

Modelagem e Decisão Estratégica em Defesa Aérea: Uma Abordagem via *Soft Systems Methodology*

MARIO VISCARDI

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - Praça Mal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, São José dos Campos-SP
viscardi@ita.br

ANA CAROLINA SANCHES ZEFERINO

Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria, 156 Campus Praia Vermelha Bloco D - sala 309 São Domingos, Niterói-RJ
anazeferino@id.uff.br

ENÉAS DE SOUZA FREITAS

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - Praça Mal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, São José dos Campos-SP
eneiasfreitas18@gmail.com

ANGELO PASSARO

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - Praça Mal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias, São José dos Campos-SP
angelopassaro@gmail.com

NÍSSIA CARVALHO ROSA BERGIANTE

Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria, 156 Campus Praia Vermelha Bloco D - sala 309 São Domingos, Niterói-RJ
nissiabergiante@id.uff.br

RESUMO

A evolução das estratégias de defesa aérea e a complexidade dos cenários de combate, impulsionam o Planejamento Baseado em Capacidades (PBC) e o uso de simulações avançadas. Para acompanhar essa evolução, a Força Aérea Brasileira (FAB) utiliza o Ambiente de Simulação Aeroespacial (ASA) para aprimorar suas decisões. No entanto, essa ferramenta não abrange toda complexidade do sistema envolvido. Nesse contexto, a *Soft Systems Methodology* (SSM), dentro dos métodos da Pesquisa Operacional *Soft*, se destaca por estruturar a análise e suporte à decisão em cenários complexos. Este estudo explora a aplicação da SSM na aquisição de aeronaves de combate, conciliando interesses diversos e suportando a FAB em uma análise estratégica. A aplicação permitiu identificar sistemas relevantes à decisão, organizando variáveis de maneira a facilitar o diálogo entre *stakeholders* e a proposição de ações.

PALAVRAS-CHAVE. Aquisição de Aeronaves de Combate, *Soft Systems Methodology* (SSM), Análise e Suporte a Decisão Estratégica.

Tópicos: PO em Defesa e Segurança Pública (D&SP), PO na Administração e Gestão da Produção (AD&GP).

ABSTRACT

The evolution of air defense strategies and the complexity of combat scenarios, drive Capability-Based Planning (CBP) and the use of advanced simulations. To keep pace with this evolution, the Brazilian Air Force (FAB) uses the Aerospace Simulation Environment (ASA) to enhance its decisions. However, this tool does not encompass the entire complex system involved. In this context, Peter Checkland's *Soft Systems Methodology* (SSM) stands out for structuring analysis and decision support in complex scenarios. This study explores the application of SSM in the acquisition of combat aircraft, reconciling diverse interests and supporting FAB in strategic analysis. The methodology followed Georgiou's stages, revealing the complexity of decision-making by organizing variables to facilitate stakeholder dialogue. It is concluded that SSM is effective for complex decisions.

KEYWORDS: Combat Aircraft Acquisition, *Soft Systems Methodology* (SSM), Strategic Decision-Making Analysis and Support.

Topics: PO in Defense and Public Security (D&SP), PO in Administration and Production Management (AD&GP).

1. Introdução

A evolução das estratégias de defesa aérea tem sido marcada pela adoção de tecnologias avançadas necessárias para impedir a operação eficaz de forças adversárias em campos de batalha [Hagen et al. 2016]. A complexidade dos cenários de combate foi ampliada pela viabilização do combate além do alcance visual (do termo em inglês *Beyond Visual Range* - BVR), em que a identificação dos oponentes é substituída pela dependência de sensores e sistemas de radar [Dantas et al. 2021].

Essa e outras mudanças de cenário impõem a adoção de novas estratégias de planejamento. O Planejamento Baseado em Capacidades (PBC) é implementado para estruturar as forças armadas de forma a maximizar eficiência diante de incertezas e restrições de recursos, focando em alcançar objetivos estratégicos e políticos [Taylor e Wood 2005]. Esse método envolve avaliações das capacidades militares em diversos cenários potenciais, utilizando-se de modelos preditivos, estimativas de especialistas e simulações computacionais para prever condições futuras e informar decisões estratégicas sobre a aquisição de novos equipamentos [Kuroswiski et al. 2023]. As simulações são fundamentais para modelar cenários complexos e facilitar análises detalhadas sem os elevados custos dos testes reais, dessa forma, ferramentas como os softwares de missões digitais (do inglês *Digital Mission Engineering* – DME) como o STK [AGI 2024] e de simulações geradas por computador (*Computer Generated Force Simulations*, CGF) como o AFSIM são exemplos de aplicativos estratégicos empregados nas avaliações [Tryhorn 2023].

A Força Aérea Brasileira (FAB), consciente dessa complexidade, também tem se voltado para modelos computacionais avançados. O Ambiente de Simulação Aeroespacial (ASA) é uma ferramenta desenvolvida pelo Instituto de Estudos Avançados (IEAv) para aprimorar a capacidade de avaliação e decisão [Dantas et al. 2023].

