



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2024

DANIEL **BUCH**, Cap Eng

O Conceito Operacional no desenvolvimento de sistemas aeroespaciais

Rio de Janeiro
2024

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2024

DANIEL **BUCH**, Cap Eng

O Conceito Operacional no desenvolvimento de sistemas aeroespaciais

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ciência, Tecnologia e Inovação.

Orientador: Allison Nunes Fernandes, Maj Eng

Rio de Janeiro

2024

DANIEL **BUCH**, Cap Eng

O Conceito Operacional no desenvolvimento de sistemas aeroespaciais

Trabalho de conclusão de curso apresentado
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Thiago Diorgilis Ribeiro **Daniel**, Ten Cel Av
EAOAR

Allison Nunes Fernandes, Maj Eng
EAOAR

Rio de Janeiro

2024

RESUMO

A versão atual da Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) que estabelece os documentos necessários para se propor um projeto ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) não exige a elaboração do Conceito Operacional do sistema aeroespacial que se pretende desenvolver. Dessa forma, a concepção do projeto pode se iniciar sem o prévio mapeamento das características operacionais do sistema e sem a garantia da integração da percepção do usuário. Este trabalho mostra que essa abordagem pode prejudicar os resultados de um projeto, ao não contemplar demandas operacionais, como as relacionadas aos níveis de prontidão requeridos. Desta forma, este ensaio acadêmico defende a elaboração do Conceito Operacional como requisito para se propor um projeto de um sistema aeroespacial para o DCTA, visando aumentar suas chances de sucesso. Para sustentar essa tese, argumenta-se que a abordagem proposta irá orientar o desenvolvimento do projeto para o atendimento das necessidades operacionais do usuário. Adicionalmente, as informações contidas no Conceito Operacional irão suportar a aplicação, desde a concepção do projeto, de ferramentas voltadas à redução do custo do ciclo de vida, como as ferramentas do conceito de Suporte Logístico Integrado. Por fim, destaca-se que a abordagem proposta poderá contribuir para o desenvolvimento de projetos estratégicos da Força Aérea Brasileira (FAB), como o do Míssil de Cruzeiro de Longo Alcance e de sistemas para as aeronaves KC-390 e F-39, alinhando-se com a diretriz de estimular o desenvolvimento da capacidade militar da FAB, estabelecida no Plano Estratégico Militar da Aeronáutica.

Palavras-chave: Gestão de Projetos. Conceito Operacional. Suporte Logístico Integrado.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o atual Plano Estratégico Militar da Aeronáutica, a Força Aérea Brasileira (FAB) tem a missão de manter a soberania do espaço aéreo e integrar o território nacional, com vistas à defesa da pátria. Para tanto, a FAB possui macroprocessos em sua Cadeia de Valor que contribuem para o cumprimento da sua missão e para a entrega de valor à Sociedade Brasileira. Um destes macroprocessos é o de Ciência, Tecnologia e Inovação, protagonizado pelo Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), que abrange o desenvolvimento de soluções científico-tecnológicas e inovadoras, visando ao atendimento de demandas operacionais e estimulando o desenvolvimento da capacidade militar da FAB (Brasil, 2018).

O DCTA possui organizações subordinadas classificadas como Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação (ICT), dedicadas a pesquisa básica e aplicada, que propõem projetos de acordo com suas respectivas missões. Este processo é disciplinado por meio de uma Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA), que estabelece procedimentos a serem adotados para a Gestão de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. Trata-se da ICA 80-12, que lista os documentos que devem compor uma Proposta de Projeto. No entanto, de acordo com a referida ICA, não se faz necessária a apresentação do Conceito Operacional para que seja proposto um projeto de um sistema aeroespacial.

O Conceito Operacional é um documento destinado ao registro formal da descrição antecipada dos requisitos operacionais do sistema, com base na identificação das necessidades do usuário, incluindo informações como cenário e perfil de missão, distribuição geográfica, taxa de utilização, disponibilidade operacional, nível de segurança, entre outras (Blanchard; Blyler, 2016).

Portanto, é fundamental que a elaboração do Conceito Operacional de um sistema aeroespacial ocorra no início do projeto, garantindo um amplo entendimento da missão, das condições de operação e das necessidades operacionais do usuário.

