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

Integração do Método SAPEVO-H² ao Planejamento Baseado em Capacidades: Modelagem Estratégica para a Defesa Nacional

Miguel Ângelo Lellis Moreira
Universidade Federal Fluminense - UFF
Niterói, RJ 24210-346, Brasil
miguellellis@id.uff.br

Victor Benicio Ardilha da Silva Alves
Centro de Análises de Sistemas Navais - CASNAV
Rio de Janeiro, RJ 20091-000, Brasil
benicio@marinha.mil.br

Luiz Frederico Horácio de Souza de Barros Teixeira
Centro de Análises de Sistemas Navais - CASNAV
Rio de Janeiro, RJ 20091-000, Brasil
luiz.frederico@marinha.mil.br

André Tripoli
Estado-Maior da Armada - EMA
Brasília, DF 70055-900, Brasil
Esplanada dos Ministérios, Bloco N, 5º andar
tripoli@marinha.mil.br

Carlos Francisco Simões Gomes
Universidade Federal Fluminense - UFF
Niterói, RJ 24210-346, Brasil
cfsg1@bol.com.br

Marcos dos Santos
Escola Naval - EN
Rio de Janeiro, RJ 20021-010, Brasil
marcosdossantos@ime.eb.br

RESUMO

O Planejamento Baseado em Capacidades (PBC) é uma abordagem estratégica que permite às Forças Armadas desenvolverem capacidades adaptáveis e resilientes para enfrentar desafios em constante evolução. Este estudo investiga a integração do método multicritério SAPEVO-H² como apoio analítico na concepção de força no âmbito da defesa brasileira. A partir de uma estrutura hierárquica de avaliação, o estudo analisa interdependências entre variáveis, desde os Vetores de Atuação até Meios Operacionais e alocação de recursos. A proposta de *framework* demonstra sua viabilidade em priorizar capacidades, favorecendo o alinhamento com mudanças geopolíticas e demandas operacionais. Adicionalmente, mediante técnicas de programação matemática, se possibilita a maximização estratégica frente às limitações orçamentárias. Diante da incerteza em cenários futuros, o método SAPEVO-H² se apresenta favorável para apoiar a decisão no PBC, corroborando analiticamente para a concepção de força e na distribuição orçamentária. O estudo conclui sugerindo a ampliação do uso de modelos de decisão orientados ao PBC em políticas de defesa e segurança pública.

PALAVRA-CHAVE. Planejamento Baseado em Capacidades, Apoio Multicritério à Decisão, Método SAPEVO-H², Programação Matemática, Otimização Orçamentária.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

ABSTRACT

Capability-Based Planning (CBP) is a strategic approach that enables the Armed Forces to develop adaptable and resilient capabilities to face constantly evolving challenges. This study investigates the integration of the SAPEVO-H² multi-criteria method as an analytical support for force design within the Brazilian defense. Based on a hierarchical evaluation structure, the study analyses interdependencies between variables, from Action Vectors to Operational Means and resource allocation. The proposed framework demonstrates its feasibility in prioritizing capabilities, favouring alignment with geopolitical changes and operational demands. Additionally, mathematical programming techniques enable strategic maximization in the face of budgetary limitations. Given the uncertainty in future scenarios, the SAPEVO-H² method appears favorable for supporting the decision in CBP, analytically corroborating force design and budget distribution. The study suggests expanding the use of CBP-oriented decision models in defense and public security policies.

KEYWORDS. Capability-Based Planning, Multi-Criteria Decision Analysis, SAPEVO-H² Method, Mathematical Programming, Budget Optimization.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

1. Introdução

O processo decisório no que tange ao direcionamento da defesa nacional constitui em uma sistemática complexa, permeado por incertezas, múltiplos critérios e variáveis interdependentes [Wrigley e Simons, 2025]. A crescente dinamicidade dos cenários geopolíticos, o surgimento de ameaças assimétricas e a necessidade de respostas rápidas e eficientes demandam que os planejadores militares disponham de ferramentas capazes de apoiar decisões estratégicas robustas. O ambiente de incerteza e a limitação de recursos reforçam a importância de abordagens metodológicas que orientem decisões coerentes, transparentes e fundamentadas [Osoba, 2024].

No âmbito da defesa nacional, o Planejamento Baseado em Capacidades (PBC) desponta como um modelo contemporâneo que busca estruturar o desenvolvimento das Forças Armadas a partir da identificação e priorização de capacidades estratégicas [Koivisto et al., 2022]. Diferentemente de abordagens tradicionais orientadas por ameaças específicas, o PBC propõe um planejamento flexível, centrado na geração de competências operacionais adaptáveis a diferentes contextos e cenários de atuação. Essa abordagem favorece o alinhamento entre as necessidades de defesa e os recursos disponíveis, ao mesmo tempo em que estimula a interoperabilidade e a modernização dos meios militares [Monreal e Vilar-Lopes, 2023].

A concepção de força orientada pelos princípios do PBC consiste em um processo analítico e prospectivo, no qual se busca identificar, desenvolver e integrar capacidades essenciais para o cumprimento das missões constitucionais das Forças Armadas [Okromtchedlishvili, 2023]. Esse processo envolve a avaliação sistemática de cenários futuros, a definição de vetores de atuação estratégicos e a priorização de capacidades críticas que assegurem a eficácia operacional em ambientes incertos e dinâmicos [Koivisto *et al*., 2022]. No cenário brasileiro, a adoção do PBC representa um avanço metodológico relevante para o desenvolvimento da defesa, promovendo um processo contínuo de análise, avaliação e direcionamento de capacidades que visa assegurar a soberania, a proteção dos interesses nacionais e a prontidão operacional diante de desafios futuros [Silva et al., 2025].