No entanto, a tomada de decisão na aquisição de equipamentos de defesa envolve mais do que a simples análise da eficácia direta no combate [Alexander 2007], [Kangaspunta et al. 2012]. É necessário considerar os custos logísticos de manutenção, a compatibilidade com outros meios de defesa já existentes, o desenvolvimento operacional do equipamento e as intenções políticas do escalão superior, aspectos estes que também influenciam decisivamente as escolhas estratégicas [Bitzinger, 2010]. Dadas as diferentes perspectivas, a análise e tomada de decisão neste contexto não se apresentam de forma simples devido à presença de múltiplos *stakeholders*, muitas vezes com interesses divergentes.

A *Soft Systems Methodology* (SSM), desenvolvida por Peter Checkland [2000], é uma das abordagens para enfrentar essa complexidade, possibilitando a estruturação da análise e o suporte à decisão. Essa metodologia permite uma modelagem mais precisa das necessidades e dos processos organizacionais, promovendo a integração de novas tecnologias e a melhoria contínua dos processos decisórios [Georgiou 2015], [Roman 2021].

A SSM é projetada para abordar problemas caracterizados por componentes humanos e sociais, que não se prestam a soluções quantitativas diretas [Checkland 2000]. Zhong [2007] reforça a proposta de Checkland, propondo uma tomada de decisão baseada na abordagem iterativa e participativa, enfatizando a compreensão das diferentes percepções dos *stakeholders* e a busca por melhorias situacionais. A reconfiguração da SSM por Georgiou [2015] adequa a metodologia à três etapas essenciais, tornando-a ajustada à ambientes que exigem rapidez na tomada de decisão.

Drei et al. [2023] e Françoze et al. [2022] apresentam exemplos práticos de como a SSM é uma eficaz ferramenta para lidar com ambientes complexos, onde objetivos claros são desafios de definir, Pereira et al. [2015] ainda apresenta a metodologia aplicada a simulação. Essa metodologia permite uma modelagem mais precisa das necessidades e dos processos organizacionais, facilitando a integração de novas tecnologias e a melhoria contínua dos processos de tomada de decisão estratégica no contexto militar, conforme destacado por Roman [2021].

Este trabalho visa explorar a aplicação da SSM no contexto da aquisição de aeronaves de combate, destacando como essa metodologia pode ser utilizada para conciliar os diversos interesses dos diferentes *stakeholders*, podendo contribuir para suportar a FAB em uma análise e decisão estratégica mais fundamentada.

Este artigo está estruturado em cinco seções principais. A próxima seção, Fundamentação Teórica, aborda a questão da decisão e suas premissas teóricas. A seção 3, Metodologia, apresenta os principais aspectos do método SSM e as motivações para a sua utilização no caso em questão. Na seção 4, Aplicação das quatro etapas do Método SSM, proposto por Georgiou [2015], na Estruturação da Problemática e Suporte à Decisão, são descritas as etapas práticas de aplicação da SSM e os resultados obtidos. Por fim, a seção Conclusões Finais discute os resultados alcançados e as oportunidades de aprimoramentos futuros, contribuindo para a literatura sobre a aplicação de metodologias sistêmicas em contextos militares e de defesa.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Métodos de Estruturação de Problemas

Os Métodos de Estruturação de Problemas (PSM, do inglês *Problem Structuring Methods*) emergiram como uma abordagem alternativa aos métodos convencionais de Pesquisa Operacional, que se baseiam predominantemente em modelos matemáticos [Franço e Belderrain 2019], [Viscardi et al. 2023]. Esta nova metodologia foi destacada por Mingers e Rosenhead [2011], que observaram a necessidade de métodos que pudessem lidar com objetivos e restrições menos rígidos e mais fluidos, conforme também discutido por Rebouças et al. [2021].

Conforme descrito por Mingers e Rosenhead [2011], os problemas abordados pelos PSM são tipicamente não estruturados e se caracterizam pela presença de múltiplos atores ou perspectivas, conflitos de interesses e elementos de incerteza. Mingers e Rosenhead [2011] detalham que cada PSM deve ser capaz de:

- (A) Integrar diversas perspectivas e alternativas, para que elas sejam consideradas em conjunto;
- (B) Ser acessível cognitivamente para indivíduos de diferentes origens e sem especialização técnica avançada, facilitando assim um processo participativo na estruturação de problemas;
- (C) Funcionar de maneira iterativa, adaptando-se continuamente para refletir as mudanças no entendimento e na discussão do problema entre os envolvidos;
- (D) Identificar e comprometer-se com melhorias locais ou parciais, ao invés de buscar uma solução única e global, o que exigiria a unificação de todos os interesses envolvidos.

