



APRENDIZAGEM COM PROJETO INTEGRADO NO DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE VOO EM MOCKUP DE CABINE DE HELICÓPTERO

LEARNING WITH INTEGRATED PROJECT IN THE DEVELOPMENT OF A FLIGHT SIMULATOR IN A HELICOPTER CABIN MOCKUP

Vinícius de Freitas Moreira | vinicius.moreira16@fatec.sp.gov.br | Faculdade Tecnologia São José dos Campos/SP

Renan Novaes Xavier | renan.xavier@fatec.sp.gov.br | Faculdade Tecnologia São José dos Campos/SP

Willian Henrique Santos Rocha | henriquewillian325@gmail.com | Faculdade Tecnologia São José dos Campos/SP

Santiago Martin Lugones | santiago.lugones@fatec.sp.gov.br | Faculdade Tecnologia São José dos Campos/SP

Luiz Alberto Nolasco Fonseca | luiz.nolasco@fatec.sp.gov.br | Faculdade Tecnologia São José dos Campos/SP

RESUMO

A formação de um profissional da área de gestão de manutenção de aeronaves precisa usar da tecnologia para conectar o mundos físico e analógico com o mundo virtual e digital. Por meio da aprendizagem com projetos integrados (API), os discentes e futuros profissionais da manutenção de aeronaves são desafiados a resolver problemas reais, propondo soluções técnica e economicamente viáveis tornando-se os principais protagonistas de seu aprendizado em atividades realizadas nos laboratórios e oficinas. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver e validar um simulador de voo acadêmico ajustado ao mockup de um helicóptero visando que os discentes experimentem aprender em um ambiente imersivo contribuindo assim na formação dos profissionais de manutenção das aeronaves. A metodologia adotada contou pesquisa em base dados e plataformas de publicações e normas técnicas, reforço da estrutura do mockup do helicóptero para receber público infantil, integração de *software* de simulação de voo de código aberto e suporte para integração com *hardware* externo com comandos de voo. Como resultado preliminares, o *mockup* e simulador foi validado em um evento acadêmico público com foco na formação infantil, cujo *feedback* foi positivo. Conclui-se que simuladores de voo são ferramentas essenciais na formação acadêmica e embora proporcionem um ambiente seguro para a prática de manobras e a familiarização da aeronaves há oportunidades, como a falta de sistemas de comunicação que podem ser sanadas em trabalhos futuros.

Palavras-chave: API. Manutenção de aeronaves. Mockup de helicóptero. Simulador de voo.

ABSTRACT

The training of a professional in aircraft maintenance management requires the use of technology to connect the physical and analog worlds with the virtual and digital worlds. Through learning with integrated projects (API), students and future aircraft maintenance professionals are challenged and validated to solve real problems, proposing technically and economically viable solutions, becoming the main protagonists of their learning in activities carried out in laboratories and workshops. The objective of this research was to develop and validate an academic flight simulator adjusted to a helicopter mockup, aiming at teaching flight techniques, providing an immersive and practical learning experience that contributes to the training of aircraft maintenance professionals. The adopted methodology included research in databases and platforms of publications and technical standards, reinforcement of the structure of the helicopter mockup to receive children, integration of open-source flight simulation software and support for integration with external hardware with flight controls. As preliminary results, the mockup and simulator were validated in a public academic event focused on children's training, whose feedback was positive. It is concluded that flight simulators are essential tools in academic training and although they provide a safe environment for practicing maneuvers and familiarizing themselves with aircraft, there are opportunities, such as the lack of communication systems that can be remedied in future work.

Keywords: API. Aircraft maintenance. Helicopter mockup. Flight simulator.

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem baseada em projetos tem se mostrado uma abordagem eficaz especialmente em áreas de alta complexidade, como atividades de manutenção. Neste sentido desenvolver um simulador de voo utilizando um *mockup* de cabine de helicóptero possibilita aos alunos vivenciarem desafios práticos, promovendo a interdisciplinaridade e a colaboração.

