



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2023

DYMITRI CARDOSO LEÃO, Cap Eng

Uso do *software* Systems Tool Kit (STK) no preparo da Força Aérea Brasileira

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1/2023

DYMITRI CARDOSO LEÃO, Cap Eng

Uso do *software* Systems Tool Kit (STK) no preparo da Força Aérea Brasileira

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: Preparo da Força Aérea
Orientador: Wellington Azevedo dos Santos,
Maj Inf

Rio de Janeiro
2023

DYMITRI CARDOSO LEÃO, Cap Eng

Uso do *software* Systems Tool Kit (STK) no preparo da Força Aérea Brasileira

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

Aprovado por:

Jaqueline de Azevedo Bruno, Ten Cel Int
EAOAR

Wellington Azevedo dos Santos, Maj Inf
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

RESUMO

A complexidade dos cenários atuais de combate torna difícil avaliar conjuntamente técnicas e táticas operacionais a serem empregadas. Em contextos de emprego de sistemas em um teatro de operações, uma elevada consciência situacional é de vital importância para a sobrevivência das equipagens. Simular previamente alguns cenários torna possível prever diversos comportamentos e performances dos sistemas a serem empregados em um cenário de combate, bem como das plataformas aéreas em uso, adestrando de maneira mais efetiva os operadores envolvidos e buscando maior probabilidade de sucesso no cumprimento das respectivas missões. Assim, este ensaio defende a importância do uso do *software* de simulação Systems Tool Kit (STK) no processo de Avaliação Operacional (AVAOP), otimizando o preparo da Força Aérea Brasileira (FAB). Para defender essa tese, dois argumentos são apresentados. O primeiro sustenta que a implantação do STK irá gerar economicidade durante a execução de uma AVAOP, de modo a otimizar a alocação de recursos para o preparo dos meios de Força Aérea sob responsabilidade do Comando de Preparo (COMPREP). Já o segundo defende que esse *software* é capaz de sistematizar o processo de geração e validação do conhecimento operacional de uma AVAOP pelo Instituto de Aplicações Operacionais (IAOp), tendo impacto direto na eficiência e eficácia do preparo da FAB. Como consequência, a FAB poderá consolidar cada vez mais a sua posição de destaque no cenário regional em que se encontra, fortalecendo a defesa da soberania do espaço aéreo brasileiro ao estar mais preparada para os desafios doutrinários a ela impostos.

Palavras-chave: Simulação. Avaliação Operacional. Cenário. Técnica. Tática.

1 INTRODUÇÃO

Uma Avaliação Operacional (AVAOP, com plural AVAOPs) é um processo capaz de analisar a adequabilidade e a eficiência de equipamentos e sistemas operacionais em uso na FAB, tais como sensores, radares, armamentos, *datalinks*, etc. Através do uso de metodologias científicas robustas, principalmente da área de estatística, são geradas técnicas operacionais otimizadas para o emprego desses equipamentos e sistemas, desde que eles sejam julgados adequados para o cumprimento das missões as quais se destinam.

De posse das técnicas otimizadas geradas, faz-se necessária uma análise do seu uso em determinados cenários operacionais hipotéticos, de modo a gerar táticas operacionais. É válido ressaltar que uma tática operacional é um conjunto de técnicas operacionais otimizadas para um ou mais equipamentos e sistemas, as quais são empregadas em determinado cenário operacional.

Modelar computacionalmente um cenário operacional é um processo que contribui para visualizar os objetivos a serem alcançados, tornando possível o treinamento dos operadores dos equipamentos e sistemas envolvidos em um determinado teatro de operações. Busca-se, então, a aquisição de uma vantagem operacional frente ao oponente.

O Instituto de Aplicações Operacionais (IAOp) é a Organização Militar responsável por conduzir todas as Avaliações Operacionais no âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER), gerando conhecimento operacional que pode ser traduzido em técnicas operacionais otimizadas e táticas operacionais. Contudo, atualmente o IAOp não dispõe de um *software* de modelagem computacional de cenários operacionais, dificultando a geração de táticas operacionais que englobem os equipamentos e sistemas avaliados por demanda do Comando de Preparo (COMPREP). Desta forma, o preparo da Força Aérea Brasileira (FAB) fica prejudicado, uma vez que o planejamento do uso desses equipamentos e sistemas não é realizado em sua plenitude nos diversos cenários operacionais possíveis.

