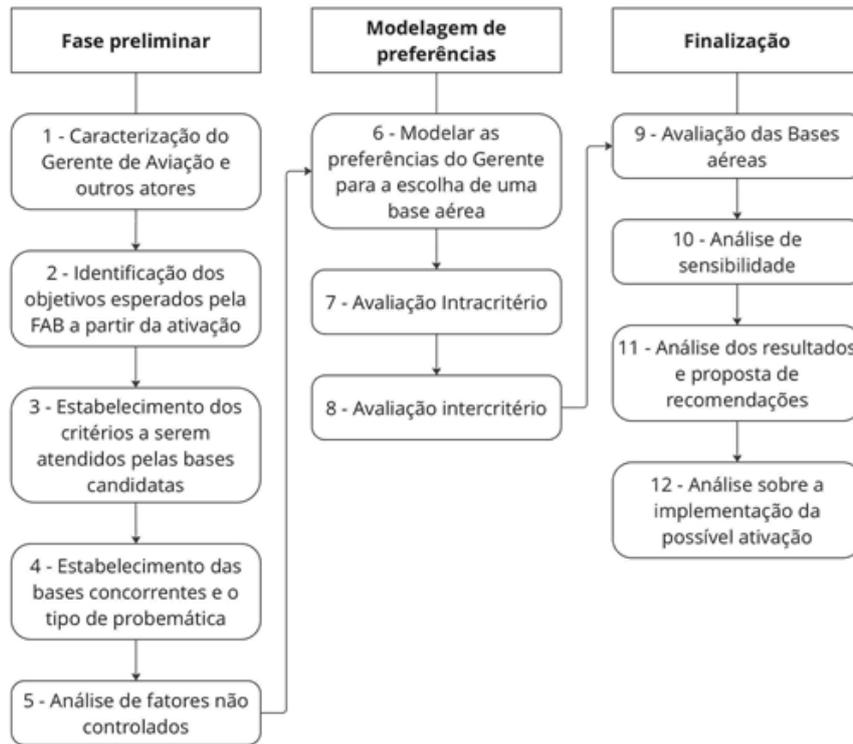
King et al. (2004), por sua vez, apresenta um estudo descritivo abordando critérios importantes para a seleção da localização de uma base para testes de novos equipamentos militares em regiões tropicais, considerando aspectos hidrológicos, biológicos, geológicos e climáticos. Por fim, Ezell et al. (2001) realiza a proposição de um modelo de design de sistema de apoio a decisão associado a localização de acampamento militar do exército, destacando funções importantes como Capacidade de proteção de força, Gerenciamento de recursos, Treinamentos coletivos e individuais e Manutenção. Apesar de o estudo não apresentar uma modelagem multicritério de apoio a decisão, é possível perceber objetivos claros associados à localização do acampamento militar do exército.

Conclui-se, portanto, que a aplicação de decisão multicritério no contexto militar e de defesa, como evidenciado por estas publicações, demonstra a importância crescente destas metodologias na navegação dos desafios complexos enfrentados pelos tomadores de decisão militares, permitindo aos mesmos usufruírem de um processo decisório cientificamente embasado e consequentemente, uma tomada de decisão com medidas que buscam considerar as incertezas e complexidade dos cenários apresentados.

3. Materiais e Métodos

O modelo proposto para auxiliar a FAB na priorização da ativação de unidades aéreas por base 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” inicia-se com a definição dos atores do processo (Etapa 1). O decisor principal, nesse contexto, é o Gerente de Aviação, responsável por tomar decisões estratégicas sobre a distribuição e ativação de unidades aéreas. Nesse sentido, o especialista se enquadra enquanto o Gerente de Projetos da ativação dessas bases, posto que ele é responsável por informações factuais acerca do problema. Em seguida, analisam-se quais são os objetivos do Gerente de Aviação (Etapa 2), para que, a partir disso, construam-se os critérios (Etapa 3), de modo a quantificar o alcance de um objetivo. Em relação à Etapa 3, é essencial compreender de que maneira a satisfação dos objetivos será avaliada. Isso implica em entender a acessibilidade e o método de coleta dos dados, bem como assegurar que o tomador de decisões compreenda as métricas dos critérios, estabelecendo uma ligação entre suas preferências e a percepção dos efeitos.

Dando continuidade, na Etapa 4, analisam-se quais são as alternativas do problema, de modo que, neste estudo, são as bases candidatas a sediarem a ativação de unidade aérea da FAB. Em sequência, a problemática do estudo se enquadra como ordenação, ou seja, priorização, posto que a ativação pode ser realizada em mais de uma base, mas há a necessidade de compreender qual priorização faz mais sentido para elas. Na Etapa 5, identificam-se fatores não controlados, que podem influenciar a decisão, mas que não estão sob controle do decisor, tais como a variação de tráfego aéreo.

