



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

PEDRO HENRIQUE **VITORASSI** VARASQUIM, Maj Eng

**A utilização do simulador de voo classe D nos voos de instrução da fase de
decolagem e pouso do Curso de Ensaios em Voo**

Rio de Janeiro

2024

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

PEDRO HENRIQUE **VITORASSI** VARASQUIM, Maj Eng

A utilização do simulador de voo classe D nos voos de instrução da fase de decolagem e pouso do Curso de Ensaios em Voo

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: Ensino na Força Aérea

Orientador: Pedro Nolasco Duarte, Maj Av

Rio de Janeiro

2024

PEDRO HENRIQUE **VITORASSI** VARASQUIM, Maj Eng

A utilização do simulador de voo classe D nos voos de instrução da fase de decolagem e pouso do Curso de Ensaios em Voo

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

Aprovado por:

Pedro **Nolasco** Duarte, Maj Av
EAOAR

Rafael de Lima **Santana**, Maj Inf
EAOAR

Rio de Janeiro

2024

RESUMO

A perda da exclusividade da aeronave utilizada anteriormente para a realização da fase de decolagem e pouso do Curso de Ensaios em Voo criou óbices para a execução da instrução aérea, devido à dificuldade de coordenação para ter a aeronave à disposição e, ainda, pela redução da manutenção operacional das tripulações da aeronave, fato que eleva o risco operacional da atividade aérea em questão. Nesse contexto, a realização dos voos da fase de decolagem e pouso em um simulador de voo classe D aprimora o aprendizado dos alunos na instrução aérea. O uso do simulador de voo otimiza a instrução, visto que possibilita alterar rapidamente as condições operacionais do voo simulado e realizar mais repetições ou novos ensaios em menor tempo, trazendo eficiência para a instrução aérea. Ademais, o simulador propicia a oportunidade de expandir o escopo da instrução, pois os dados gravados na sessão do simulador podem ser utilizados para uma análise mais aprofundada e para o enriquecimento do debriefing da missão, aumentando a qualidade do aprendizado. Dessa forma, destaca-se que a solução apresentada contribui com a visão da Força Aérea Brasileira, de ser uma Força operacionalmente moderna. Na transição para o futuro, a capacitação é uma condição prioritária. Utilizando tecnologias modernas e novos conceitos de operação na formação de ensaios em voo, estes profissionais estarão mais aptos a atender às demandas nas aeronaves e sistemas embarcados dos novos tempos. Assim, busca-se a prontidão operacional necessária para enfrentar os desafios que o domínio dos céus exigirá nas próximas décadas.

Palavras-chave: Instrução Aérea. Ensaios em Voo. Simulador de Voo. Eficiência. Uso de dados.

1 INTRODUÇÃO

A atividade de ensaios em voo é indispensável no desenvolvimento e na modernização de projetos aeronáuticos para comprovar a segurança e o desempenho de aeronaves e de sistemas embarcados. Tal relevância é reconhecida no âmbito da Força Aérea Brasileira (FAB), visto que está listada dentre as Ações de Força Aérea na Doutrina Básica da FAB, a DCA 1-1, Volume I (Brasil, 2020). Nesse contexto, o Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV) é a Organização Militar da FAB cuja finalidade é prestar serviços nessa área, contendo em sua missão, dentre outras atividades, a formação de pessoal especializado em ensaios em voo.

Assim sendo, o IPEV é responsável por realizar o Curso de Ensaios em Voo (CEV) que possui diferentes modalidades, dentre elas a modalidade Asa Fixa (CEV-AF). Esse curso é composto por diversas fases, muitas delas possuem uma parte teórica seguida da aplicação dos conhecimentos na prática, por meio da realização de ensaios em voo.

A aeronave utilizada anteriormente para a realização da fase de decolagem e pouso do CEV-AF era o C-97 Brasília, a qual deixou recentemente de ser aeronave exclusiva do IPEV, por ter sido transferida para o COMGAP. Sua operação passou a ser compartilhada com o IPEV. Em decorrência, surgiu uma dificuldade de coordenação, visto que nem sempre os interesses do IPEV e do COMGAP estão alinhados. Assim, tornou-se difícil ter a aeronave à disposição do IPEV por um período adequado e nas datas convenientes para o CEV-AF.