Desenvolvida ao longo de um programa de 30 anos na Universidade de Lancaster [Checkland e Winter 2006], aprimorada por Checkland [2000] e Georgiou [2015], a SSM tem capacidade de abordar a complexidade de integração de sistemas humanos e tecnológicos em cenários de defesa, onde múltiplas variáveis operacionais, logísticas e financeiras interagem dentro de limitações tecnológicas e orçamentárias. Essa metodologia facilita o desenvolvimento de modelos de atividades propositais, ajustados de maneira iterativa e participativa para incluir todas as partes interessadas relevantes, melhorando a tomada de decisão estratégica dentro da FAB. O processo permite a organização de planos sistêmicos que facilitam a transição de um estado atual indesejado para um estado desejável. Este é o método que será particularmente enfatizado e explorado neste trabalho.

2.2 Soft Systems Methodology - SSM.

A SSM, criada por Peter Checkland [2000], é uma abordagem da Pesquisa Operacional e Gestão de Sistemas, desenvolvida para lidar com desafios organizacionais complexos que não são adequados para métodos tradicionais. Sua força reside na capacidade de tratar problemas que envolvem interações humanas e componentes sociais. Ao invés de focar em soluções otimizadas, a SSM busca melhorar situações problemáticas, levando em consideração as perspectivas e interações dos *stakeholders*. Neste contexto, a SSM introduziu vários conceitos revolucionários, incluindo Modelos Conceituais de Atividades e Aprendizagem Iterativa.

Georgiou [2015] apresenta uma reconfiguração da SSM, condensando as ideias de Checkland em apenas três etapas, facilitando o processo pedagógico e tornando a sua aplicação mais compreensível e adaptável, especialmente em situações nas quais os sete estágios originais podem ser excessivamente complexos ou demorados. As três etapas são:

1. Identificação e análise da situação problemática: consiste na compreensão inicial do problema, envolvendo a coleta de dados e a identificação dos *stakeholders* e suas perspectivas. Esse processo permite a criação da Figura Rica, uma ferramenta distintiva da SSM que oferece uma representação visual das interações e relações da problemática;
2. Identificação de mudanças desejáveis (transformações): são geradas as transformações desejadas, refletindo as diferentes perspectivas dos *stakeholders*;
3. Delinear e debater modelos para operacionalizar as transformações (planejamento sistêmico): nesta etapa as transformações são contextualizadas no que se chama de CATWOE (Customer – Actors – Transformation - Weltanschauung – Owners – Environment), seguido de uma declaração de intenção na forma de uma definição raiz. Com base no CATWOE e na definição raiz, um sistema de atividades humanas (HAS) é projetado para guiar as ações visando atingir os resultados das transformações.

O modelo de Georgiou mantém a essência da SSM, assegurando que os problemas complexos sejam abordados de forma sistemática e abrangente, porém de forma mais objetiva.

O CATWOE é um conceito central proposto por Georgiou [2015], pois ajuda a entender e estruturar a situação problemática em questão, sendo que seu acrônimo é detalhado abaixo:

1. **C - Customers:** Beneficiários ou aqueles afetados pelo sistema ou situação.
2. **A - Actors:** Aqueles que estão envolvidos na execução das transformações ou atividades.
3. **T - Transformation:** A mudança ou transformação que ocorre, geralmente representada como uma conversão de uma entrada em uma saída.
4. **W - Weltanschauung:** A visão de mundo ou a perspectiva que fornece o contexto e a justificativa para a transformação.
5. **O - Owners:** Aqueles que têm o poder de iniciar ou interromper uma atividade ou transformação.
6. **E - Environment:** As restrições ou condições sob as quais a transformação ocorre.

O método CATWOE é usado para entender e modelar sistemas, fornecendo uma estrutura para identificar os envolvidos, as atividades, os processos de transformação, sua importância, quem tem poder sobre eles e o contexto. Georgiou [2015] destaca a importância da "Definição Raiz" no CATWOE, por ser uma declaração integrativa que descreve o propósito do sistema em consideração.

Por sua vez, o HAS é entendido por Georgiou [2006] como representações simplificadas de sistemas complexos, que realizam as transformações. Esses modelos apresentam uma organização lógica e incluem atividades necessárias para a transformação, permitindo que se identifique formas de organizar as atividades para alcançar os resultados desejados, através de diretrizes técnicas específicas para garantir a viabilidade e eficácia da transformação.

Outro conceito relevante é o de Supersistemas, o qual se caracteriza como uma extensão dos HAS e conecta todos os HAS individuais, assegurando que as atividades em diferentes áreas estejam alinhadas e coesas. Essa abordagem é essencial para integrar ambientes complexos, onde múltiplas transformações devem ser coordenadas de maneira sistêmica. O Supersistema mantém o foco nos objetivos gerais, evitando a fragmentação e garantindo que as diferentes partes do sistema trabalhem em harmonia para alcançar os objetivos desejados.

3. Metodologia

A metodologia empreendida seguiu as etapas da SSM de Georgiou [2006]:

- Etapa 1: identificação e análise da situação problemática, tendo como principal resultado a Figura Rica que captura as conexões e perspectivas dos *stakeholders*.
- Etapa 2: desenvolvimento de modelos conceituais e comparação com a situação real, permitindo estabelecer as transformações necessárias que levem ao estado desejado;
- Etapa 3: proposição de mudanças e ações para que as transformações, identificadas na etapa 2, sejam implementadas:

- <https://proceedings.science/p/193824?lang=pt-br>

por meio de plataformas digitais, que desempenham um papel importante na moldagem da opinião pública sobre essas aquisições.