Nesse cenário, a Pesquisa Operacional (PO) emerge como um campo do conhecimento favorável para subsidiar a tomada de decisão em problemas complexos e estratégicos, como aqueles relacionados à defesa nacional [Parlier, 2020]. Combinando métodos quantitativos, modelagem matemática e técnicas analíticas, a PO favorece a estruturação de problemas, construção e análise de alternativas, e construção de formas de soluções favoráveis à situações problemáticas elencadas, suportando todo o processo decisório de alta complexidade [Moreira et al., 2023b]. No âmbito do planejamento militar, a aplicação de modelos oriundos da PO contribui para aumentar a eficiência dos processos decisórios, promovendo avaliações sistemáticas, simulações de cenários e priorizações que respeitam tanto os objetivos estratégicos quanto os recursos disponíveis.

Dentre as subáreas oriundas da PO, destaca-se o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) e a Programação Matemática, ambas amplamente reconhecidas pela capacidade de lidar com problemas caracterizados por múltiplos objetivos e restrições [Gupta et al., 2022]. O AMD permite que decisões estratégicas sejam construídas a partir da consideração simultânea de diversos critérios, muitas vezes conflitantes, priorizando-os segundo a transcrição matemática das preferências dos *stakeholders* envolvidos ao processo decisório [Cinelli et al., 2022]. Por outro lado, os modelos de otimização, baseados em Programação Matemática, contribuem para a modelagem formal de problemas, possibilitando a alocação ótima de recursos e a definição de soluções factíveis em cenários complexos [Xidonas et al., 2020].

Diante do cenário em exploração, este estudo propõe a integração de modelagem multicritério ao contexto do PBC aplicado à defesa nacional brasileira. Para tal finalidade, adota-se o método SAPEVO-H² [Moreira et al., 2023], o qual se configura como um modelo híbrido e hierarquizado destinado à condução de processos decisórios em ambientes complexos. O método possibilita a participação de grupos de decisores distribuídos em diferentes níveis do problema, viabilizando a estruturação hierárquica dos elementos constituintes, parcial e metodologicamente selecionados. Neste estudo, consideram-se os seguintes elementos: Vetores de Atuação (VA),

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

Capacidades Estratégicas (CE), Eixos Estratégicos e Linhas de Ação (EELA), e Meios (ME). Para cada conjunto de variáveis, será estabelecido um nível específico de avaliação, promovendo a interconectividade dos elementos e explorando suas possíveis relações e influências no processo de concepção de força e no direcionamento estratégico da defesa.

2. Referencial Teórico

A crescente complexidade dos cenários geopolíticos e a imprevisibilidade das ameaças contemporâneas impõem às Forças Armadas o desafio de estruturar processos decisórios cada vez mais robustos, flexíveis e fundamentados [Harrison et al., 2020b]. Nesse contexto, torna-se essencial recorrer a abordagens sistemáticas e analíticas em caráter multimetodológico, que combinem rigor técnico com aderência estratégica, permitindo a construção de modelos que orientem decisões críticas em ambientes marcados por incerteza, restrições e múltiplos critérios [Hausken, 2024].

A construção do modelo proposto neste trabalho fundamenta-se em três pilares complementares. Primeiramente, o conceito de PBC é explorado como uma alternativa moderna ao planejamento tradicional, promovendo a identificação e priorização de capacidades essenciais ao cumprimento das missões constitucionais, conforme exposto por Schweizer et al. [2022]. Em seguida, discute-se a integração da abordagem multicritério como meio de operacionalizar a seleção e a avaliação dessas capacidades, explorando aplicações e lacunas de pesquisa e desenvolvimento no tema. Por fim, apresenta-se o método SAPEVO-H², uma abordagem híbrida e hierarquizada, concebida para apoiar decisões complexas, como os que envolvem o direcionamento estratégico da defesa.

2.1 Planejamento Baseado em Capacidades [PBC]

O PBC constitui uma abordagem prospectiva e sistêmica adotada por diversas nações para estruturar a força militar a partir da identificação, desenvolvimento e priorização de capacidades essenciais ao cumprimento de missões institucionais [Koivisto et al., 2022]. Em oposição a métodos centrados em ameaças específicas, o PBC parte da análise de cenários futuros para determinar quais capacidades devem ser adquiridas, mantidas ou desenvolvidas, assegurando prontidão diante de um espectro mais amplo de situações [Dağıstanlı, 2025]. Tal abordagem favorece ao processo decisório uma lógica orientada por finalidades operacionais, proporcionando assim uma visão de longo prazo, alinhada aos Objetivos Nacionais de Defesa.

Enquanto o modelo tradicional de planejamento militar, focado em ameaças, pressupõe a existência de inimigos claramente definidos, contextos geopolíticos relativamente estáveis e respostas previamente conhecidas, o PBC busca trazer uma visão mais adaptável e modular às variações geopolíticas [Petlenko et al., 2023]. O modelo em questão favorece a dinamicidade do ambiente estratégico e propõe a construção de forças armadas flexíveis e interoperáveis, sendo capazes de responder a múltiplos tipos de operação. A mudança de foco, de quem combater para como operar, representa um avanço metodológico significativo, tornando o planejamento menos reativo e mais adaptativo às exigências contemporâneas de defesa [Petlenko et al., 2023].

Um dos principais pontos de destaque da abordagem PBC está na sua capacidade de acomodar variações nos cenários geopolíticos, sociais, tecnológicos e econômicos. Ao considerar tendências de longo prazo e incertezas emergentes, o modelo favorece que ajustes estruturais sejam viabilizados sem comprometer a coesão estratégica [Chim et al., 2010]. Mediante a avaliação contínua das capacidades e da atualização dos Vetores de Atuação (VA) como direcionamento do planejamento, o PBC promove a resiliência do planejamento militar e assegura a manutenção da eficácia operacional, mesmo diante de ameaças assimétricas e eventos de alta imprevisibilidade [Shafi et al., 2017].