Do exposto, este ensaio defende a importância do uso do *software* de simulação Systems Tool Kit (STK) no processo de Avaliação Operacional para otimizar o preparo da Força Aérea Brasileira.

Para corroborar essa tese, sustento como primeiro argumento que a economicidade advinda da implantação do referido *software* durante uma AVAOP

otimizaria a alocação de recursos para o preparo dos meios de Força Aérea sob responsabilidade do COMPREP. A referida economicidade seria notada em três pilares: redução de horas de voo consumidas, redução dos custos com diárias/comissionamentos na fase de execução da AVAOP e redução do tempo no qual os sistemas avaliados ficam indisponíveis para emprego real, pois estão dedicados às avaliações.

Além disso, sustento como segundo argumento que o uso do *software* STK é capaz de sistematizar o processo de geração e validação do conhecimento operacional de uma AVAOP, contribuindo para otimizar o preparo da FAB. É válido ressaltar que tal sistematização se apoia nos conceitos de eficiência e eficácia, quais sejam: a eficiência está voltada à execução de atividades com qualidade, enquanto a eficácia está atrelada a atividades que alcançam o resultado esperado. Logo, gerar e validar o conhecimento operacional de modo eficiente e eficaz propicia condições ideais para o preparo da FAB.

2 DESENVOLVIMENTO

No meio militar, a simulação computacional permite o planejamento em essencialmente duas frentes:

a) No desenvolvimento de equipamentos e sistemas que se adequem às necessidades de emprego nos cenários operacionais de interesse das Forças Armadas; e

b) Na geração de técnicas otimizadas para uso dos equipamentos e sistemas já em operação nas Forças Armadas, de modo a aprimorar suas respectivas doutrinas de emprego.

Uma AVAOP está inserida no contexto exposto no item “b” e o conhecimento operacional gerado requer posterior validação doutrinária, sendo importante a otimização do preparo da FAB de forma sistemática. A simulação computacional é uma ferramenta que pode auxiliar a FAB a atingir esse objetivo.

2.1 Economicidade numa AVAOP

O custo para conduzir os experimentos estatísticos inerentes a uma AVAOP é bastante elevado. Via de regra, é necessário utilizar dezenas de horas de voo de

aeronaves diversas, além de custos com diárias/comissionamento para mobilizar militares de diversas Organizações Militares nas fases de planejamento e de execução da AVAOP. Soma-se a isso também a indisponibilidade temporária dos meios avaliados para eventual emprego real, visto que eles ficam dedicados para a AVAOP em que estão envolvidos, o que gera um custo indireto extremamente relevante.

Não raro, atualmente uma AVAOP demanda gastos que ultrapassam 100 mil dólares americanos, e são realizadas pelo menos 4 AVAOPs por ano, ou seja, trata-se de um altíssimo investimento feito pelo FAB na geração de conhecimento operacional relevante para o preparo dos meios de Força Aérea sob responsabilidade do COMPREP. Esse alto custo anual de aproximadamente meio milhão de dólares americanos pode e deve ser reduzido em prol da sustentabilidade da FAB, sem prejuízo na qualidade do conhecimento operacional gerado numa AVAOP.

De acordo com GAVIRA (2003), com o aumento da capacidade dos recursos computacionais, surgiram programas de simulação baseados no conceito de pensamento sistêmico para a resolução de problemas e para o estudo de sistemas. Desta forma, as empresas passaram a tomar decisões baseadas em métodos científicos, unindo intuição, lógica matemática, empirismo e a experiência de especialistas. Um desses métodos é a simulação computacional, que tem se popularizado devido à facilidade de uso e custos cada vez mais acessíveis.

No contexto do COMAER, a sistematização do processo de uma AVAOP poderia ser obtida exatamente através do uso da simulação computacional para nortear a fase de preparo da FAB. Ainda, segundo a DCA 1-1 (BRASIL, 2020), é possível obter economicidade através do emprego e distribuição perspicazes dos meios de Força Aérea para obter efeitos de caráter estratégico. Visto que a simulação computacional numa AVAOP via de regra possibilitaria antever alguns resultados a serem obtidos numa operação real, a distribuição dos meios de Força Aérea tenderia a ser mais efetiva.