Na fase de “Modelagem de Preferências e Escolha do Método”, identificou-se que a racionalidade vigente para esta problemática é não compensatória (Etapa 6). Ademais, também houve dificuldade do decisor para estabelecer uma pontuação de importância relativa para cada critério. Diante dessas características, optou-se pelo método PROMETHEE-ROC. Este método foi escolhido por sua capacidade de lidar com problemáticas de ordenação, sua abordagem não compensatória e seu processo de elicitação mais simples na modelagem de preferências (Morais et al., 2015; de Almeida-Filho et al., 2018).

O PROMETHEE-ROC utiliza uma avaliação intracritério baseada em funções de preferência (Etapa 7). Estas funções determinam como as diferenças de desempenho entre alternativas estão

associadas a limiares para definição de relações de sobreclassificação. Dessa forma, cada critério é avaliado conforme uma função intracritério que melhor retrate as preferências do decisor.

A avaliação intercritério no PROMETHEE-ROC é realizada através do método ROC (Rank Order Centroid) (Etapa 8). Este método simplifica a elicitação dos pesos dos critérios, permitindo que o decisor apenas ordene os critérios por importância, sem necessidade de atribuir valores numéricos precisos. Esses pesos são definidos conforme Equação 1.

$$W_j = \frac{1}{n} \sum_{l=j}^n \frac{1}{l}, \quad \text{para todo } l = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Nesta equação temos que n indica o total de critérios e l representa a posição do critério em uma ordem de importância determinada pelo decisor. O peso W_j do critério j é calculado com base nessa ordem.

A avaliação das bases aéreas no PROMETHEE-ROC (Etapa 9) é baseada no cálculo de fluxos de superação. Com base nisso, inicia-se uma comparação pareada entre as alternativas, a fim de estabelecer um índice de preferência $\pi(a, b)$ da alternativa a sobre a alternativa b , conforme observado na Equação 2, em que $F_j(a, b)$ consiste em uma função de avaliação intracritério, que varia no intervalo de $[0, 1]$.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^m F_j(a, b) \cdot W_j \quad (2)$$

Após obter esses dados, avalia-se então o quanto a alternativa a supera as demais, a partir de seu fluxo de sobreclassificação positivo $\Phi^+(a)$, observado na Equação 3. Em seguida, é calculado o quanto essa alternativa é superada pelas demais, através de seu fluxo de sobreclassificação negativo $\Phi^-(a)$, observado na Equação 4. Por fim, utilizam-se esses valores para a determinação de um indicador global para cada alternativa, representado pelo fluxo líquido $\Phi(a)$ presente na Equação 5.

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (3)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (4)$$

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (5)$$

Na fase de “Finalização”, após a avaliação das alternativas, realiza-se uma análise de sensibilidade (Etapa 10), realizando uma simulação matemática para verificar a robustez do modelo em relação a possíveis variações nos dados de entrada. Esta análise é crucial para assegurar a confiabilidade dos resultados frente a possíveis incertezas ou mudanças nos dados analisados.

Por fim, elabora-se uma recomendação final (Etapa 11) para o Comando Operacional das Bases Aéreas, apresentando os resultados obtidos, as premissas adotadas e as principais observações e conclusões, fornecendo assim um suporte sólido para a tomada de decisão estratégica na ativação de unidades aéreas por base na FAB, para que possa ser realizada a implementação da decisão (Etapa 12).

4. Aplicação

O contexto da aplicação envolve a FAB e seu desafio de priorizar a ativação de unidades aéreas em bases estratégicas. Assim, compreende-se que a ativação de unidades aéreas é um processo que envolve múltiplos fatores. Diante desse cenário, a FAB busca uma metodologia estruturada para auxiliar na tomada de decisão sobre quais bases devem ser priorizadas para a ativação

de novas unidades aéreas, visando melhorar sua eficácia operacional e melhorar a alocação de recursos escassos.

Na Etapa 1 da aplicação, foram identificados os principais atores envolvidos no processo de decisão para a priorização da ativação de unidades aéreas por base. O decisor neste contexto é o Gerente de Aviação, representado por um assessor direto, o Gerente de Projeto, que possui conhecimento sobre as prioridades e diretrizes estratégicas da instituição. Dessa forma, aponta-se que o Gerente de Projeto atuou como decisor nessa situação, representando o Gerente de Aviação, devido à falta de tempo para a aplicação do modelo por parte dele. Deve-se destacar, também, que o Gerente de Projetos possui conhecimento sobre informações factuais que são necessárias para a construção do problema, de modo que também atuou no papel de especialista.