O principal objetivo deste projeto é proporcionar aos estudantes uma experiência de aprendizado integrada, combinando conhecimentos de eletrônica, programação, mecânica e aerodinâmica para criar um simulador de voo funcional para estimular a criatividade simulando condições reais da aviação. O uso de simuladores como ferramentas educacionais tem se consolidado como uma estratégia pedagógica relevante no cenário da interação humano máquina (Moura; Moura, 2019).

O avanço tecnológico dos recursos computacionais disponíveis tem possibilitado experiências de aprendizagem mais dinâmicas e interativas, favorecendo o engajamento dos estudantes. A implementação de simuladores desde as fases iniciais da formação em Manutenção de Aeronaves proporciona uma série de vantagens, possibilitando desenvolver competências técnicas e práticas essenciais, adquirir uma compreensão sistêmica dos conceitos fundamentais e fortalecer a conexão entre teoria e prática.

A inserção estratégica dos simuladores no processo educativo contribui para um ambiente de aprendizagem mais imersivo e estimulante, despertando o interesse dos alunos e promovendo um aprendizado mais eficaz e duradouro. Além disso, essa abordagem favorece o aprimoramento de habilidades fundamentais para o exercício profissional colaborativo, aspectos indispensáveis para a atuação na área.

A implementação de simuladores no contexto educacional demanda investimentos substanciais e a articulação de parcerias estratégicas com órgãos governamentais e instituições privadas, visando assegurar sua disponibilidade e acessibilidade aos estudantes. A exploração de alternativas baseadas em materiais de menor custo, bem como o suporte de entidades especializadas, pode viabilizar a adoção dessas tecnologias, promovendo a inclusão e a modernização do processo de formação.

Em síntese, a incorporação de simuladores na capacitação de tecnólogos em Manutenção de Aeronaves contribui para um ambiente de aprendizagem mais enriquecedor e estimulante, ampliando a qualificação dos estudantes e preparando-os para os desafios práticos da profissão (Costa *et al.*, 2025).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A crescente necessidade de profissionais certificados e altamente qualificados em diversas áreas, aliada à importância da aplicação prática dos conceitos teóricos, tem consolidado o uso de simuladores como ferramentas essenciais no aperfeiçoamento contínuo do processo de aprendizagem (Cardoso, 2019).

No contexto da aviação, embora o voo seja frequentemente reduzido às etapas de decolagem e pouso, a preparação e a manutenção aeronáutica desempenham um papel crucial antes dessas fases. Uma execução eficiente das atividades pré-voo, equipes multidisciplinares especializadas assumem a responsabilidade por cada aspecto desse processo. A formação continuada em ambientes simulados possibilita desenvolver uma compreensão mais aprofundada sobre o comportamento da aeronave em testes realizados em ambiente controlado.

Lawn (1998) destaca que a experiência adquirida pelos pioneiros da aviação levou à criação dos primeiros simuladores de voo. Essa abordagem, associada à implementação de estratégias eficazes de gerenciamento e minimização dos riscos e ao cumprimento de rigorosos padrões de segurança, contribui significativamente para o aprimoramento da eficiência e da segurança no setor aeronáutico., concebidos com o propósito de otimizar o treinamento em solo das equipes, garantindo maior preparo dos futuros profissionais.

A imersividade dos simuladores e os avanços tecnológicos em plataformas tridimensionais, como os softwares X-Plane e Flight Simulator, possibilitaram representações mais precisas das condições operacionais das aeronaves, tanto em voo quanto em solo, potencializadas pela integração de *hardwares* de baixo custo, como o Arduíno em projetos multidisciplinares, viabilizando a construção e a incorporação de simuladores nas atividades práticas do currículo do curso de Manutenção de Aeronaves (Coelho *et al.*, 2017).

A incorporação de simuladores de voo como recurso didático na formação de tecnólogos em Manutenção de Aeronaves contribui significativamente para a qualificação profissional, proporcionando aos estudantes a oportunidade de desenvolver experiência prática em um ambiente controlado. Essa abordagem é essencial para prepará-los para situações reais do cotidiano laboral, além de reforçar dois elementos fundamentais na prevenção de incidentes aeronáuticos provindos do estresse ou fadigas relacionados ao fator humano (Silva *et al.*, 2024).