Diante deste contexto, este ensaio acadêmico defende a incorporação do Conceito Operacional nas Propostas de Projetos de sistemas aeroespaciais submetidas ao DCTA, como um meio de aumentar as chances de sucesso dos projetos propostos.

Argumenta-se que a elaboração do Conceito Operacional, na concepção do projeto, permitirá direcionar os requisitos de projeto para o atendimento das demandas operacionais do usuário, nos aspectos técnicos e de prontidão.

Adicionalmente, a abordagem defendida contribui para a adoção de soluções que visam à redução do custo do ciclo de vida do sistema, desde as fases iniciais do desenvolvimento do projeto.

2 O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS AEROESPACIAIS

O termo sistema é largamente empregado em diversas áreas do conhecimento humano, como em biologia, engenharia e tecnologia da informação. Para este estudo, será adotada a seguinte definição para sistema:

“[...] conjunto organizado de recursos e procedimentos, unidos e regulados por interação ou interdependência, de modo a realizar um conjunto de funções específicas, executar uma função operacional ou satisfazer a um requisito” (Brasil, 2007, p. 22).

Assim, compreende-se que um sistema aeroespacial é aquele que executa funções operacionais ligadas ao campo aeronáutico e espacial, atendendo a requisitos específicos que possibilitem o cumprimento da missão destinada ao sistema. Diante desta definição, observa-se a importância da clara compreensão da missão do sistema, antes do início do seu desenvolvimento.

A elaboração do Conceito Operacional é uma maneira de esclarecer, com detalhes, a missão a ser cumprida pelo sistema. Para efeito deste estudo, o Conceito Operacional será definido como uma declaração formal das intenções de uma organização em relação à operação de um sistema, fornecendo uma visão geral das operações no ambiente de emprego, a partir da perspectiva dos usuários (American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2018).

2.1 Atendimento das necessidades operacionais

O atendimento das necessidades operacionais vai além da entrega do desempenho técnico esperado. É importante que o sistema apresente um desempenho de disponibilidade suficiente para que a prontidão operacional requerida, durante seu emprego, seja alcançada.

A literatura registra exemplos de projetos que focaram no desempenho técnico do sistema, mas que deixaram de ter sucesso por falhar no atendimento dos requisitos de prontidão operacional. É o caso da aeronave Convair B-58 *Hustler*, que apresentou um baixo desempenho de disponibilidade, sendo precocemente retirada de serviço. O B-58 demonstrou a necessidade da consideração de aspectos de suportabilidade, como confiabilidade e manutenibilidade, no desenvolvimento dos projetos conduzidos pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (Russell, 2007).

Desta maneira, mesmo que o sistema atenda ao desempenho técnico requerido, o atendimento das necessidades do usuário pode ficar prejudicado caso a prontidão operacional restrinja o emprego do sistema.

De acordo com Blanchard (2014), a disponibilidade operacional de um sistema é uma função de sua confiabilidade, de sua manutenibilidade e do seu sistema de suporte. Portanto, o projeto deve ser guiado por informações que permitam desenvolver tanto os aspectos ligados ao desempenho técnico, como os que definirão o desempenho de disponibilidade operacional.

Neste contexto, a elaboração do Conceito Operacional irá mapear de forma detalhada a operação, levando em conta aspectos técnicos, de suporte, de pessoal, de equipamentos de apoio, dentre outros, permitindo assim o desenvolvimento de requisitos de projeto que atendam, não apenas o desempenho técnico do sistema, mas também seu desempenho de disponibilidade operacional.

A prática da elaboração do Conceito Operacional, como apoio ao desenvolvimento de sistemas, é adotada por instituições tais como a NASA (do inglês *National Aeronautics and Space Administration*) e o Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2018).

Sandberg e Strömberg (1999) ressaltaram o sucesso do projeto da aeronave de combate Gripen, por adotar um foco no desempenho de disponibilidade desde as fases iniciais de seu desenvolvimento e ao longo de todo o seu ciclo de vida. O mapeamento das necessidades operacionais e do ambiente de emprego resultou no projeto de uma aeronave que reúne excelentes características de suportabilidade, como, por exemplo, o conceito modular para substituição de subsistemas, um motor de fácil acesso e troca rápida e baixa demanda de ferramentas especiais para sua manutenção.