Nesse cenário, a abordagem PBC apresenta associação quanto a integração das metodologias oriundas da PO e da Análise de Dados, que contribuem para o tratamento sistemático de informações, simulação de cenários, modelagem de incertezas e priorização de alternativas [Silva et al., 2025]. De forma mais específica, os modelos AMD, técnicas de otimização e métodos

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

baseados em análise preditiva são cada vez mais empregados para apoiar a tomada de decisão no contexto do PBC, permitindo a integração entre julgamentos humanos e evidências empíricas [Dağıstanlı, 2025].

No Brasil, o PBC tem sido incorporado de forma progressiva como diretriz de modernização da Defesa. Documentos estratégicos como a Política Nacional de Defesa (PND) e a Estratégia Nacional de Defesa (END) reconhecem a importância da abordagem baseada em capacidades para orientar o desenvolvimento dos meios militares. Estudos recentes, conforme apresentado por Silva et al. [2025] , apontam os principais desafios enfrentados na implementação do modelo no país, incluindo a necessidade de aprimoramento institucional, a qualificação técnica de analistas e a adoção de metodologias de apoio à decisão. Ainda assim, a adoção do PBC representa um avanço relevante na racionalização do planejamento e no alinhamento das Forças Armadas às melhores práticas internacionais.

2.2 Apoio Multicritério à Decisão [AMD] Integrado ao PBC

A integração do AMD ao PBC representa uma abordagem favorável para enfrentar os desafios inerentes ao processo decisório em defesa nacional, marcado por múltiplos critérios, grupos de *stakeholders*, incertezas, e alto grau de complexidade [Harrison et al., 2020a]. O AMD proporciona estruturar as preferências dos decisores de maneira formal e transparente, contribuindo para a compreensão das preferências e priorização de capacidades estratégicas e a seleção de linhas de ações em contextos de recursos escassos [Cinelli et al., 2022]. A natureza hierárquica e multidimensional do PBC é especialmente compatível com metodologias oriundas do AMD, possibilitando a agregação de julgamentos individuais e coletivos em decisões coerentes com os objetivos operacionais e estratégicos [Aldea et al., 2019; Dağıstanlı, 2025].

No plano internacional, diversas iniciativas têm buscado associar o AMD ao PBC como forma de fortalecer os processos de alocação de recursos e desenvolvimento de capacidades militares. Koivisto et al. [2022] propõem um modelo conceitual baseado em pensamento sistêmico para o planejamento de capacidades, destacando a relevância de métodos analíticos para lidar com *trade-offs* estratégicos. De forma semelhante, Okromtchedlishvili [2023] argumenta que a combinação entre planejamento baseado em capacidades e métodos multicritério permite ganhos em sustentabilidade e utilidade das forças armadas, especialmente quando se adota uma abordagem programática e baseada em evidências.

Monreal e Vilar-Lopes [2023], ao analisarem a proteção do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro contra aeronaves não tripuladas, defendem a adoção de métodos multicritério como suporte ao desenvolvimento de capacidades adaptáveis e tecnológicas. Adicionalmente, Gupta et al. [2022] ressaltam que a incorporação de Inteligência Artificial e sistemas de decisão multicritério tem sido central em operações militares modernas, contribuindo para a avaliação de capacidades emergentes e o balanceamento entre eficácia e custo.

No cenário brasileiro, no entanto, a aplicação do AMD ao PBC ainda é incipiente. Embora a Estratégia Nacional de Defesa reconheça a importância da priorização de capacidades, os estudos empíricos que operacionalizam essa integração por meio de métodos multicritério são raros. A literatura nacional tende a focar nas diretrizes normativas e organizacionais do PBC, com pouca ênfase em sua modelagem quantitativa. Essa lacuna é destacada por Silva et al. [2025], que apontam a ausência de instrumentos metodológicos consolidados como um dos entraves à institucionalização plena do PBC no Brasil.

Mesmo em estudos que reconhecem a necessidade de apoiar o planejamento com métodos mais estruturados, como os apresentados por Moreira et al. [2024], observa-se uma baixa exploração de ferramentas multicritério para análise e priorização de capacidades. A ausência de modelos formais aplicados ao contexto nacional dificulta a replicabilidade e a comparabilidade dos resultados, comprometendo a eficiência dos ciclos de planejamento [Cho e Kim, 2025]. Há, portanto, uma demanda por abordagens que aliem tecnicidade, flexibilidade e aderência à realidade operacional das Forças Armadas brasileiras.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

Neste contexto, o método AMD SAPEVO-H² se apresenta como uma alternativa viável para a operacionalização do AMD no contexto do PBC. Conforme discutido por Moreira et al., [2023a], o método SAPEVO-H² é um modelo híbrido que permite a análise hierárquica de critérios e alternativas com múltiplos níveis decisórios, desta forma, podendo atender à complexidade estrutural do PBC. Sua capacidade de incorporar julgamentos de diferentes atores, lidar com critérios qualitativos e quantitativos, confere ao método simplicidade operacional e viabilidade analítica. A implementação do SAPEVO-H² pode contribuir para a lacuna metodológica em discussão, ao mesmo tempo em que promove maior racionalidade e transparência nas decisões estratégicas de defesa.

2.3 Método SAPEVO-H²

O método SAPEVO-H², proposto por Moreira et al. [2023a], apresenta uma estrutura metodológica adaptável para apoiar decisões em ambientes complexos e hierarquizados, conforme é compreendido o PBC. No âmbito da defesa, onde a avaliação de capacidades estratégicas exige a consideração de múltiplas perspectivas e especializações, o SAPEVO-H² permite a participação simultânea de diferentes tomadores de decisão, cada um contribuindo com avaliações parciais ou totais sobre subconjuntos hierárquicos de variáveis, de acordo com sua expertise e atribuições operacionais [Moreira et al., 2024].

Os resultados obtidos pelo modelo refletem, indiretamente, as preferências expressas pelos tomadores de decisão em avaliações realizadas nos diferentes níveis da hierarquia. Essas avaliações locais, ao serem sistematicamente agregadas, contribuem para a construção de um panorama global de priorização e impacto das variáveis analisadas. A Figura 1 ilustra a estrutura axiomática que orienta a aplicabilidade do método SAPEVO-H².