Na Etapa 2 da aplicação, foram identificados os principais objetivos do Gerente de Projetos, que norteiam o processo de priorização da ativação de unidades aéreas por base. A partir disso, foi analisado que buscava-se garantir uma cobertura geográfica eficiente do espaço aéreo brasileiro, melhorar a capacidade de projeção de poder em áreas estratégicas e assegurar uma rápida resposta a potenciais ameaças ou emergências em diferentes regiões do país.

Além disso, o Gerente de Projetos busca objetivos relacionados à eficiência operacional e logística das unidades aéreas. Isso inclui melhorar o uso dos recursos disponíveis, tanto em termos de infraestrutura, quanto de pessoal, visando reduzir custos operacionais e maximizar a eficácia das unidades ativadas. Outro objetivo importante é melhorar a integração e o suporte entre as diferentes bases e unidades aéreas, criando uma rede operacional mais coesa e eficiente. O Gerente de Projetos também visa fortalecer a capacidade da FAB em cumprir suas diversas missões, que vão desde a defesa da soberania nacional até o apoio em operações humanitárias e de busca e salvamento.

Por fim, há o objetivo de garantir condições adequadas para o bem-estar e o desenvolvimento profissional do pessoal militar, assegurando que as bases escolhidas para ativação ofereçam suporte adequado aos recursos humanos envolvidos. Estes objetivos, em conjunto, formam a base para a definição dos critérios que serão utilizados no processo de decisão multicritério.

A partir desses objetivos, modelamos cinco critérios (Etapa 3). Referente a “Localização geográfica”, este é um critério quantitativo de minimização. O objetivo deste critério é analisar o posicionamento estratégico das unidades aéreas para garantir uma resposta rápida e eficiente em áreas de interesse. A localização geográfica é medida pela distância em milhas náuticas entre a base aérea candidata e a área de maior incidência de emprego prevista no planejamento estratégico da FAB. Este critério deriva do objetivo de melhorar a capacidade de resposta e projeção de poder da FAB em regiões estratégicas.

Sobre o critério “Volume de tráfego aéreo”, este é um critério quantitativo, com direção de minimização. O propósito é avaliar a complexidade do controle de tráfego aéreo na região da base. Destaca-se que a capacidade de gerenciamento do espaço aéreo é medida pelo volume de tráfego aéreo no aeródromo sede da base, quantificado pelo número de pousos e decolagens. Este critério está relacionado ao objetivo de melhorar o uso do espaço aéreo e garantir eficiência nas operações da FAB.

Dando continuidade, analisa-se o critério de “Apoio Administrativo”, que é um critério qualitativo de maximização. O objetivo dele é avaliar a capacidade da base em absorver e suportar as demandas administrativas e de apoio de uma nova unidade aérea. Para mensurar este critério, utiliza-se uma escala de Likert de 1 a 5, a qual pode ser observada na Tabela 1. Pontua-se que este critério deriva do objetivo de garantir uma estrutura administrativa eficiente para a nova unidade aérea.

Tabela 1: Escala construída para critério “Apoio Administrativo”.

| Avaliação | Desempenho | Descrição |
|------------------|-------------------|--|
| 1 | Muito ruim | A base possui uma estrutura administrativa muito limitada e carece de recursos essenciais para suportar uma nova unidade aérea |
| 2 | Ruim | A base tem capacidade administrativa limitada, com recursos insuficientes para atender às demandas de uma nova unidade aérea |
| 3 | Satisfatório | A base possui estrutura administrativa básica e recursos mínimos necessários para suportar uma nova unidade aérea |
| 4 | Bom | A base tem boa capacidade administrativa e recursos adequados para atender às demandas de uma nova unidade aérea |
| 5 | Muito bom | A base possui estrutura administrativa muito boa e recursos abundantes, superando as necessidades de suporte para uma nova unidade aérea |

Fonte: Autores.

Ademais, o critério “Capacidade logística”, destaca-se que ele é quantitativo e de maximização. O objetivo dele é avaliar a capacidade da base em fornecer suporte adequado às aeronaves da nova unidade. O potencial de apoio logístico é medido pela capacidade de vagas nos hangares para intervenções de manutenção programada e não programada. Quanto maior o número de vagas disponíveis, melhor o desempenho da base neste critério, pois indica melhores condições para abrigar e dar suporte às aeronaves. Este critério está relacionado ao objetivo de garantir a eficiência operacional e a prontidão das aeronaves da nova unidade ativada.

Em relação ao potencial de apoio logístico às aeronaves, deve-se destacar que ele é crucialmente afetado pela ativação de unidades aéreas. Desse modo, a chegada de novas aeronaves exige uma adaptação da infraestrutura existente, incluindo hangares, pistas de pouso e decolagem, além de áreas de manutenção. Outro ponto a ser destacado, é que bases dedicadas exclusivamente a atividades militares podem ter maior flexibilidade para expandir e adaptar suas instalações conforme necessário.