Estes *stakeholders* estão imersos em um ambiente caracterizado por um complexo "cabode-guerra" entre as limitações orçamentárias e as necessidades operacionais e logísticas da Força Aérea. Dentro da equipe técnica e os analistas, composta pelos militares da FAB, debate também ganha intensidade. Os membros do Comando de Preparo (COMPREP) defendem a aquisição de aeronaves multimissão de alta capacidade para uma cobertura de defesa nacional ampla, o Comando Geral de Apoio (COMGAP) foca na sustentabilidade logística e na disponibilidade de peças, essenciais para a manutenção de longo prazo das aeronaves. Contribuindo para esta discussão, cientistas fornecem análises técnicas baseadas em simulações, avaliando as variáveis que impactam a eficácia das diversas opções de aeronaves disponíveis.

Dentro deste quadro, a tomada de decisão é profundamente influenciada pelas dinâmicas de poder e pela capacidade de cada grupo de exercer sua influência sobre o resultado final. Este processo sublinha a importância de uma análise metódica baseada no modelo SSM. Uma análise detalhada é essencial para alcançar uma decisão equilibrada e estratégica e para assegurar a transparência e a aceitação pública dessa decisão.

4.2. Desenvolvimento de Modelos Conceituais e Comparação com a Situação Real:

Com foco nas questões essenciais do problema que é adquirir a aeronave de caça mais adequada para o fortalecimento da defesa aérea do Brasil, proporcionando proteção e segurança à população, enquanto se equilibra com as considerações de custo e desempenho; e seguindo as considerações de Georgiou [2006] para as entradas e saídas das transformações, estabeleceu-se claramente os objetivos desejados com as transformações a serem realizadas. As transformações para o problema em questão são evidenciadas na Tabela 1. Tais transformações atendem as quatro regras de Georgiou [2006] e são alcançáveis, pertinentes, apoiadas por todos os agentes envolvidos e alinhados aos objetivos e a cultura organizacional.

Tabela 1: Transformações Identificadas.

	Entradas:		Saídas:
T1	Indefinição das capacidades pretendidas de uma aeronave de caça ideal	→	Definição das capacidades para se cumprir o objetivo pretendido
T2	Incerteza dos limites do simulador de representar a realidade	→	Definição clara dos limites do simulador
T3	Dúvida e incompreensão do cenário de defesa pretendido	→	Definição clara do cenário a ser defendido pela Força Aérea
T4	Incerteza da capacidade de ressurgimento logístico para a manutenção	→	Definição de mínimos para uma manutenção eficaz
T5	Indefinição clara do escopo de uso da aeronave	→	Definição clara do escopo
T6	Divergências internas sobre a seleção de aeronaves	→	Consenso estratégico na escolha
T7	Limitações orçamentárias	→	Otimização de recursos financeiros

4.3. Identificação de Mudanças Desejáveis e Ações para Transformação:

As transformações são essenciais para garantir uma tomada de decisão informada e alinhada, capaz de equilibrar as diversas necessidades operacionais, logísticas e financeiras da FAB, respeitando as limitações e explorando as oportunidades dentro do cenário de defesa aérea brasileiro. Cada uma delas requer uma análise cuidadosa dentro do quadro do CATWOE para garantir que todos os aspectos relevantes sejam considerados. Um processo de análise e planejamento para garantir que a solução escolhida não apenas atenda às necessidades imediatas de defesa aérea, mas também seja viável e sustentável dentro do contexto mais amplo das capacidades e limitações do país.

Tabela 2: Transformações identificadas e definição raiz.