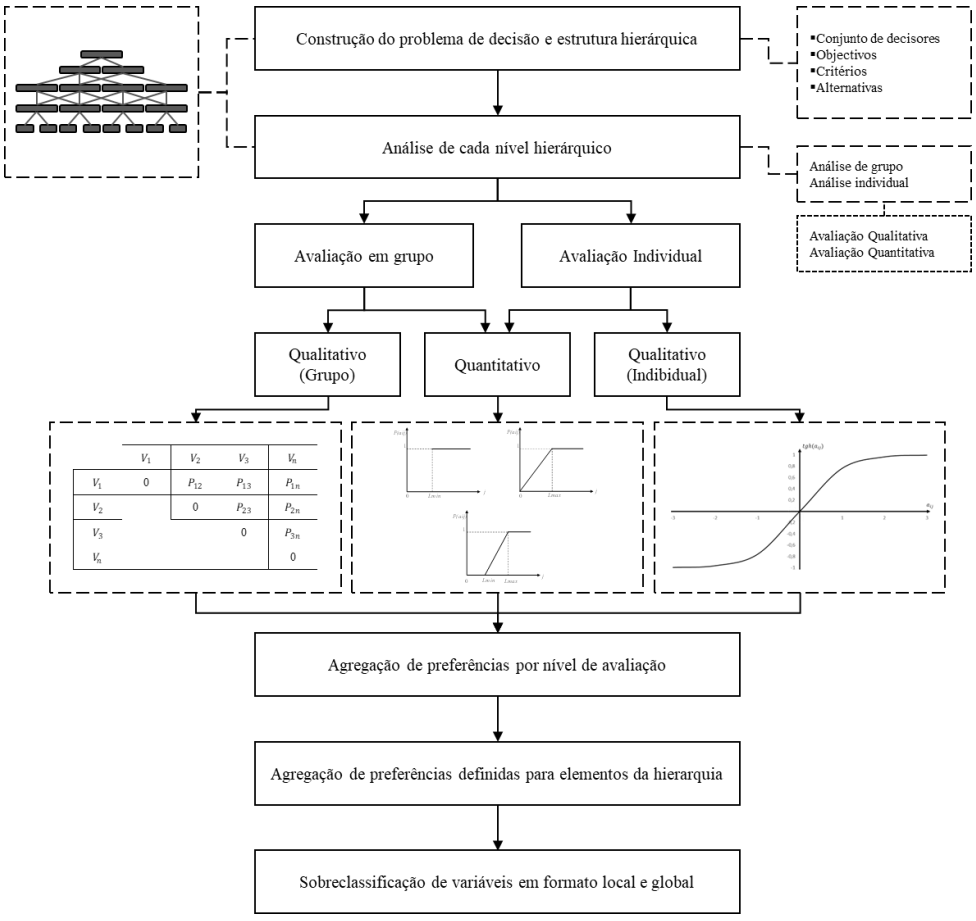


Figura 1 – Estrutura axiomática do método SAPEVO-H² [Moreira et al., 2024]

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

Conforme apresentado em [Moreira et al., 2024], a estrutura axiomática do método SAPEVO-H² foi concebida para acomodar a participação simultânea e distribuída de múltiplos tomadores de decisão, cada um atuando conforme sua área de competência dentro de uma hierarquia previamente estabelecida. Essa estrutura permite a decomposição do problema decisório em diferentes níveis, cada um associado a um conjunto específico de variáveis que contribuem, de forma progressiva, para a consecução de um objetivo estratégico localizado no topo da hierarquia. Em cada um desses níveis, as avaliações podem ser conduzidas por decisores individuais ou por grupos de especialistas, respeitando a complexidade e a natureza multidisciplinar dos temas envolvidos. O método oferece flexibilidade ao permitir diferentes formas de elicitação: avaliações qualitativas conduzidas individualmente ou em grupo, bem como julgamentos quantitativos, ampliando sua aplicabilidade em contextos com diferentes graus de maturidade analítica e disponibilidade de dados.

Em cada nível da hierarquia, o método em questão estabelece um índice de desempenho local para as variáveis analisadas, refletindo o grau de preferência atribuído pelos decisores naquele estágio específico da avaliação. Esses índices locais são ponderados com base em sua influência sobre os elementos do nível imediatamente superior, compondo, assim, uma cadeia de valor estruturada. À medida que a hierarquia é percorrida, os valores atribuídos em níveis inferiores são agregados de forma progressiva, resultando em um índice de importância relativa para cada variável em relação aos seus elementos hierarquicamente superiores. Quando há múltiplos níveis entre uma variável e o topo da hierarquia, o modelo adota um processo de agregação aditiva, favorecendo que a contribuição de cada variável seja propagada ao longo da estrutura decisória.

A partir do processo de agregação aditiva, o método hierárquico possibilita a obtenção de índices de desempenho que permitem sobreclassificar as alternativas de forma local e global. Por se tratar de um modelo hierárquico, torna-se possível analisar o desempenho das alternativas sob diferentes critérios e atributos, promovendo uma compreensão mais granular e explicativa dos resultados finais. Essa característica é particularmente útil em contextos estratégicos, como do PBC, onde se busca identificar não apenas das melhores alternativas globais, mas também os pontos fortes e fracos relativos a cada dimensão avaliada. Além disso, o método fornece transparência quanto à importância relativa dos critérios e atributos, permitindo explicitar as relações de preferência manifestadas por decisores individuais ou por grupos. Para aprofundamento quanto a aplicabilidade do modelo, recomenda-se a leitura da publicação [Moreira et al., 2023a].