A elaboração do Conceito Operacional pode ser amparada por referências consagradas, como a obra de Blanchard e Blyler (2016). Ainda, o Instituto Americano de Aeronáutica e Astronáutica, conhecido pela sigla AIAA (do inglês *American Institute of Aeronautics and Astronautics*), elaborou um guia padronizado, designado por ANSI/AIAA G-043B-2018. Este guia tem o objetivo de descrever o processo de elaboração do Conceito Operacional, recomendando a forma de compilar as informações e orientando para que todo o ciclo de vida do sistema seja considerado (American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2018).

Portanto, a elaboração do Conceito Operacional é fundamental para que o projeto seja desenvolvido, desde sua concepção, com um pleno entendimento das necessidades operacionais do usuário, levando em conta aspectos técnicos e de suportabilidade, aumentando a probabilidade de sucesso do projeto no atendimento destas demandas.

2.2 Redução do custo do ciclo de vida

De acordo com Brasil (2007), o ciclo de vida de um sistema pode ser dividido em nove fases: concepção, viabilidade, definição, desenvolvimento ou aquisição, produção, implantação, utilização, revitalização ou modernização e desativação. É na fase de utilização que o sistema é operado e suportado em seu ambiente de emprego. Isto posto, autores como Blanchard (2014) utilizam para descrever a fase de utilização o termo operação e suporte.

O custo do ciclo de vida é a soma dos custos de cada uma das fases mencionadas. Segundo Blanchard (2014), uma porção significativa do custo do ciclo de vida pode ser atribuída à fase de operação e suporte. Esta porção do custo é oriunda do gerenciamento de decisões de projeto tomadas durante as fases iniciais do desenvolvimento do sistema.

Hirshorn, Voss e Bromley (2017) afirmam que, por volta da metade da fase de desenvolvimento de um sistema aeroespacial, 75% do custo do ciclo de vida já está definido pelas decisões tomadas até então. Portanto, fica claro que o desenvolvimento do projeto de um sistema aeroespacial requer, desde sua concepção, informações que suportem a tomada de decisões destinadas à redução dos custos do ciclo de vida, sobretudo da fase de operação e suporte.

Outro fator relevante a ser considerado para o caso dos sistemas aeroespaciais é a longa vida em serviço. Em alguns casos, o sistema ficará em operação por décadas, passando inclusive por modernização, quando esta opção for técnica e economicamente viável. A previsão de modernizações ao longo do ciclo de vida é uma característica que deve ser observada, desde a concepção do projeto, exigindo um conhecimento antecipado das características operacionais do sistema em seu ambiente de emprego, bem como das evoluções esperadas para este ambiente (Qasim, 2020).

Ao longo das últimas décadas, foram elaboradas abordagens que visam integrar considerações a respeito do sistema de suporte para reduzir o custo do ciclo de vida. Tais abordagens tem foco na disponibilidade operacional e na minimização do custo de suporte, com ferramentas voltadas para a confiabilidade e a manutenibilidade do sistema. Uma dessas abordagens é o Suporte Logístico Integrado, comumente referido pela sigla ILS (do inglês *Integrated Logistics Support*).

As informações do Conceito Operacional permitem a aplicação do conceito de ILS e suas ferramentas. Segundo Vaskic e Paetzold (2019), o ILS é uma abordagem adequada para otimizar as atividades da fase de operação e suporte, visando minimizar os custos do ciclo de vida.

Goffin (2000) destaca a importância das características do suporte no sucesso do produto. O trabalho cita o exemplo dos equipamentos da fabricante Caterpillar, que garante o rápido reparo dos equipamentos ao manter uma cadeia de suprimentos apta a entregar peças de reposição dentro de 48 horas. Outro exemplo citado pelo autor são os equipamentos para exames médicos da fabricante Hewlett-Packard (HP), que integram ao projeto a previsão de modernizações periódicas, com baixa intervenção, reduzindo o custo de modernização e evitando a retirada precoce de seus equipamentos de serviço.

Diante do exposto, evidencia-se que a elaboração do Conceito Operacional na concepção de projetos de sistemas aeroespaciais contribui para a adoção de soluções que visam à redução do custo do ciclo de vida do sistema.