Além disso, o esforço aéreo disponível para o IPEV na aeronave C-97 foi reduzido significativamente, fato que compromete a formação de novos pilotos instrutores e de novos mecânicos de voo, além de diminuir a manutenção operacional das tripulações da aeronave. Com isso, o risco operacional da fase de decolagem e pouso do CEV-AF tornou-se mais elevado.

Uma das alternativas para contornar os efeitos da diminuição de horas de voo de treinamento em aeronaves reais é a utilização de simuladores de voo, os quais têm sido amplamente empregados na aviação, contribuindo para a formação de pilotos e demais tripulantes. Os simuladores de voo são classificados em diferentes níveis de acordo com a sua capacidade de reproduzir o voo real, culminando na classe D, o mais alto nível de certificação, o que significa que o simulador cumpre os requisitos mais rigorosos quanto à representatividade do voo real.

Diante do exposto, o presente trabalho defende que a realização dos voos da fase de decolagem e pouso do CEV-AF em um simulador de voo classe D aprimora o aprendizado dos alunos na instrução aérea.

Inicialmente, será mostrado que o uso do simulador de voo otimiza a instrução, visto que é possível alterar rapidamente as condições operacionais do voo simulado e realizar mais repetições ou novos ensaios em menor tempo, trazendo eficiência para a instrução aérea.

Posteriormente, será apresentado que a realização da fase de decolagem e pouso do CEV-AF em simulador propicia a oportunidade de expandir o escopo da instrução, uma vez que os dados gravados na sessão do simulador podem ser utilizados para uma análise mais aprofundada e para o enriquecimento do debriefing da missão, de maneira a aumentar a qualidade do aprendizado.

2 DESENVOLVIMENTO

Os simuladores oferecem diversas vantagens e são parte integrante dos programas modernos de treinamento em aviação. Dentre as vantagens de sua aplicação, destacam-se a eliminação do risco operacional e a redução do custo com horas de voo de treinamento (Williges; Roscoe; Williges, 2001, apud Myers III; Starr; Mullins, 2018). Porém, deve ser analisado com cautela até onde essa ferramenta pode ser empregada.

De acordo com Vitsas (2016), o uso de simuladores comerciais demonstrou-se uma ferramenta útil e de baixo custo para auxiliar em diversas partes da formação em ensaios em voo. Além disso, Cotting, McCue e Durham (2007) afirmam que o uso de simuladores demonstrou alto potencial ao ser aplicado no ensino de técnicas de ensaios em voo. Dessa forma, evidencia-se a possibilidade do uso de simuladores de voo no contexto do CEV-AF, tendo em vista que a utilização dessa ferramenta tem sido validada no campo do ensino de ensaios em voo.

Ainda deve ser levado em consideração que a realização da instrução em voo simulado não é um impeditivo para o cumprimento dos objetivos de aprendizagem almejados, visto que, em um simulador classe D, os alunos irão aplicar as técnicas ensinadas na teoria, da mesma forma que fariam um voo real. Os engenheiros alunos irão gerenciar o voo, bem como os pilotos alunos terão que executar as manobras

necessárias para a coleta de dados. Ou seja, serão atingidos todos os objetivos almejados previstos no Currículo Mínimo do CEV-AF, a ICA 37-355 (BRASIL, 2024).

2.1 A eficiência na instrução aérea

Segundo a OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2013, apud Blackmore *et al.*, 2014), a eficiência no contexto escolar refere-se ao atingimento dos objetivos educacionais declarados com o menor custo possível. Desse modo, uma instituição de ensino ou um curso é considerado mais eficiente se atingir os melhores resultados com um determinado conjunto de recursos, ou se obtiver resultados equivalentes usando menos recursos.

Dentro do contexto de ensino de ensaios em voo, a instrução aérea exige a repetição de determinados exercícios, geralmente em condições de voo distintas. Tendo em vista que os exercícios em discussão são referentes a decolagens e pousos, o tempo para reposicionamento em um voo real torna-se significativo. Em um cenário com restrições de segurança e de operação do aeródromo, percebe-se que seria normal gastar muito tempo de voo com os reposicionamentos e pouco com a missão propriamente dita.