Com o objetivo de ampliar a aplicabilidade prática do método SAPEVO-H² e facilitar sua adoção em contextos institucionais complexos como o da defesa, foi desenvolvida uma plataforma computacional web [www.sapevo-h2.com]. O *software* oferece uma interface amigável e interativa, permitindo aos usuários a realização de análises numéricas e gráficas com base na estrutura axiomática do método. Além da operacionalização do modelo, a plataforma disponibiliza materiais didáticos, incluindo tutoriais e videoaulas, contribuindo para a disseminação do conhecimento e a capacitação de usuários. O software encontra-se registrado junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial [INPI].

A associação entre o método SAPEVO-H² e o PBC revela-se favorável dada a compatibilidade estrutural entre ambos. O modelo decisório proposto foi concebido com base em uma lógica hierárquica de avaliação, que dialoga diretamente com a arquitetura multinível do PBC, a qual organiza as decisões estratégicas em camadas sucessivas, desde os Vetores de Atuação até os Meios (VA → CE → EELA → ME), conforme discutido na introdução deste artigo. Essa correspondência estrutural proporciona que o SAPEVO-H² operacionalize sistematicamente, a decomposição do problema decisório e a modelagem das interdependências entre os diferentes níveis da hierarquia. Nesse arranjo, as preferências expressas localmente por tomadores de decisão especializados em cada domínio são formalmente agregadas, influenciando de forma ascendente a priorização global das capacidades e o delineamento do direcionamento estratégico da força.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

3. Proposta de *Framework*

O PBC consolidou-se, nas últimas décadas, como uma abordagem metodológica para estruturar os processos de planejamento e desenvolvimento da defesa em diversos países [Spiegeleire, 2011]. Diferentemente de modelos centrados em ameaças específicas, o PBC adota uma lógica prospectiva, voltada à identificação e priorização de capacidades operacionais essenciais que permitam às Forças Armadas atuarem em um amplo espectro de cenários. Tal abordagem reflete uma mudança paradigmática no planejamento militar, conferindo maior flexibilidade, interoperabilidade e adaptabilidade à estrutura de defesa nacional [Despont, 2022]. No Brasil, o PBC tem sido progressivamente incorporado às diretrizes superiores da política de defesa, contribuindo para a organização racional dos meios e o alinhamento entre recursos disponíveis e objetivos estratégicos, conforme estabelecido na PND e na END.

A estrutura macro do PBC pode ser sistematizada em uma arquitetura hierárquica que favorece a modelagem estruturada das decisões estratégicas de defesa. Essa estrutura parte da definição de Cenários Prospectivos, os quais orientam a formulação dos VA, grandes eixos temáticos de esforço estratégico que refletem os desafios futuros da defesa nacional. A partir desses vetores, desdobram-se as CE, representando habilidades fundamentais a serem desenvolvidas para garantir a operacionalização dos objetivos estabelecidos em cada cenário. Essa abordagem prospectiva favorece o alinhamento estratégico e a flexibilidade das Forças Armadas frente às transformações no ambiente de defesa.

A interdependência entre os níveis hierárquicos permite que as CE sejam refinadas em EELA, detalhando como cada capacidade pode ser convertida em ações concretas, com orientação tática e operacional. Por fim, tais ações culminam na definição dos ME necessários à sua execução, como sistemas de armas, recursos humanos, estruturas logísticas e capacidades tecnológicas. A estrutura proposta viabiliza não apenas uma decomposição lógica dos elementos estratégicos, mas também a criação de vínculos causais e operacionais entre os níveis, permitindo a rastreabilidade das decisões e a sua reavaliação em função de mudanças contextuais, conforme expressa a Figura 2.

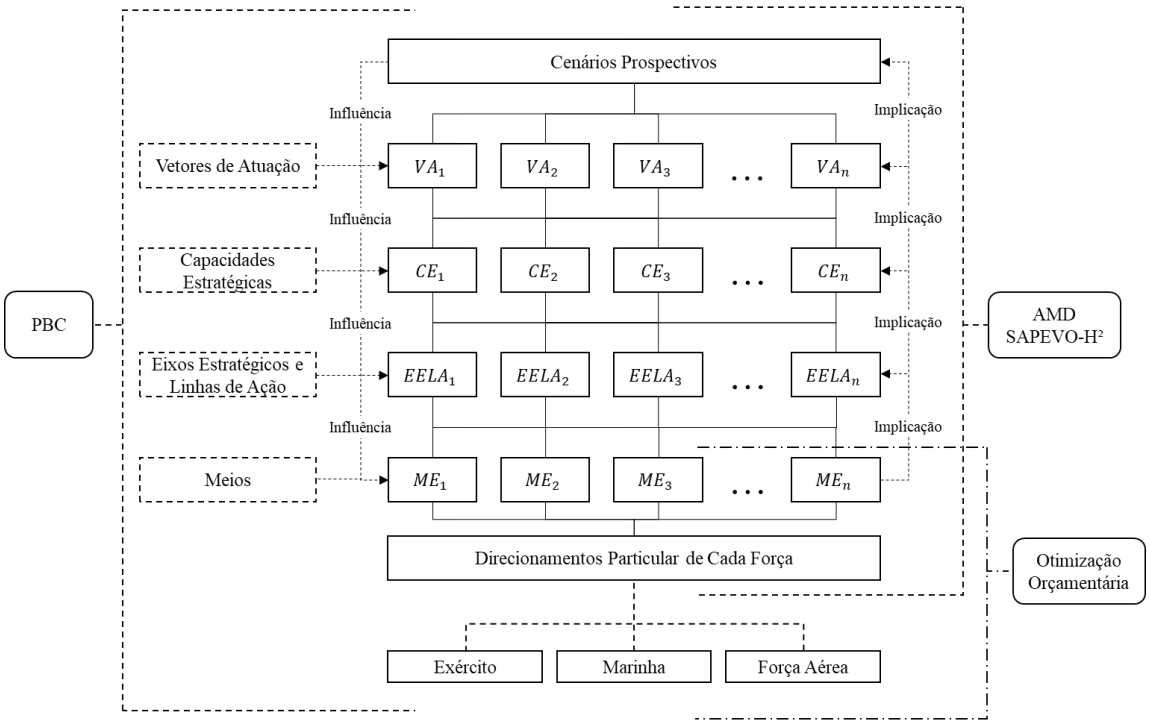


Figura 2 – Sistemática sintetizada do PBC

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

A estrutura hierárquica apresentada na Figura 2, viabiliza uma análise ascendente e descendente para decisões de alto nível. Considerando que a definição dos VA orienta as ações em camadas inferiores, enquanto as decisões mais operacionais, representadas pelos ME, retroalimentam o processo ao demonstrar as limitações ou oportunidades práticas para o alcance dos objetivos estratégicos. Essa característica cíclica e interativa confere ao modelo uma natureza dinâmica, essencial para contextos de incerteza e recursos limitados.