Transformação	CATWOE	Definição raiz
T1. Definição das capacidades para se cumprir o objetivo pretendido.	(C): Governo, Força Aérea, cidadãos. (A): Piloto, analistas operacional e logístico da Força Aérea, cientistas operadores do simulador. (T): Definição das capacidades de uma aeronave de caça ideal. (W): Análise das opções de aeronaves de caça no mercado que atendam o objetivo pretendido. (O): Comandante da Força Aérea. (E): Orçamento, capacidade logística para a manutenção, transferência de tecnologia, infraestrutura aeroportuária.	Um sistema que envolve o governo, a força aérea e os cidadãos, operado por pilotos, analistas operacionais e logísticos, e cientistas operadores de simuladores, com o objetivo de definir as capacidades ótimas de uma aeronave de caça ideal. Este sistema é orientado pela necessidade de analisar as opções de aeronaves existentes no mercado atual visando o objetivo pretendido, buscando maximizar a eficácia da aquisição dentro das restrições orçamentárias, logísticas e tecnológicas, sob a liderança do Comandante da Força Aérea.
T2. Definição clara dos limites do simulador.	(C): Governo e analistas da Força Aérea. (A): Cientistas operadores do simulador. (T): definição clara dos limites do simulador (W): Dada a enorme quantidade de variáveis para um cenário beligerante é necessária a definição clara do que se pretende manter constante e o que se varia no cenário. Da mesma forma, o simulador imita a realidade, mas não a representa em sua totalidade, devendo serem explicitados os pontos limitantes da simulação quando na geração dos cenários e, consequentemente, na interpretação dos resultados. (O): Comandante da Força Aérea. (E): Orçamento, sigilo de estado, baixo compartilhamento de informação industrial, limites tecnológicos do software do simulador.	Um sistema gerido pelo governo e analistas da força aérea, com cientistas operadores de simuladores atuando para estabelecer os limites e capacidades do simulador. Este sistema é fundamentado na necessidade de compreender as limitações inerentes à simulação de cenários de combate, garantindo que as variáveis sejam controladas e que os resultados sejam interpretados com uma clara compreensão dos limites tecnológicos, tudo isso dentro das restrições orçamentárias e de sigilo de estado.
T3. Definição clara do cenário a ser defendido pela Força Aérea.	(C): Governo, Forças armadas e cidadãos do país. (A): Comandantes militares, cientistas operadores do simulador. (T): Definição clara do cenário a ser defendido pela Força Aérea. (W): Para um país de dimensões continentais o orçamento para defesa de um ponto sensível é muito diferente de um orçamento para a defesa de toda a fronteira. (O): Ministro da defesa. (E): Orçamento, acordos internacionais, capacidade industrial, capacidade logística para a manutenção, transferência de tecnologia, infraestrutura aeroportuária.	Um sistema que envolve o governo, as forças armadas e os cidadãos, com decisores governamentais, comandantes militares e cientistas operadores de simuladores trabalhando juntos para definir claramente o cenário de defesa aérea a ser protegido pela força aérea. Este sistema busca estabelecer um escopo de defesa realista e viável, considerando as dimensões continentais do país e as diversas restrições, como orçamento, acordos internacionais e capacidades logísticas e tecnológicas, sob a direção do Ministro da Defesa
T4. Definição de mínimos para uma manutenção eficaz.	(C): Força Aérea Brasileira, técnicos de manutenção. (A): Analistas logísticos, fornecedores de materiais aeronáuticos. (T): Melhoria na previsão e disponibilidade de recursos para manutenção.	Um sistema operado pelo COMGAP da FAB e fornecedores, visando estabelecer padrões mínimos de manutenção para garantir a prontidão operacional das

Transformação	CATWOE	Definição raiz
	(W): Eficiência logística é vital para a prontidão operacional. (O): Comando de Logística da FAB. (E): Orçamento, disponibilidade de fornecedores.	aeronaves, dentro das limitações orçamentárias e de mercado.
T5. Definição clara do escopo de uso da aeronave.	(C): Governo, forças armadas, cidadãos. (A): Pilotos, analistas operacionais, cientistas de simulação. (T): Especificação clara do escopo de uso das aeronaves de combate, abrangendo as missões que elas devem desempenhar, garantindo alinhamento com a estratégias e políticas de defesa nacional. (W): Missões diversificadas requerem uma definição clara do escopo das aeronaves para equilibrar a flexibilidade operacional com as capacidades tecnológicas desejadas. Esse equilíbrio visa que a FAB mantenha uma resposta eficaz em diferentes cenários. (O): Comandante do COMPREP. (E): Restrições financeiras, tecnológicas e geopolíticas.	Um sistema operado por analistas operacionais, cientistas e pilotos, que define o escopo de uso das aeronaves de combate para garantir alinhamento com as estratégias de defesa nacional, equilibrando flexibilidade operacional e capacidades tecnológicas, sob a liderança do Comandante do COMPREP, dentro das restrições financeiras, tecnológicas e geopolíticas.
T6. Consenso estratégico na escolha.	(C): Comandante da FAB, governo. (A): Analistas operacionais, logísticos e científicos. (T): Alinhamento e consenso na escolha da aeronave. (W): A escolha unificada fortalece a defesa nacional. (O): Ministro da Defesa. (E): Diferenças de opinião, restrições orçamentárias.	Um sistema coordenado pelo Ministro da Defesa e pelo Comandante da FAB, onde analistas diversos colaboram para alcançar um consenso na escolha de aeronaves, reforçando a unidade estratégica e a eficiência defensiva do país.
T7. Otimização de recursos financeiros.	(C): Governo brasileiro, FAB. (A): Departamento financeiro da FAB, autoridades governamentais. (T): Melhor alocação e uso de fundos para defesa aérea. (W): Eficiência financeira é crucial em defesa. (O): Ministério da Economia. (E): Orçamento nacional, outras necessidades nacionais.	Um sistema liderado pelo Ministério da Economia em conciliação com o Ministério da Defesa, visando otimizar a alocação de recursos financeiros para a defesa aérea, equilibrando as necessidades de segurança nacional com outras demandas orçamentárias do país.