3 CONCLUSÃO

A atual versão da ICA 80-12, que trata sobre a Gestão de Projetos do DCTA, não determina a elaboração do Conceito Operacional para que uma ICT proponha o

projeto de desenvolvimento de um sistema. Assim, a concepção de projetos de sistemas aeroespaciais pode se iniciar sem o prévio conhecimento dos detalhes da missão e das condições operacionais do sistema em seu ambiente de emprego. Deste modo, não há um instrumento que garanta a agregação das perspectivas do usuário na concepção do projeto.

Portanto, este ensaio acadêmico defende a incorporação do Conceito Operacional nas Propostas de Projetos de sistemas aeroespaciais submetidas ao DCTA, como um meio de aumentar as chances de sucesso dos projetos propostos.

Uma vez que o Conceito Operacional contempla o mapeamento das condições e necessidades operacionais, o projeto contará com informações que permitirão estabelecer requisitos tanto para os aspectos técnicos, quanto para os de prontidão. O trabalho destacou a importância do desempenho de disponibilidade, por vezes negligenciado em favor do desempenho técnico. Destacou-se como a elaboração do Conceito Operacional, na concepção do projeto, contribui para a percepção ampla dos aspectos a serem considerados, como confiabilidade, manutenibilidade e o sistema de suporte. Com essa abordagem, potencializa-se o sucesso do projeto no atendimento das demandas operacionais do usuário.

Adicionalmente, a elaboração do Conceito Operacional na concepção do projeto é oportuna, visto que disponibiliza um conjunto de informações importantes para apoiar decisões de projeto nas fases iniciais de seu desenvolvimento, momento de grande impacto na formação do custo do ciclo de vida do sistema. Destacou-se ainda que o Conceito Operacional permite prever necessidades de modernização e fornece subsídios para a aplicação do conceito de ILS, ações que visam minimizar o custo do ciclo de vida do sistema.

Portanto, a elaboração do Conceito Operacional na concepção do projeto de sistemas aeroespaciais poderá contribuir para o alcance dos objetivos estratégicos da FAB. Este benefício poderá ser concretizado ao se aplicar a proposta deste trabalho no desenvolvimento de projetos estratégicos previstos no Plano Estratégico Militar da Aeronáutica, como o do Míssil de Cruzeiro de Longo Alcance (MICLA) e de sistemas embarcados para as aeronaves KC-390 e F-39. Assim, este ensaio acadêmico alinha-se com a diretriz de estimular o desenvolvimento da capacidade militar da FAB, segundo o macroprocesso de Ciência, Tecnologia e Inovação.

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS. Guide to the Preparation of Operational Concept Documents (ANSI/AIAA G-043B-2018). 2018.

BLANCHARD, B. S.; BLYLER, J. E. **System engineering management**. 5th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2016. 554 p.

BLANCHARD, B. S. **Logistics engineering and management**. 6th ed. Harlow: Pearson, 2014. 414 p.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 129/GC4, de 5 de março de 2007. Aprova a Diretriz que dispõe sobre o Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais Aeronáuticos (DCA 400-6). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 47, f. 1335, 9 mar 2007.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2018-2027 (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 222, f. 14766, 20 dez 2018.

GOFFIN, K. Design for supportability: essential component of new product development. **Research-Technology Management**, v. 43, n. 2, p. 40-47, 2000.

HIRSHORN, S. R.; VOSS, L. D.; BROMLEY, L. K. **Nasa systems engineering handbook**. 2017.

QASIM, L. **System reconfiguration: A Model based approach; From an ontology to the methodology bridging engineering and operations**. 2020. Tese de Doutorado. Université Paris-Saclay.

RUSSELL, S. H. Supply chain management: more than integrated logistics. **Air Force Journal of Logistics**, v. 31, n. 2, p. 56-64, 2007.

SANDBERG, A.; STRÖMBERG, U. Gripen: with focus on availability performance and life support cost over the product life cycle. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 5, n. 4, p. 325-334, 1999.

VASKIC, L.; PAETZOLD, K. A critical review of the integrated logistics support suite for aerospace and defence programmes. *In: Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design*. Cambridge University Press, 2019. p. 3541-3550.