A integração do SAPEVO-H² no PBC favorece a transparência e rastreabilidade no processo decisório. A divisão dos procedimentos em subetapas facilita a compreensão dos julgamentos realizados em cada nível e torna os resultados auditáveis, o que é crucial em processos de alta governança como os de planejamento militar. A flexibilidade do método permite ainda que as avaliações sejam feitas de forma qualitativa ou quantitativa, por um único decisor ou por grupos, adaptando-se às diferentes configurações institucionais e operacionais das Forças Armadas.

Outro ponto de sinergia com o PBC reside na capacidade do SAPEVO-H² de gerar índices de importância relativos entre capacidades estratégicas e variáveis operacionais. Cada nível avaliado no modelo recebe uma classificação local de desempenho, baseada nas preferências expressas pelos decisores. Além da priorização de alternativas, o SAPEVO-H² proporciona compreender a influência relativa de cada variável, o que é favorável para a construção de justificativas técnicas e estratégicas no processo de tomada de decisão.

Considerando a construção das importâncias de cada variável da sistemática apresentada em formato de utilidade, os meios passam a expressar sua contribuição para efetividade dos objetivos superiores. Sendo os ME as variáveis de caráter operacional e que possuem um custo de recursos associados diretamente, tais dispêndios passam a compor a análise de planejamento orçamentário, sendo este orientado sobre os princípios do PBC.

A sistemática de otimização, fundamentada nos princípios da Programação Matemática, busca a melhor solução possível para um determinado problema por meio da maximização [ou minimização] de uma função objetivo, sujeita a um conjunto de restrições. Essas restrições representam limites técnicos, operacionais ou orçamentários, e a solução ótima é determinada a partir de um conjunto de valores atribuídos a variáveis de decisão previamente definidas.

No *framework* em discussão, adota-se o modelo clássico do problema da mochila, como instrumento de apoio à avaliação orçamentária das alternativas priorizadas no processo decisório multicritério. Tal modelagem visa selecionar, dentre um conjunto de alternativas hierarquicamente avaliadas pelo método SAPEVO-H², aquelas que proporcionam o maior valor agregado ao planejamento estratégico, respeitando os limites de orçamentários estabelecidos para o período de análise. Dessa forma, a otimização favorece que as escolhas realizadas sejam não apenas coerentes com os objetivos estratégicos, mas também viáveis sob o ponto de vista da execução orçamentária.

Assim sendo, o modelo canônico de otimização pode ser definido pelo sistema (1):

$$Max \sum_{i=1}^{m} x_i y_i \tag{1}$$

s.a.

$$x_i \in \{0,1\}$$

$$y_i \in R$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_i . c_i \leq M$$

Onde:

$x_j, j \in \{1, \dots, n\}$ = opção binária {1;0} de aquisição do meio;
$c_j, j \in \{1, \dots, n\}$= custo monetário associado a cada meio;
$y_j, j \in \{1, \dots, n\}$ = utilidade do meio em caráter global, calculado pelo SAPEVO-H²; e
M = orçamento disponível no período analisado.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

A aplicação integrada do SAPEVO-H² com o modelo de otimização viabiliza uma análise estruturada e favorável para seleção de alternativas em ambientes restritos por orçamento. Como resultado, é possível obter um conjunto de meios priorizados que representa, simultaneamente, o maior retorno estratégico, mensurado pela utilidade global dos ME aos VA, e a aderência às limitações financeiras. Tal resultado fortalece a racionalização do planejamento da defesa, permitindo que recursos sejam alocados àquelas alternativas que contribuem de forma mais significativa para o alcance dos objetivos estratégicos, mesmo diante da escassez de insumos. Para expressar o tipo de resultado possível, a Tabela 1 traz uma hipotética representação numérica dos resultados de desempenhos individuais doa ME em cada VA e sua utilidade global com custo associado em determinado período.

Tabela 1 – Estrutura hipotética de resultado pelo método SAPVEO-H²

	VA 1	VA 2	VA 3	VA 4	VA 5	VA 6	VA 7	Utilidade	Custo Associado
ME 1	0,00083	0,00026	0,0026	0,0027	0,0084	0,0061	0,0053	0,000100	R$ 2.560.000,00
ME 2	0,0006	0,00062	0,0061	0,0039	0,0065	0,0082	0,0086	0,000142	R$ 1.110.000,00
ME 3	0,00041	0,00048	0,0046	0,0089	0,0042	0,0074	0,0097	0,000156	R$ 1.610.000,00
ME 4	0,00041	0,00042	0,0047	0,0022	0,0042	0,0088	0,0028	0,000089	R$ 1.770.000,00
ME 5	0,00072	0,00088	0,0085	0,0062	0,0039	0,0052	0,0093	0,000156	R$ 1.740.000,00
ME 6	0,00052	0,00052	0,0065	0,0085	0,0024	0,0087	0,0045	0,000135	R$ 1.370.000,00
ME 7	0,00026	0,0053	0,0082	0,0035	0,0088	0,0033	0,0086	0,000189	R$ 1.490.000,00
ME 8	0,00079	0,0057	0,0078	0,0029	0,0059	0,0054	0,0033	0,000158	R$ 1.200.000,00
ME 9	0,00077	0,0022	0,0073	0,0031	0,0086	0,0027	0,0049	0,000134	R$ 2.330.000,00
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
ME 100	0,00076	0,0095	0,0048	0,0055	0,0034	0,0025	0,0049	0,000186	R$ 2.090.000,00
Pesos	0,143	0,134	0,112	0,141	0,156	0,129	0,185		