Por fim, o critério “Apoio ao homem” é qualitativo, com direção de preferência de maximização. O objetivo é avaliar as condições de vida e bem-estar oferecidas pela base aos militares e civis que compõem a nova unidade aérea. Para mensurar este critério, utiliza-se uma escala de Likert de 1 a 5, que pode ser observada na Tabela 2. Este critério deriva do objetivo de garantir condições adequadas de vida e trabalho para o pessoal da FAB, contribuindo para a motivação e retenção de profissionais qualificados.

Tabela 2: Escala construída para critério “Apoio ao homem”.

| Avaliação | Desempenho | Descrição |
|------------------|-------------------|--|
| 1 | Muito ruim | A base oferece condições muito ruins adequadas de moradia, alimentação ou serviços básicos para o pessoal militar e civil |
| 2 | Ruim | A base oferece condições ruins de moradia e serviços básicos, mas com qualidade abaixo do desejável para o bem-estar do pessoal. |
| 3 | Satisfatório | A base fornece condições razoáveis de moradia, alimentação e serviços básicos, atendendo às necessidades essenciais do pessoal |
| 4 | Bom | A base oferece boas condições de moradia, alimentação de qualidade e serviços abrangentes, promovendo o bem-estar do pessoal |
| 5 | Muito bom | A base proporciona muito boas condições de vida, com moradia de alta qualidade, serviços completos e instalações de lazer, garantindo ótima qualidade de vida ao pessoal |

Fonte: Autores.

Nesse sentido, analisa-se que o influxo de novo pessoal militar e civil, gerado pela ativação de unidades aéreas, pressiona a infraestrutura de moradia, alimentação e serviços de saúde da base. Assim, a ativação pode ocasionar melhorias nas áreas de lazer, esportes e bem-estar, contribuindo para a qualidade de vida populacional e militar.

Na Etapa 4 da aplicação, determinou-se que a problemática adequada para este caso é a de ordenação. Esta escolha se justifica pela necessidade da FAB em priorizar a ativação de unidades aéreas em diferentes bases, estabelecendo uma ordem de preferência entre as bases aéreas disponíveis para a tomada de decisão.

A partir disso, analisa-se a importância dessa ação para a FAB, dado que a ativação de unidades aéreas é um processo gradual e que demanda recursos. Ao ordenar as bases, a FAB pode alocar melhor seus recursos, iniciando a ativação pelas bases mais bem avaliadas segundo os critérios estabelecidos e progredindo de acordo com a disponibilidade de recursos e as necessidades estratégicas.

Ainda nesta etapa, monta-se a matriz de consequências, representada na Tabela 3 que apresenta bases aéreas consideradas, com seus desempenhos em cada critério.

Tabela 3: Matriz de consequências do problema.

| Base | Localização geográfica | Volume de tráfego aéreo | Apoio administrativo | Capacidade logística | Apoio ao homem |
|-------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Base 1 | 812 | 52612 | 4 | 6 | 4 |
| Base 2 | 203 | 53230 | 5 | 3 | 3 |
| Base 3 | 35 | 18995 | 3 | 4 | 4 |
| Base 4 | 479 | 77657 | 5 | 6 | 3 |
| Base 5 | 1140 | 3117 | 4 | 4 | 3 |

Fonte: Autores.

Na Etapa 5 da aplicação, foram identificados fatores não controlados que podem influenciar o processo decisório. Dessa forma, identificamos que o critério “Volume de tráfego aéreo”, medido pelo quantitativo de operações de pouso e decolagens no aeródromo sede da base, está sujeito a variações fora do controle direto da FAB. Isso ocorre porque, embora seja baseado em dados históricos e projeções, o volume real de tráfego aéreo pode ser afetado por diversos fatores externos, como mudanças nas rotas comerciais, eventos sazonais, crises econômicas ou sanitárias, e alterações nas políticas de aviação civil. Essas flutuações podem impactar a capacidade de geren-

ciamento do espaço aéreo de uma base, alterando sua adequação para a ativação de novas unidades aéreas.

Na Etapa 6, utilizou-se o método PROMETHEE-ROC devido à sua adequação às características específicas do problema e às necessidades da FAB. Este método foi escolhido por ser capaz de lidar com informações parciais sobre as preferências do Gerente de Projeto, uma característica crucial neste contexto, posto que ele não conseguiu realizar um processo de ponderação total sobre o valor dos pesos dos critérios. Além disso, o método também foi escolhido pois buscava-se um processo de elicitación mais simples e rápido, mas que ainda sim apresentasse robustez em seus resultados.

Nessa perspectiva, destacamos que a aplicação do método ocorreu com o auxílio do do SAD (Sistema de Apoio à Decisão) de aplicação do PROMETHEE, oferecido gratuitamente pelo CDSID, através do link <https://www.cdsid.org.br/>.