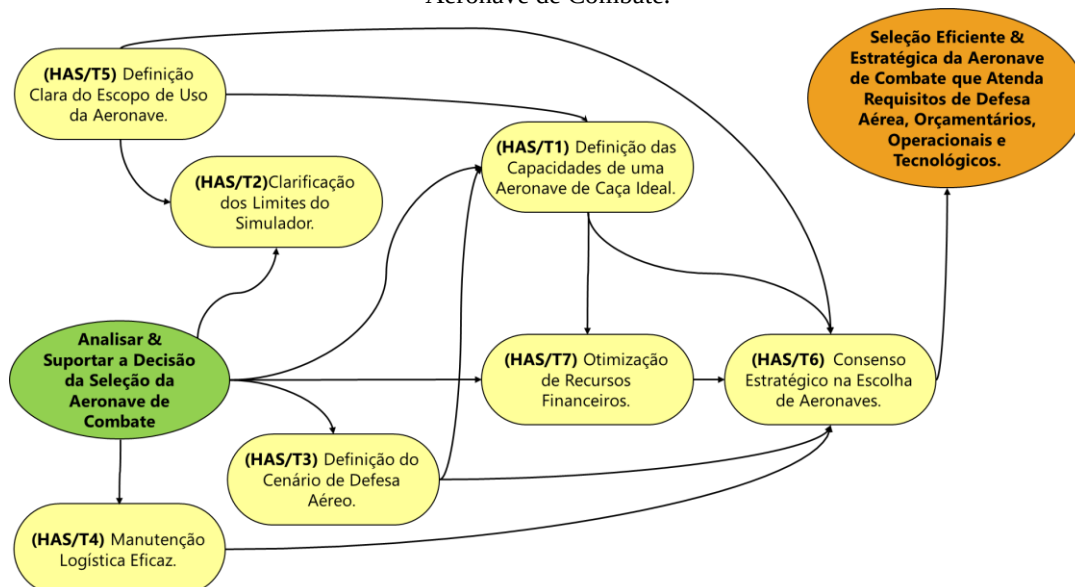
A abordagem da SSM para a aquisição de aeronaves de combate FAB envolve a identificação de sistemas de atividades humanas (do inglês: *Human Activity Systems* - HAS) para cada transformação. Cada HAS reflete um conjunto de atividades inter-relacionadas que são necessárias para alcançar as mudanças desejáveis. As HAS para cada uma das transformações propostas são descritas abaixo:

- (A) HAS para T1: Este sistema envolve atividades de pesquisa e desenvolvimento, análise técnica e consulta com especialistas em aeronáutica. As atividades incluem coleta de dados sobre aeronaves disponíveis no mercado, avaliação de suas capacidades técnicas (autonomia, armamento, velocidade), e alinhamento dessas capacidades com as necessidades operacionais da FAB.
- (B) HAS para T2: Inclui atividades de validação e verificação do software de simulação, ajuste de parâmetros de simulação e análise crítica dos resultados obtidos. Este sistema também envolve a colaboração entre desenvolvedores de software, especialistas em simulação e analistas militares para garantir que os limites do simulador sejam claramente definidos e compreendidos.

- (C) HAS para T3: Este sistema abrange atividades de análise de cenários de defesa, consulta com estrategistas militares e decisores políticos, e planejamento de defesa nacional. Envolve a determinação de áreas geográficas prioritárias para defesa aérea e a avaliação de potenciais ameaças.
- (D) HAS para T4: Engloba atividades de gestão logística, incluindo previsão de necessidades de manutenção, gestão de inventário de peças de reposição e coordenação com fornecedores. Este sistema visa garantir a disponibilidade e eficiência da manutenção das aeronaves.
- (E) HAS para T5: Inclui a definição de papéis operacionais das aeronaves, como ataque, defesa, reconhecimento, etc. Este sistema envolve a colaboração entre comandantes militares, pilotos e analistas para determinar as funções operacionais mais adequadas para as aeronaves dentro do contexto de defesa nacional.
- (F) HAS para T6: Este sistema envolve atividades de negociação, discussão e colaboração entre diferentes departamentos e *stakeholders* da FAB e do governo. O objetivo é chegar a um consenso estratégico na seleção de aeronaves que satisfaça as diversas necessidades e perspectivas.
- (G) HAS para T7: Abrange a gestão financeira, planejamento orçamentário e alocação de recursos para a aquisição e manutenção das aeronaves. Este sistema envolve a cooperação entre o Ministério da Economia, o Ministério da Defesa e a FAB para otimizar o uso dos recursos financeiros disponíveis, equilibrando as demandas de defesa com outras necessidades nacionais.

O Supersistema na aquisição de aeronaves de combate pela FAB é um arranjo complexo que integra processos, atividades e uma variedade de *stakeholders*, todos empenhados em um objetivo comum: selecionar de forma eficiente e estratégica aeronaves que atendam às necessidades de defesa aérea do Brasil, levando em conta as limitações orçamentárias, operacionais e tecnológicas, conforme Figura 2. Este sistema é composto pelas HAS's, correspondentes a cada uma das sete transformações identificadas, que vão desde a definição técnica das aeronaves até a otimização dos recursos financeiros.