Adicionalmente, os resultados gerados pelo *framework* podem ser desagregados por nível hierárquico da estrutura do PBC, fornecendo visões complementares do desempenho das alternativas. Isso permite, por exemplo, a análise do impacto de cada ME sobre seus respectivos EELA, CE e VA, conforme apresentado na Tabela 1. Ao proporcionar essa rastreabilidade das decisões, o modelo contribui para a construção de justificativas técnicas fundamentadas, essenciais para processos de prestação de contas, auditorias operacionais e ajustes em ciclos de planejamento futuros.

Com os valores de importâncias estabelecidos, pode-se operar o modelo de otimização considerando a maximização das somas das utilidades frente à restrição orçamentária inferior ou equivalente à soma dos custos individuais associados aos ME. Desta forma, considerando um período específico, se vislumbra um resultado binário, esclarecendo a composição ótima frente as restrições estabelecidas, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Estrutura hipotética de resultado pela abordagem de otimização

	Decisão Otimização	Utilidade	Custo Associado
ME 1	0	0,000100	R$ 2.560.000,00
ME 2	1	0,000142	R$ 1.110.000,00
ME 3	1	0,000156	R$ 1.610.000,00
ME 4	0	0,000089	R$ 1.770.000,00
ME 5	0	0,000156	R$ 1.740.000,00
ME 6	0	0,000135	R$ 1.370.000,00
ME 7	1	0,000189	R$ 1.490.000,00
ME 8	0	0,000158	R$ 1.200.000,00
ME 9	1	0,000134	R$ 2.330.000,00
...	...	...	...
ME 100	1	0,000186	R$ 2.090.000,00

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

Nesta proposta de *framework*, o modelo de otimização considera apenas um período específico, entretanto, deve ser ressaltado que tal proposta é adaptável para modelos de otimização com múltiplos períodos, considerando questões de investimentos a longo prazo sobre os ME e também manutenção destes.

Os resultados também podem apoiar o planejamento plurianual e a construção de portfólios de investimento estratégico, a partir da identificação de meios que, embora não selecionados em um cenário de orçamento restrito, possuem alta utilidade estratégica e, portanto, devem ser considerados em futuras alocações. Essa perspectiva prospectiva amplia o uso do *framework* para além da decisão imediata, posicionando-o como uma ferramenta de médio e longo prazo para apoio à gestão da defesa nacional, em consonância com as diretrizes estabelecidas na PND.

Adicionalmente, também deve ser destacado a possibilidade de realizar análises de sensibilidade, construindo diferentes cenários orçamentários ou variando as importâncias das variáveis dos níveis superiores. Tais análises permitem verificar a robustez das decisões frente a variações nos parâmetros do modelo, como cortes no orçamento, reestruturações doutrinárias ou mudanças na percepção de prioridade estratégica. Com isso, o framework apoia decisões dinâmicas e adaptáveis, essenciais em ambientes de incertezas políticas, econômicas e operacionais.

Apesar de oferecer uma abordagem estruturada e metodologicamente favorável ao planejamento da defesa, o *framework* proposto apresenta algumas limitações inerentes à complexidade do problema em análise. A aplicação do método SAPEVO-H², embora viável na agregação de preferências e na priorização de alternativas, depende fortemente da qualidade das informações fornecidas pelos decisores, bem como da consistência na definição das variáveis e pesos ao longo dos níveis hierárquicos. Em ambientes institucionais com baixa maturidade analítica ou onde há divergência significativa entre os *stakeholders*, essas limitações podem comprometer a confiabilidade dos resultados obtidos e dificultar a aceitação das recomendações.

Além disso, a modelagem de otimização, apesar de adequada para representar restrições orçamentárias, simplifica certas dimensões relevantes da realidade, como interdependência entre alternativas, custos recorrentes, e benefícios de longo prazo. O modelo, tal como formulado, considera um horizonte temporal único e estático, o que pode não capturar com precisão as dinâmicas envolvidas em processos de aquisição e desenvolvimento de capacidades militares. Tais aspectos abrem espaço para futuras extensões do *framework*, como a incorporação de programação inteira com múltiplos períodos, modelos estocásticos e análises com variações de cenários mais aprofundadas.

4. Considerações Finais

A problemática central deste estudo residiu em compreender a viabilidade do PBC como direcionamento ao planejamento estratégico militar, tendo em consideração as dinâmicas e incertezas deste ambiente de alta complexidade, focando na priorização de capacidades essenciais e na flexibilidade operacional. A integração do método SAPEVO-H² e técnicas de otimização orçamentária proporcionam a melhora da tomada de decisão, proporcionando uma abordagem mais racional e fundamentada para o alinhamento entre objetivos estratégicos e alocação de recursos.

O método SAPEVO-H² se mostra favorável na aplicação do PBC, organizando as decisões em uma estrutura hierárquica, onde variáveis interdependentes podem ser avaliadas por diferentes tomadores de decisão, favorecendo a priorização das capacidades e a gestão de recursos. A aplicação de otimização, mediante técnicas de programação matemática, proporciona uma ferramenta adicional para garantir que as alternativas escolhidas não apenas atendam aos objetivos estratégicos, mas também sejam viáveis dentro das restrições orçamentárias.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

As possibilidades analíticas baseadas na integração do método SAPEVO-H² com modelo de apoio à decisão mostram-se promissores. Ao priorizar os meios mais eficientes, com base em sua utilidade global e custo, o framework proposto possibilita a alocação racional dos recursos, maximizando o retorno estratégico da defesa nacional. A análise das alternativas considerando diferentes cenários orçamentários também assegura a flexibilidade necessária para responder a mudanças nas condições econômicas ou geopolíticas, aumentando a resiliência do planejamento a longo prazo dentro dos aspectos do PBC.