Na Etapa 7 da aplicação, definiu-se a avaliação intracritério para cada um dos critérios considerados no modelo. Optou-se por utilizar o critério usual para todos os critérios, tanto os qualitativos quanto os quantitativos. No critério usual, observado na Equação 6 (Brans e Vincke 1985), qualquer diferença de desempenho é mensurada nos cálculos dos fluxos. Essa avaliação intracritério foi escolhida porque o Gerente de Projetos considerou que quaisquer mudanças de desempenho deveriam ser mensuradas, posto que elas são relevantes sobre esse contexto.

$$F_j(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{se } g_i(a) - g_i(b) > 0 \\ 0 & \text{se } g_i(a) - g_i(b) \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

A Equação 6 define a função de desempenho $F_j(a, b)$, que compara o desempenho de duas bases aéreas "a" e "b" em relação a um critério específico. Nesta equação, $g_i(a)$ representa o desempenho da base aérea "a" no critério i , enquanto $g_i(b)$ representa o desempenho da base aérea "b" no mesmo critério. A partir disso, a função $F_j(a, b)$ assume valores binários, 1 quando a unidade base "a" possui um desempenho melhor que "b" no critério avaliado, e 0 caso contrário. Dessa forma, é importante notar que a interpretação da equação varia dependendo se o critério é de maximização ou minimização.

Na Etapa 8 da aplicação, realizou-se a avaliação intercritério utilizando o método ROC. Inicialmente, foram coletadas as preferências do Gerente de Projetos quanto à importância relativa dos critérios, estabelecendo uma ordenação entre eles. Com base nessa ordenação, o método ROC foi aplicado para inferir os pesos de cada critério. A ordem de importância definida pelo Gerente de Projetos foi: "Localização geográfica", seguido de "Volume de tráfego aéreo", "Apoio Administrativo", "Capacidade logística" e "Apoio ao homem". Dando continuidade, foram coletadas as preferências do Gerente de Projeto para inferir-se o peso para cada critério, conforme observados na Tabela 4.

Tabela 4: Análise dos pesos de cada critério após utilizar o procedimento do ROC.

| Critérios | Localização geográfica | Volume de tráfego aéreo | Apoio administrativo | Capacidade logística | Apoio ao homem |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Pesos pelo ROC | 0,4567 | 0,04 | 0,09 | 0,2567 | 0,1567 |

Fonte: Autores.

Posteriormente, realizou-se a avaliação das bases aéreas conforme o método PROMETHEE ROC (Etapa 9) e variações percentuais nos dados de entrada do modelo, para verificar a robustez da solução, através do processo de análise de sensibilidade (Etapa 10). A partir disso, realizou-se a análise dos resultados obtidos (Etapa 11), a fim de elaborar uma recomendação sobre como o

Gerente de Projetos poderia implementar a decisão (Etapa 12). Essas etapas serão detalhadas na seção a seguir.

5. Discussão dos Resultados

Inicialmente, analisam-se os resultados obtidos na Etapa 9, ou seja, os fluxos de sobreclassificação positivo, negativo e líquido, respectivamente. Esses dados estão expostos na Tabela 5.

Tabela 5: Valores obtidos dos fluxos de sobreclassificação.

| Ranking | Base aérea | Fluxo Positivo | Fluxo Negativo | Fluxo Líquido |
|----------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | Base 3 | 0,6683 | 0,2283 | 0,44 |
| 2 | Base 4 | 0,4883 | 0,3467 | 0,1417 |
| 3 | Base 1 | 0,4667 | 0,4075 | 0,0592 |
| 4 | Base 2 | 0,42 | 0,4792 | -0,0592 |
| 5 | Base 5 | 0,1267 | 0,7083 | -0,5817 |

Fonte: Autores.

A Base 3 alcançou a primeira posição mesmo sem apresentar os melhores desempenhos individuais em cada critério. Um fator crucial para sua classificação é seu desempenho muito bom no critério "Localização geográfica" (35 milhas náuticas), que possui o maior peso (0,4567) na análise. A base também mantém desempenhos satisfatórios nos critérios de "Apoio administrativo" (3), "Capacidade logística" (4) e "Apoio ao homem" (4), garantindo uma performance equilibrada nos aspectos operacionais.

A Base 4 por sua vez, apesar de apresentar o maior "Volume de tráfego aéreo" (77.657) entre todas as unidades aéreas, ela apresenta um desempenho muito bom em "Capacidade logística" (6). Ele também possui bom desempenho no critério "Apoio administrativo" (5). No entanto, sua "Localização geográfica" (479) menos favorável em comparação com a Base 3 impactou significativamente sua ordenação final, dado o alto peso deste critério. O desempenho moderado no critério de "Apoio ao homem" (3) também contribuiu para sua colocação em segundo lugar.