Da Fonseca e Monteiro (2022) destacam a importância da utilização do simulador de voo no processo de ensino-aprendizagem para aviadores, pois validaram em seu estudo a praticidade e aplicabilidade do uso da simulação, como resposta de ensino e aprendizado eficientes e seguros. Segundo Santos e Silveira (2019, apud Da Fonseca; Monteiro, 2022), o uso do simulador permite um elevado grau de imersão, bem como possibilita a reprodução de ocorrências reais em voo, como condições climáticas variadas, modificações do vento, temperatura do ar e o peso na aeronave.

Ao ser aplicado na instrução aérea do CEV-AF, o simulador de voo permitiria alterar rapidamente características operacionais, como peso e centragem da aeronave, ou a pista onde está sendo realizado o ensaio em voo simulado. Ademais, com o simulador é possível explorar condições de voo que não podem ser controladas em um voo real, como, por exemplo, a meteorologia. Outrossim, a capacidade de realizar novas repetições com tempo de reposicionamento desprezível implica a possibilidade de efetuar mais exercícios e, conseqüentemente, aumentar o aprendizado, caso seja mantido o tempo dedicado à atividade.

Dessa forma, denota-se que as características de dinamicidade do simulador de voo são vantagens significativas para sua aplicação como ferramenta de ensino de ensaios em voo, por permitir que sejam realizadas mais repetições ou ainda exploradas variadas condições operacionais em um reduzido espaço de tempo, quando comparado ao voo real. Seguindo o conceito da OCDE supracitado e considerando o tempo como recurso, fica nítido o aumento da eficiência da instrução aérea.

Diante do exposto, evidencia-se a capacidade do simulador de voo de otimizar a instrução aérea da fase de decolagem e pouso do CEV-AF, tornando-a mais eficiente, de maneira a contribuir com o sucesso da missão de ensino.

2.2 O uso dos dados gravados na sessão do simulador

He *et al.* (2014) sustentam que o uso do simulador de voo para o treinamento de pilotos tem se tornado cada vez mais importante e que é preciso aproveitar os recursos da ferramenta para orientar e avaliar o processo de aprendizagem. Os autores concluem defendendo que o uso dos dados do voo simulado na instrução é muito benéfico para o treinamento.

De acordo com Sheets *et al.* (2022), o treinamento de um tripulante se completa no debriefing pós-voo, realizado entre o instrutor de voo e o aluno, que é uma revisão do voo usando observações e a memória coletiva de ambos. Fazendo um paralelo com o ensino de ensaios em voo, o debriefing torna-se ainda mais importante, visto que é cobrado dos alunos uma análise crítica dos resultados de ensaio recém-obtidos. Após a apresentação dos resultados pelos alunos, os instrutores comentam e explicam os acertos e os erros do voo e da análise apresentada no debriefing.

A respeito da utilização de dados no contexto de ensino, Attaran, Stark e Stotler (2018) versam sobre os benefícios que podem ser obtidos na educação superior e destacam o sucesso da implementação em diversas universidades. Visto que o CEV-AF é uma atividade de ensino, pode-se considerar que benefícios similares aos observados pelos autores serão atingidos com o emprego do simulador de voo e com o uso de seus dados gravados no contexto do presente trabalho.

Em uma missão de instrução de ensaios em voo realizada no simulador, os alunos teriam acesso aos dados gravados pelo simulador e poderiam utilizá-los em sua análise no debriefing, no lugar de anotações manuais realizadas durante cada exercício ou ponto de ensaio. Tal fato permitiria que, durante o voo simulado, o engenheiro aluno

dedicasse mais atenção ao gerenciamento dos pontos de ensaio e menos às anotações.