Em termos de conclusões, o trabalho demonstra que a adoção do PBC, combinado com o SAPEVO-H² e a otimização orçamentária, representa uma contribuição no que tange ao aprimoramento da gestão da defesa nacional. Contudo, limitações como a dependência da qualidade das informações e a simplificação de certos aspectos da realidade indicam a necessidade de evolução contínua do modelo. Futuros trabalhos podem expandir a abordagem, incorporando análises mais complexas e períodos múltiplos, além de considerar as variações nas preferências dos decisores. A integração de novas tecnologias, baseados em modelos exploratórios e preditivos de *machine learning*, possibilitam a expansão da aplicabilidade e eficácia do *framework* proposto.

Referências

Aldea A, Iacob M-E, Daneva M, Masyhur LH. Multi-criteria and model-based analysis for project selection: An integration of capability-based planning, project portfolio management and enterprise architecture. 2019 IEEE 23rd Int Enterp Distrib Object Comput Work, IEEE; 2019, p. 128–35.

Atallah Monreal E, Vilar-Lopes G. Protection of the Brazilian Airspace Control System against Unmanned Aircraft System from the Perspective of the Capability-Based Planning. Rev Relac Int Estrateg y Segur 2023;18:87–109.

Chim L, Nunes-Vaz R, Prandolini R. Capability-based planning for Australia's national security. Secur Challenges 2010;6:79–96.

Cho H, Kim S. Threat Modeling for the Defense Industry: Past, Present, and Future. IEEE Access 2025.

Cinelli M, Kadziński M, Miebs G, Gonzalez M, Słowiński R. Recommending multiple criteria decision analysis methods with a new taxonomy-based decision support system. Eur J Oper Res 2022;302:633–51.

Dağıstanlı HA. Weapon System Selection for Capability-Based Defense Planning using Lanchester Models integrated with Fuzzy MCDM in Computer Assisted Military Experiment. Knowl Decis Syst with Appl 2025;1:11–23.

Despont CP. Understanding Capability-Based Planning. CSS Anal Secur Policy 2022;298.

Gupta S, Modgil S, Bhattacharyya S, Bose I. Artificial intelligence for decision support systems in the field of operations research: review and future scope of research. Ann Oper Res 2022;308:215–74.

Harrison KR, Elsayed S, Garanovich I, Weir T, Galister M, Boswell S, et al. Portfolio optimization for defence applications. IEEE Access 2020a;8:60152–78.

Harrison KR, Elsayed S, Weir T, Garanovich IL, Galister M, Boswell S, et al. Multi-period project selection and scheduling for defence capability-based planning. 2020 IEEE Int Conf Syst Man, Cybern, IEEE; 2020b, p. 4044–50.

Hausken K. Fifty years of operations research in defense. Eur J Oper Res 2024;318:355–68.

Koivisto J, Ritala R, Vilkko M. Conceptual model for capability planning in a military context–A systems thinking approach. Syst Eng 2022;25:457–74.

Moreira MÂL, Pereira MT, Teixeira LFH de S de B, Gomes CFS, Santos M. Estrutura Hierárquica da Soberania Nacional: Análise Multicritério das Variáveis de Política de Defesa Mediante o Método SAPEVO-H², LVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional., Fortaleza, Brasil: 2024. https://doi.org/10.59254/sbpo-2024-193889.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br

Moreira MÂL, Silva FCA, Costa IP de A, Gomes CFS, Santos M dos. SAPEVO-H^2 a Multi-Criteria Systematic Based on a Hierarchical Structure : Decision-Making Analysis for Assessing Anti-RPAS Strategies in Sensing Environments. Processes 2023a;11:1–34.

Moreira MÂL, de Souza GVP, de Araújo Costa IP, Junior WT, Fávero LP, dos Santos M, et al. Defense Perception in the Geopolitical Scope: An exploratory study through unsupervised machine learning. Procedia Comput Sci 2023b;221:689–96.

Okromtchedlishvili I. Capability-Based Planning and Program Budgeting Approaches: Enhancing Sustainability and Utility of Defense Forces. J Def Resour Manag 2023;14:21–32.

Osoba OA. A complex-systems view on military decision making. Aust J Int Aff 2024;78:237–46.

Parlier GH. Strategic Analytics and the Future of Military Operations Research. Handb Mil Def Oper Res, Chapman and Hall/CRC; 2020, p. 429–58.

Petlenko Y, Tarnu L, Shchehliuk B, Nate S. Enhancing the Effectiveness of Defence Planning through the Implementation of Capability-Based Budgeting and Civilian Control. Access to Just E Eur 2023:265.

Schweizer L, Wang L, Koscher E, Michaelis B. Experiential learning, M&A performance, and post-acquisition integration strategy: A meta-analysis. Long Range Plann 2022;55:102212. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lrp.2022.102212.

Shafi K, Elsayed S, Sarker R, Ryan M. Scenario-based multi-period program optimization for capability-based planning using evolutionary algorithms. Appl Soft Comput 2017;56:717–29.

Silva LHR da, Oliveira LA dos S, Garcia PA de A, Gavião LO. Barriers and good practices related to the implementation of capability-based planning in the Brazilian armed forces and evaluation by probabilistic preferences. Def Stud 2025:1–25.

De Spiegeleire S. Ten trends in capability planning for defence and security. RUSI J 2011;156:20–8.

Wrigley C, Simons M. Creativity in military complexity: design, disruptors and defence forces. Taylor & Francis; 2025.

Xidonas P, Steuer R, Hassapis C. Robust portfolio optimization: a categorized bibliographic review. Ann Oper Res 2020;292:533–52.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212437
https://proceedings.science/p/212437?lang=pt-br