A Base 1 apresenta bons desempenhos em "Capacidade logística" (6) e "Apoio ao homem" (4). Seu "Volume de tráfego aéreo" é considerável (52.612), o que é uma desvantagem, mas o "Apoio administrativo" é adequado (4). Contudo, sua "Localização geográfica" (812) menos favorável que a Base 3 afetou significativamente sua posição final, especialmente considerando o peso deste critério, que foi ponderado pelo Gerente de Projetos como o mais importante.

A Base 2 destaca-se positivamente no "Apoio administrativo" (5) e possui um considerável "Volume de tráfego aéreo" (53.230). No entanto, sua "Localização geográfica" (203), embora melhor que algumas bases, ainda é menos favorável que a Base 3. Seus desempenhos mais baixos em "Capacidade logística" (3) e "Apoio ao homem" (3) contribuíram para sua classificação na quarta posição.

A Base 5 apresenta o melhor desempenho, por ser o mais baixo, em "Volume de tráfego aéreo" (3.117), mas tem a "Localização geográfica" menos favorável (1.140), o que impactou sobre sua colocação, visto que este foi o critério ponderado como mais importante pelo Gerente de Projetos. Dessa forma, apesar dessa base apresentar desempenhos intermediários em "Apoio administrativo" (4) e "Capacidade logística" (4), o baixo desempenho no critério mais importante resultou em sua última colocação, com uma diferença significativa no fluxo líquido em relação às demais bases.

Em seguida, na Etapa 10, para verificar a robustez dos resultados obtidos, realizou-se uma análise de sensibilidade variando os pesos dos critérios em $\pm 15\%$. Esta variação foi escolhida por ser um valor significativo que permite avaliar o impacto das possíveis incertezas na definição

dos pesos pelo Gerente de Projeto, sem comprometer a ordem de importância estabelecida entre os critérios. A análise mostrou que, mesmo com estas variações, a ordenação final das unidades aéreas permaneceu consistente na maioria dos cenários, com a Base 3 mantendo-se como primeira colocada, seguida pelas Bases 1 e 2, demonstrando assim a robustez da solução do modelo.

Ainda nesta Etapa, em relação ao critério "Volume de tráfego aéreo", foi aplicada uma variação de $\pm 10\%$ nos valores do número de tráfegos aéreos. Esta análise se justifica pelo fato de que este critério se baseia em dados históricos de movimentação aérea para projetar cenários futuros, estando assim sujeito a incertezas inerentes a esta projeção. Desse modo, fatores externos como crescimento do setor aéreo, mudanças nas rotas comerciais e eventos sazonais podem influenciar o volume de tráfego, tornando necessário considerar estas possíveis variações na avaliação da robustez do resultado do modelo, conforme apresentado na Tabela 6.

Os demais critérios não foram submetidos a análises de sensibilidade por terem sido inferidos com precisão, de modo que não foram realizadas variações percentuais sobre seus dados de entrada. A "Localização geográfica" foi determinada através de medições exatas das distâncias em milhas náuticas. O "Apoio Administrativo" e a "Apoio ao homem" foram avaliados com base em levantamentos da infraestrutura existente em cada base. Por fim, a "Capacidade logística" foi determinado pela contagem das vagas disponíveis em cada localidade.

Tabela 6: Análise de Sensibilidade.

| Posição | Ranking Original | Índice de Robustez | Mudança |
|---------|------------------|--------------------|---------|
| 1 | Base 3 | 100,00% | 0,00% |
| 2 | Base 4 | 100,00% | 0,00% |
| 3 | Base 1 | 99,65% | 0,35% |
| 4 | Base 2 | 99,65% | 0,35% |
| 5 | Base 5 | 100,00% | 0,00% |

Fonte: Autores.

As Bases 3, 4 e 5 mantiveram seus posicionamentos em 100% dos casos simulados, indicando que não houve alterações em suas posições mesmo com as variações aplicadas. Já as Bases 1 e 2 apresentaram uma pequena variação, com índice de robustez de 99,65% (mudança de 0,35%). Dessa forma, essa pequena variação se explica, possivelmente, devido ao fato que as Bases 1 e 2 têm desempenhos similares em "Volume de tráfego aéreo" (52.612 e 53.230 respectivamente), tornando-as mais suscetíveis a alterações quando este critério sofre variações.

Esta análise de sensibilidade demonstra que a solução do modelo é robusta, com pequenas mudanças mesmo sob variações significativas nos parâmetros. A unidade aérea recomendada (Base 3) manteve-se na primeira posição, com 100% de robustez. Ademais, a pequena variação entre as Bases 1 e 2 não compromete a confiabilidade da solução, pois afeta posições intermediárias do ranking e representa uma mudança muito pequena (0,35%).