Logo, utilizar o *software* de simulação STK teria papel fundamental na redução dos custos inerentes à geração e validação do conhecimento operacional numa AVAOP. Isso porque o comportamento dos equipamentos e sistemas numa simulação é avaliado em cenários bem próximos aos encontrados em caso de emprego real. Como consequência imediata, torna-se possível reduzir o escopo de alguns experimentos estatísticos que seriam executados numa AVAOP, por já ter sido

possível obter resultados confiáveis de forma simulada, o que impacta de forma direta na economia dos meios demandados.

Em 2016 e 2017, o IAOp teve a oportunidade de utilizar uma licença provisória do STK fornecida pela empresa fabricante do *software*, a Analytical Graphics Inc (AGI). Foram simulados diversos cenários operacionais com equipamentos e sistemas que já haviam sido objeto de uma AVAOP em anos anteriores, além de ser prospectado o planejamento de AVAOPs vindouras.

O custo de aquisição da licença permanente do STK é de aproximadamente 330 mil dólares americanos, com um custo de suporte anual (opcional) de 10% desse valor, ou seja, em torno de 33 mil dólares americanos.

Via de regra, o custo médio de 1h de voo da aeronave de caça F-5EM em uso na FAB é de aproximadamente 15 mil dólares americanos. Logo, o custo de aquisição do STK somado ao custo do seu suporte por 1 ano é equivalente ao custo médio de aproximadamente 24 horas de voo do F-5EM. Contudo, o IAOp verificou que o STK pode gerar uma redução estimada de 30% da quantidade de horas de voo utilizadas na execução de uma AVAOP. Uma vez que o custo médio de planejamento e execução de uma AVAOP supera os 100 mil dólares americanos e que o custo das horas de voo utilizadas perfaz a maior parte desse valor, então é possível concluir que o gasto com suporte anual do STK (opcional) estaria praticamente coberto pela economia gerada em apenas 1 AVAOP anual. Já o custo de aquisição do STK, que é único, mostra-se irrisório frente à economia de curto prazo com horas de voo gastas no planejamento e na execução de cada AVAOP. É válido ressaltar que são realizadas cerca de 4 AVAOPs por ano, ou seja, em apenas 1 ano os custos mencionados para a aquisição e suporte do STK estariam cobertos.

O uso da simulação como forma de gerar economicidade é uma tendência nas Forças Armadas. Conforme PERES (2017), entre os benefícios do uso de simuladores nas Forças Armadas estão a economia de recursos materiais e humanos, incluindo transporte, além da eficácia no treinamento e criação das condições de combate. Ele também cita que a compra de sistemas de simulação torna-se viável quando o investimento é relativamente baixo e o uso pela Força for frequente. Esse é exatamente o caso do STK, que seria utilizado pelo IAOp em todas as AVAOPs e cujo custo de aquisição e suporte é irrisório perto do ganho operacional e da economia gerada no curto prazo.

2.2 Geração e validação de conhecimento operacional através de simulação numa AVAOP

Segundo NETO et al. (2018), simulações construtivas são aquelas nas quais tanto os operadores quanto os sistemas são virtuais, concebidos através de modelos matemáticos que buscam representar como os sistemas reais irão se comportar.

Através da simulação construtiva para a modelagem e simulação dos perfis de avaliação dos sistemas de interesse numa AVAOP, realizar-se-ia um planejamento de experimentos estatísticos muito mais eficazes e robustos. Isso seria possível porque seriam identificados previamente os comportamentos dos equipamentos e sistemas avaliados em cenários próximos ao que seriam encontrados na fase de execução da AVAOP.

LEGG et al. (2017) relatam extremo sucesso no uso de simulação no Exército Brasileiro para adestramento de operadores de carros de combate blindados. Segundo eles, uma vantagem significativa no campo da simulação em nível tático é a fácil integração de diversas funções de combate ao ambiente de treinamento, enriquecendo e possibilitando a execução de ações típicas do combate moderno. Tal funcionalidade advém de uma ampla gama de recursos e elementos modelados que integram a biblioteca do *software* de simulação, o qual utiliza inteligência artificial.