Figura 2: Supersistema Proposto – Atividades Interrelacionadas para Seleção Eficiente & Estratégica da Aeronave de Combate.



Fonte: Os Autores.

Uma das funções críticas do Supersistema é a integração e coordenação das atividades de cada HAS, assegurando que as decisões em um sistema estejam em consonância com os objetivos gerais da FAB e do país. O funcionamento do Supersistema é caracterizado por uma integração estratégica, onde cada HAS contribui para o objetivo global de adquirir aeronaves de combate adequadas, considerando todos os aspectos técnicos, logísticos, financeiros e estratégicos. Ainda com relação ao Supersistema, vale destacar que pontos relevantes sobre seu uso e valor:

- Oferece uma integração estratégica: O Supersistema adota uma abordagem holística, onde cada subsistema contribui para a meta geral de adquirir aeronaves adequadas, abrangendo considerações técnicas, logísticas, financeiras e estratégicas.
- É um processo iterativo e adaptativo: O sistema é flexível e se adapta a mudanças no ambiente geopolítico e tecnológico, permitindo reavaliações contínuas das necessidades da FAB.
- Promove e facilita o diálogo entre *stakeholders*: Facilita a comunicação entre os diversos *stakeholders*, buscando um consenso que reflita um equilíbrio entre necessidades operacionais, restrições orçamentárias e interesses nacionais.
- Permite avaliação e retroalimentação contínua.
- Promove uma avaliação constante do progresso e ajustes no processo de tomada de decisão.

Essa abordagem integrada pode oferecer à FAB uma posição favorável para tomar decisões informadas que equilibram eficácia operacional e responsabilidade fiscal, alinhando a aquisição de equipamentos de defesa com os objetivos estratégicos de longo prazo do Brasil. O sucesso do Supersistema depende da colaboração efetiva entre todos os envolvidos e da capacidade de adaptar-se às dinâmicas e desafios do ambiente global de defesa. Nesse contexto, a implementação de critérios de controle no Supersistema é projetada para monitorar e avaliar a progressão das atividades e garantir a conformidade com os objetivos estratégicos estabelecidos. Esses critérios são configurados para abordar especificamente os processos e seus resultados, os recursos utilizados, e como cada transformação contribui ou afeta a estratégia geral da qual faz parte.

Para efetivar esses critérios de controle, seria necessário estabelecer um sistema de *feedback* que inclua avaliações regulares dos resultados contra as metas pré-estabelecidas, garantindo que as atividades se alinhem com as responsabilidades sociais e as expectativas culturais da organização. Isso envolveria a utilização de indicadores quantitativos e qualitativos que permitiriam uma análise contínua da eficácia, eficiência e ética das operações em curso. Além disso, a flexibilidade do sistema de controle deve permitir ajustes e melhorias em tempo real, baseando-se nas avaliações periódicas e nas mudanças no cenário operacional e estratégico. Dessa forma, o Supersistema poderia responder dinamicamente às necessidades da FAB, garantindo a realização dos objetivos estratégicos e a adequação das soluções adotadas ao ambiente de defesa em constante mudança.

5. Conclusão

O desafio de adquirir aeronaves de combate para a FAB vai além de uma simples seleção de equipamentos militares e representa uma questão estratégica com repercussões significativas na soberania e segurança nacional. Nesse contexto, a SSM demonstrou eficácia na estruturação e análise do processo decisório, revelando a complexidade da rede de *stakeholders* e a necessidade de equilibrar aspectos operacionais, logísticos, financeiros e estratégicos. A metodologia organiza essas variáveis de forma a facilitar o diálogo e a coordenação entre os envolvidos.

A SSM também contribuiu para a identificação de áreas que requerem consenso entre os *stakeholders*, estabelecendo objetivos claros, definindo transformações necessárias e estruturando as conexões entre os HAS de maneira lógica. Isso sugere que a FAB poderia considerar a adoção dessa metodologia em futuras aquisições de aeronaves, visando fortalecer a defesa do Brasil.

Entretanto, a implementação dessa abordagem sistêmica pode enfrentar desafios devido à complexidade em alinhar as diferentes perspectivas dos envolvidos. Embora o estudo tenha se

concentrado no contexto da FAB, ele destaca a utilidade da SSM para organizar a tomada de decisões em cenários complexos.

Sugere-se, para pesquisas futuras, o desenvolvimento de indicadores específicos para monitorar e avaliar a implementação das transformações propostas, além da criação de um sistema de feedback contínuo para fortalecer a análise das operações. Recomenda-se também a investigação da combinação da SSM com outras metodologias em uma abordagem multimetodológica, especialmente em contextos de defesa com cooperação internacional, para explorar novas possibilidades de aplicação e colaboração entre diferentes atores.