Dessa forma, este trabalho apresenta relevância para a área militar. Isso ocorre porque o estudo aborda um problema crítico e atual da Força Aérea Brasileira: a necessidade de melhorar a alocação de recursos escassos na ativação de novas unidades aéreas, decisão que impacta diretamente

a capacidade operacional e a presença estratégica da FAB em território nacional. A metodologia proposta oferece uma ferramenta estruturada para apoiar decisões que tradicionalmente poderiam ser baseadas principalmente na experiência dos comandantes e em análises qualitativas.

O trabalho se destaca pela aplicação do método PROMETHEE-ROC em um contexto militar específico, considerando as particularidades e restrições próprias da FAB. Além disso, o estudo incorpora a análise de fatores não controlados, como as variações no volume de tráfego aéreo, demonstrando uma abordagem realista e prática que considera as incertezas inerentes ao ambiente operacional militar.

Outro aspecto relevante é a integração de critérios quantitativos e qualitativos em um mo-

delo, permitindo a avaliação sistemática de aspectos diversos como localização geográfica, capacidade logística e apoio administrativo. A robustez da solução do modelo, confirmada através de análises de sensibilidade, fornece um nível de confiabilidade para sua aplicação em decisões estratégicas militares. Esta abordagem metodológica pode servir como referência para outros problemas similares enfrentados não apenas pela FAB, mas por outras organizações militares que necessitem priorizar a alocação de recursos.

Finalizando a aplicação do modelo, na Etapa 11, os resultados da análise multicritério e da análise de sensibilidade foram consolidados para serem repassados ao Gerente de Aviação como recomendação de utilização da Base 3 como local para a implementação da nova Organização Militar e, como segunda opção, a Base 4. A partir dessa análise, com uma sugestão fundamentada, se espera que a instituição prossiga com a implementação da decisão (Etapa 12).

6. Conclusão

Este trabalho criou um modelo para ajudar a FAB a decidir qual é a melhor priorização para ativar unidades aéreas em diferentes bases. Para isso, foi usado o método PROMETHEE-ROC, que atingiu seu objetivo ao conseguir organizar as opções em ordem de preferência, que considera que pontos fracos em um aspecto não podem ser compensados por pontos fortes em outro e que funciona em situações de informações parciais. O modelo levou em conta cinco fatores principais: localização, como ela controla o espaço aéreo, se tem estrutura para uma nova unidade militar funcionar, se consegue dar suporte técnico aos aviões e se tem condições de atender bem o pessoal militar.

Após construção do modelo e aplicação do método, tornou-se possível a ordenação das cinco bases que poderiam receber a nova unidade militar. A Base 3 foi a melhor opção, com uma pontuação de 0,44, com vantagem sobre as demais. Ademais, vale mencionar que a Base 4 ficou em segundo lugar, com pontuação de 0,1417, principalmente porque ela tem capacidade administrativa e de suporte técnico muito bons.

Para ter certeza de que esses resultados eram confiáveis, foram realizadas mudanças sobre os dados de entrada que apresentavam imprecisão. A partir disso, as Bases 3, 4 e 5 continuaram nas mesmas posições em todos os testes, e as Bases 1 e 2 praticamente não mudaram de posição (só em 0,35% dos casos), o que mostra que a conclusão é robusta.

É importante dizer que se trabalhou com um Gerente de Projeto que representou quem precisava tomar a decisão. Assim, destacamos que o conhecimento do Gerente de Projetos foi importante para decidir quais fatores eram mais importantes e confirmar se as avaliações faziam sentido, especialmente em aspectos mais subjetivos como suporte administrativo e condições para o pessoal.

O estudo é relevante porque conseguiu agregar fatores mensuráveis quantitativamente e de avaliação subjetiva através de escalas qualitativas. Assim, a relevância do estudo pode ser observada em seu papel de suporte a decisão sobre o contexto militar, de modo que ele se mostrou como uma ferramenta útil para a FAB tomar decisões, oferecendo um método bem estruturado para analisar e priorizar as bases que poderiam receber novas unidades aéreas.

Com base nos resultados, podemos dizer que o estudo alcançou seu objetivo, o qual consiste em fornecer uma recomendação bem fundamentada sobre onde instalar a nova unidade militar. Recomendamos ao responsável pela decisão que a nova unidade seja instalada na Base 3, tendo a Base 4 como segunda opção. Além disso, o trabalho se destacou por ser prático e útil, oferecendo um método que pode ser usado em decisões parecidas no futuro pela FAB e por ter considerado fatores fora do controle da decisão.

Para futuros estudos, sugerimos incluir outros fatores como: impactos ambientais, custo de vida local para militares, e qualificação da mão de obra local. Soma-se a isso, a possibilidade de aplicação em diferentes eixos em que métodos de Análise de Decisão Multicritério (MCDA) podem ser utilizados a fim de apoiar processos decisórios da FAB, como: distribuição de aeronas-

ves, alocação de horas de voo por projeto, composição de equipagens (tripulações) por localidade, dentre diversos outros temas recorrentes da missão da instituição.