Além disso, por mais simples que seja o sistema de gravação do simulador, ele seria capaz de obter dados mais completos que aqueles anotados pelo aluno, devido à quantidade maior de parâmetros abrangidos e devido à taxa de aquisição, a frequência de gravação. Assim sendo, os dados gravados permitiriam uma análise mais aprofundada pelos alunos, enriquecendo o debriefing da missão.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A perda da exclusividade da aeronave utilizada anteriormente para a realização da fase de decolagem e pouso do CEV-AF criou óbices para a execução da referida instrução aérea, devido à dificuldade de coordenação para ter a aeronave à disposição e, ainda, em razão da redução da manutenção operacional das tripulações da aeronave, fato que eleva o risco operacional da fase de decolagem e pouso do CEV-AF.

Nesse contexto, foi apresentado que a utilização de um simulador de voo classe D em substituição ao voo real otimiza a instrução, pois essa ferramenta permite modificar rapidamente as condições operacionais do voo simulado, ou executar novas repetições dos pontos de ensaio com tempo de reposicionamento significativamente menor quando comparado ao voo real. A realização de mais ensaios em um menor espaço de tempo traz maior eficiência para a instrução aérea.

Ademais, mostrou-se que a realização da fase de decolagem e pouso do CEV-AF em um simulador de voo classe D propicia a oportunidade de expandir o escopo da instrução, visto que os dados gravados na sessão do simulador podem ser utilizados pelos alunos para uma análise mais aprofundada e para o enriquecimento do debriefing da missão, aumentando, assim, a qualidade do aprendizado.

Diante do exposto, verifica-se que a execução dos voos da fase de decolagem e pouso do CEV-AF em um simulador de voo classe D aprimora a instrução aérea, por torná-la mais eficiente, bem como expande seu escopo com o uso de dados gravados, contribuindo para um aprendizado mais completo dos alunos.

Por fim, destaca-se que a solução apresentada no presente trabalho está diretamente alinhada com a visão da Força Aérea Brasileira, no sentido de ser uma Força operacionalmente moderna. Na transição para a Força Aérea do Futuro, a

capacitação de seu efetivo é uma condição prioritária. Ao utilizar tecnologias modernas, aliadas a novos conceitos de operação, na formação de ensaios em voo, estes profissionais estarão mais aptos a atender às futuras demandas de testes nas aeronaves e nos sistemas embarcados dos novos tempos. Com isso, busca-se a prontidão operacional necessária para enfrentar os desafios que o domínio dos céus exigirá nas próximas décadas.

REFERÊNCIAS

ATTARAN, M.; STARK, J.; STOTLER, D. Opportunities and challenges for big data analytics in US higher education: A conceptual model for implementation. **Industry and Higher Education**, v. 32, n. 3, p. 169-182, 2018.

BLACKMORE, J. *et al.* **Effectiveness, efficiency and sufficiency**: An OECD framework for a physical learning environments module. 2014. Disponível em: <http://www.oecd.org/education/LEEP-Conceptual-Framework-2014.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2024.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. Portaria DCTA nº 215/DDO, de 6 de fevereiro de 2024. Aprova a reedição da Instrução que trata do Currículo Mínimo do Curso de Ensaios em Voo - Modalidade Asa Fixa, do Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo. (ICA 37-355). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, nº 031, f. 2055-2056, 15 fev. 2024.

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

COTTING, M. C.; MCCUE, L.; DURHAM, W. Simulator-based flight test engineering as a capstone to the dynamics and control curriculum. *In*: **45th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit**. 2007. p. 699.

DA FONSECA, M. M.; MONTEIRO, R. F. Simuladores de voo: A importância do seu uso para a formação do aeronauta. **Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas**, v. 2, n. 1, p. 79-104, 2022.

HE, X. Y. *et al.* Data Collection and Quality Assessment System for Flight Simulator. **Applied Mechanics and Materials**, v. 487, p. 649-652, 2014.

MYERS III, P. L.; STARR, A. W.; MULLINS, K. Flight simulator fidelity, training transfer, and the role of instructors in optimizing learning. **International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace**, v. 5, n. 1, p. 6, 2018.

SHEETS, D. *et al.* AVES: A data-driven approach for airman certification. *In*: **AIAA AVIATION 2022 Forum**. 2022. p. 3416.

VITSAS, P. A. Commercial simulator applications in flight test training. **Journal of Aerospace Engineering**, v. 29, n. 4, p. 04016002, 2016.