Agradecimentos

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

Referências

Alexander, M. J. (2007). Using Organizational Systems Theory to Improve Defense Acquisition and Warfighter Requirements. <https://doi.org/10.21236/ADA475927>

Bitzinger, R. A. (2010). A New Arms Race? Explaining Recent Southeast Asian Military Acquisitions. *Contemporary Southeast Asia: A Journal of International and Strategic Affairs*, 32(1), 50–69. <https://doi.org/10.1355/cs32-1c>

Checkland, P. (2000). Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective. *Systems Research and Behavioral Science Syst. Res*, 17, 11–58.

Dantas, J. P. A., Costa, A. N., Geraldo, D., Maximo, M. R. O. A., & Yoneyama, T. (2021). Engagement Decision Support for beyond Visual Range Air Combat. 2021 Latin American Robotics Symposium, 2021 Brazilian Symposium on Robotics, and 2021 Workshop on Robotics in Education, LARS-SBR-WRE 2021, 96–101. <https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE54079.2021.9605380>

Dantas, J. P. A., Costa, A. N., Gomes, V. C. F., Kuroswiski, A. R., Medeiros, F. L. L., & Geraldo, D. (2022). ASA: A Simulation Environment for Evaluating Military Operational Scenarios. <http://arxiv.org/abs/2207.12084>

Drei, S. M., Miranda, E. G., Paz, T. da S. R., Mota, V. R. R., & Bergiante, N. C. R. (2023). Proposing a novel conceptual model for the medical clinic within a mid-sized hospital through the application of Soft System Methodology (SSM). *Pesquisa Operacional*, 43. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2023.043.00275528>

Françozo, R., Paucar-Caceres, A., & Belderrain, M. C. N. (2022). Combining Value-Focused thinking and soft systems methodology: A systemic framework to structure the planning process at a special educational needs school in Brazil. *Journal of the Operational Research Society*, 73(5), 994–1013. <https://doi.org/10.1080/01605682.2021.1880298>

Françozo, R. V., & Belderrain, M. C. N. (2019). Inclusão de estudantes com necessidades educacionais específicas: um caminho estruturado para mudanças. *Olhar de Professor*, 22, 1–17. <https://doi.org/10.5212/olharprofr.v.22.0022>

Georgiou, I. (2006). Managerial effectiveness from a system theoretical point of view. *Systemic Practice and Action Research*, 19(5), 441–459. <https://doi.org/10.1007/s11213-006-9035-3>

Georgiou, I. (2015). Unravelling soft systems methodology. *Int. J. Economics and Business Research*, Inderscience Enterprises Ltd, (Vol. 9).

Hagen, J., Morgan, F. E., Heim, J. L., Carroll, M. (National security policy associate), & Project Air Force (U.S.). (2016). The Foundations of Operational Resilience - Assessing the Ability to Operate in an Anti-Access/Area Denial (A2/AD) Environment: the Analytical Framework, Lexicon, and Characteristics of the Operational Resilience Analysis Model (ORAM).

Kangaspunta, J., Liesiö, J., & Salo, A. (2012). Cost-efficiency analysis of weapon system portfolios. *European Journal of Operational Research*, 223(1), 264–275. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2012.05.042>

Kuroswiski, A. R., Medeiros, F. L. L., De Marchi, M. M., & Passaro, A. (2023). Beyond visual range air combat simulations: validation methods and analysis using agent-based models. *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*. <https://doi.org/10.1177/15485129231211915>

Mingers, J., & Rosenhead, J. (2011). Introduction to the Special Issue: Teaching Soft O.R., Problem Structuring Methods, and Multimethodology. *INFORMS Transactions on Education*, 12(1), 1–3. <https://doi.org/10.1287/ited.1110.0073>

Pereira, T. F., Montevechi, J. A. B., Miranda, R. de C., & Friend, J. D. (2015). Integrating soft systems methodology to aid simulation conceptual modeling. *International Transactions in Operational Research*, 22(2), 265–285. <https://doi.org/10.1111/ITOR.12133>

Roman, D. (2021). Soft Systems Methodology in the e-learning field of military design thinking. Conference proceedings of »eLearning and Software for Education« (eLSE), 17(01), 47–54. Acessado 18 de maio de 2024

Rebouças, S., Scarpel, R. A., Carmen, M., Belderrain, N., & Chave, P. (2021). Estruturação do problema de alocação de recursos durante a fase de resposta a desastres naturais utilizando o Pensamento Focado em Valor (VFT). *Spectrum:Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa*, 22, 35–41. <https://doi.org/10.55972/SPECTRUM.V22I1.166>

Taylor, B., & Wood, D. (2005). Guide to Capability-Based Planning. Analytical Support to Defence Transformation: The Rto Studies, Analysis and Simulation Panel. <https://www.hSDL.org/?view&did=461818>. Acessado 17 de maio de 2024

Viscardi, M. F., Leandro De Castro, A., Luiz, E., Senne, F., & Passaro, A. (2023). Better fit e busca tabu: Uma otimização para o apoio ao combate. In *Anais do XXV Simpósio de Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa - SIGE*. Acessado 5 de julho de 2024

Zhong, Y. (2007). Soft systems methodology based on decision making knowledge integration. *2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2007*, 5728–5731. <https://doi.org/10.1109/WICOM.2007.1405>