De acordo com PINTO (2009), agir rapidamente e de forma assertiva é mais do que uma necessidade para as Organizações: é uma questão de sobrevivência. Os processos de geração de conhecimento devem requerer a máxima atenção, para evitar uma visão fragmentada ou falsa do problema. As atividades ocorrem de forma muito rápida, com grande quantidade de informações, de modo que o processo de geração de conhecimento nas Organizações deve se preocupar, adicionalmente, em tentar evitar cair em armadilhas de adoção de um falso conhecimento como verdade. Isso é essencial em uma AVAOP, na qual se busca de forma sistemática a verificação da adequabilidade operacional de equipamentos e sistemas diversos e complexos, com posterior geração de técnicas operacionais otimizadas e táticas operacionais para um ou mais cenários hipotéticos, validando doutrinariamente o conhecimento operacional gerado.

O STK é o *software* empregado pela Força Aérea dos Estados Unidos - USAF para a simulação de cenários operacionais. Entre as capacidades do STK para a simulação de cenários operacionais, as mais importantes para a execução de uma

AVAOP e, por conseguinte, para a geração de conhecimento operacional, são as seguintes: modelagens sofisticadas com sensores customizados; automatização e integração com ferramentas externas como MATLAB e códigos próprios; modelagem de performance de detecção, imageamento de sensores eletro-ópticos e sensores infravermelho, além métodos avançados para modelagem de aeronaves.

Ter à disposição o *software* STK em uso no IAOp possibilitaria o desenvolvimento de soluções multidisciplinares, promovendo um excelente ganho em diferentes aspectos operacionais. O STK proporcionaria, portanto, eficiência e eficácia na execução de todas as atividades referentes a uma AVAOP, para que a geração e validação do conhecimento operacional seja plena e capaz de otimizar o preparo da FAB.

3 CONCLUSÃO

É importante que diversos equipamentos e sistemas em uso na FAB sejam objeto de uma AVAOP, para que se desenvolvam técnicas operacionais otimizadas para o seu emprego. Em seguida, essas técnicas são estudadas no contexto de um cenário operacional, com a criação de uma ou mais táticas operacionais.

A tese deste ensaio foi de que o uso do *software* de simulação STK no processo de AVAOP é importante para otimizar o preparo da FAB.

Defendeu-se primeiramente o argumento de que o uso do STK geraria economicidade durante a execução de uma AVAOP, com consequente otimização do preparo da FAB devido a uma melhor alocação de recursos para o preparo dos meios de Força Aérea sob responsabilidade do COMPREP.

Além disso, foi defendido o argumento de que o uso desse *software* seria capaz de sistematizar o processo de geração e validação do conhecimento operacional de uma AVAOP pelo IAOp, tendo impacto direto na eficiência e eficácia do preparo da FAB.

Em suma, o uso do *software* de simulação STK possibilitaria desenvolvimento doutrinário. O referido *software* apoiaria as decisões a serem executadas durante todas as fases de uma AVAOP no âmbito do COMAER, de forma a planejar o futuro emprego dos meios de Força Aérea de forma otimizada. Isso colocaria a FAB em posição de destaque no cenário regional em que se encontra, fortalecendo a defesa da soberania do espaço aéreo brasileiro, sua sagrada missão.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.224/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – Volume 1 (DCA 1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, f.14971, 12 nov. 2020.

GAVIRA, M. O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-20052003-004345/publico/Gavira1.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.

LEGG, A. P.; SANTOS, O. M. D.; CASTRO, P. P. D.; NEVES, V. E.; DORNELES, C. D. S.; NETO, R. D. Using Virtual Simulation for Training the Brazilian Armored TTP. **Interservice / Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC)**, Orlando, 2017. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/land/noticia/27919/using-virtual-simulation-for-training-the-brazilian-armored-ttp/>. Acesso em: 04 mar. 2023.

NETO, R. N. L.; FILHO, G. M. D. L.; WERNECK, A. G. D. R. Simulação para o preparo da Força Aérea. **Revista Preparo**, nº 1, p. 4-10, COMPREP 2018. Disponível em: https://issuu.com/portalfab/docs/revista_preparo_-_agosto_2018. Acesso em 04 abr. 2023.

PERES, S. S. L. Uma visão do futuro da simulação no treinamento militar brasileiro: “Simulação como serviço”. **Doutrina Militar Terrestre em Revista**, v.5, n.11, p. 14-19, Exército Brasileiro 2017. Disponível em: <http://ebrevistas.eb.mil.br/DMT/article/view/734/785>. Acesso em: 03 abr. 2023.

PINTO, M. C. V. **O processo de geração de conhecimento em empresas multinacionais para a criação de produtos e serviços**. 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/18235/1/Marcia%20Cristina%20Vieira%20Pinto.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2023.