Agradecimentos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

Bilgin, N. G., Bozma, G., e Riaz, M.. Location selection criteria for a military base in border region using N-AHP method. *AIMS Mathematics*, v. 9 n. 3, 7529-7551, 2024.

Brans, J. P., & Vincke, P., Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management science*, v. 31, n. 6, 647-656, 1985.

Chang K.-H., Chang Y.-C., Chung H.-Y., A novel AHP-based benefit evaluation model of military simulation training systems. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, art. no. 956757, 2015.

Costa, I. P. A., Costa, A. P. A., Sanseverino, A. M., Gomes, C. F. S. e Santos, M., Bibliometric studies on multi-criteria decision analysis (MCDA) methods applied in military problems. *Pesquisa Operacional*, v. 42, e249414, p. 1-26, 2022.

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

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

de Almeida, J. A., Frej, E. A., Roselli, L. R. P., & de Almeida, A. T., Analytical aspects of combining holistic evaluation and decomposition elicitation for preference modeling in the FITradeoff method. *International Transactions in Operational Research*, v. 32, p. 3896-3937, 2025.

de Almeida Filho, A. T., Clemente, T. R., Morais, D. C., & de Almeida, A. T., Preference modeling experiments with surrogate weighting procedures for the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, v. 264, n. 2, 453-461, 2018.

Estado-Maior da Aeronáutica. RICA 21-175—Regimento Interno da Base Aérea do Recife. 2019. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/VisualizadorPdf?codigoArquivo=27163\&tipoMidia=0>. Acesso em: 31/05/2024.

Ezell, B.C., Davis, M.J., McGinnis, M.L., Designing a decision support system for military base camp site selection and facility layout. *Risk-Based Decisionmaking in Water Resources IX*, pp. 96–102, 2001.

Girardi, R. e Santos, M. Estudo bibliométrico sobre métodos de apoio multicritério à decisão aplicados à gestão de ciclo de vida de sistemas de defesa. *Revista GeSec*, v.14, n.4, p. 5149-5169, 2023.

Jaiswal, N. K. *Military Operations Research: Quantitative Decision Making*. Boston: Springer, 1997.

King, W.C., Palka, E.J., Harmon, R.S., Identifying optimum locations for tropical testing of United States army materiél and systems. *Singapore Journal of Tropical Geography*, v. 25, n. 1, pp. 92–108, 2004.

Labreuche C., Buron, C., Moo, P. W. e Barbaresco, F., Multi-criteria Analysis for Evaluation of Adaptive Radar Resource Management algorithms on a Naval setting with and without clutter. In: *Proceedings of the 2019 International Radar Conference*, Toulon, France, 2019. pp. 1-6.

Macharis, C., & Bernardini, A., Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. *Transport policy*, v. 37, p. 177-186, 2015.

Manso, D. F., Parnell, G. S., Pohl, E. e Belderrain, M. C. N., Gaps in strategic problem-solving methods: A systematic literature review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, v. 31, n. 1-2, e1828, 2024.

Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. DCA 11-45–Concepção Estratégica Força Aérea 100. 2018a. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/Download/arquivos/DCA\%2011-45ConcepcaoEstrategicaForcaAerea100.pdf>. Acesso em: 31/05/2024.

Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. PCA 11-47–Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2018-2027. 2018b. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/Download/arquivos/pemaer.pdf>. Acesso em: 31/05/2024.

Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. MCA 21-2: Estrutura e Organização das Alas. 2021. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/VisualizadorPdf?codigoArquivo=18589\&tipoMidia=0>. Acesso em: 31/05/2024.

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

Morais, D. C., de Almeida, A. T., Alencar, L. H., Clemente, T. R. N., e Cavalcanti, C. Z. B., PROMETHEE-ROC model for assessing the readiness of technology for generating energy. *Mathematical Problems in Engineering*, v. 2015, ID 530615, 2015.

Pereira, J. e Oliveira. R., Dual use CNS boosts civil-military interoperability. In: *Proceedings of 2018 Integrated Communications, Navigation, Surveillance Conference*, Herndon, Virginia, USA. IEEE, 2018.

Roy, B., Multicriteria methodology for decision aiding vol. 12. *Springer Science & Business Media*, 1996.

Yousif, B; Zahir, I. Developing a quality assurance model for small military institutions. In: *Proceedings of the European and Mediterranean Conference on Information Systems 2008*. Dubai, 2008.

Yum, S. G., & Park, Y. J., Use of GIS for Prioritization and Site Suitability Analysis of Potential Relocation Sites for Military Training Facilities: A Case Study in South Korea. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, v. 40, n. 3, 195-206, 2022.