Coelho *et al.* (2017) ressaltam a importância de buscar estratégias que favoreçam um ensino-aprendizagem mais interdisciplinar, dinâmico e estimulante, criando ambientes propícios à aquisição do conhecimento. Essa abordagem enfatiza que métodos tradicionais promovam uma experiência educacional mais envolvente e significativa. Dessa forma, a implementação de tecnologias de simulação contribui para despertar a curiosidade, fortalecer a interação e aprimorar o desenvolvimento integral dos estudantes ao longo de sua formação.

2.1 SIMULAÇÃO DE VOO

Conforme destacado por Law e Kelton (1991), os simuladores desempenham um papel essencial na transposição da teoria para a prática possibilitando. Os simuladores de voo são amplamente utilizados no treinamento de profissionais da aviação, reproduzindo com alta fidelidade os ambientes operacionais das aeronaves.

Em sua concepção, esses dispositivos são projetados como réplicas em escala real das cabines de pilotagem, integrando todos os sistemas e instrumentos essenciais. Essa tecnologia permite a simulação detalhada de procedimentos tanto em solo quanto em voo, dentro de um ambiente controlado e seguro. Atualmente, os simuladores podem ser classificados em duas categorias principais: fixos, focados na simulação de sistemas e funcionamento operacional, e móveis, que incorporam movimentação tridimensional para oferecer uma experiência sensorial mais imersiva e realista aos usuários (Law; Kelton, 1991).

O aprimoramento contínuo de plataformas como o *Microsoft Flight Simulator* e o *Laminar Research X-PLANE* tem impulsionado sua popularidade entre entusiastas e profissionais da aviação. Embora esses produtos priorizem a fidelidade operacional e a qualidade gráfica, em detrimento de um enfoque educacional estruturado, ainda oferecem benefícios significativos para a aplicação

prática da teoria (Moura *et al.*, 2021; Eler; Tavares, 2017).

Segundo Fontes e Fay (2016) na capacitação de profissionais da aviação abordagens em ambiente simulados enriquecem a qualificação técnica dos profissionais e mitigam riscos, promovendo maior confiabilidade nas operações aeronáuticas, quando experimentados sem riscos aos diversos fatores e seus níveis de excelência (Moura *et al.*, 2024).

2.2 EGRESSOS DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES

A capacitação de profissionais na área de manutenção, a competência dos tecnólogos são normatizados e orientados pelo Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) abrangendo exigências educacionais, experiência prática e conhecimentos técnicos indispensáveis para obtenção de licenças e certificações no Brasil (ANAC, 2018; Fontes; Fay, 2016).

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste estudo foi estruturada em duas etapas distintas. A primeira delas segue uma abordagem qualitativa fundamentada em revisão bibliográfica, abordando temas centrais (Brandão, 2001).

No âmbito educacional a abordagem são determinadas exclusivamente pelas exigências científicas, que requerem uma estrutura coerente, consistência argumentativa, originalidade e um nível adequado de objetivação, atributos fundamentais para sua validação no meio acadêmico (Triviños, 1987).

A revisão bibliográfica constitui um recurso essencial para fundamentar a pesquisa, proporcionando embasamento teórico consistente. Deve-se verificar possíveis discrepâncias ou contradições nos dados obtidos, assegurando uma investigação rigorosa e precisa que contribua para a compreensão dos benefícios no processo educacional (Prodanov; Freitas, 2013).

A parte seguinte de execução do projeto contou com “mãos à obra” que possibilitou uma compreensão mais aprofundada dos impactos e benefícios práticos proporcionados pelo planejamento, preparo e desenvolvimento de um *mockup* como simulador na formação dos profissionais da aviação com a criação de uma equipe multidisciplinar conforme Figura 1.

Figura 1 | Equipe multidisciplinar para a preparativos e adequação do *mockup*.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

3.1 PRIMEIRA FASE

- ✓ Pesquisar e compreender os princípios do funcionamento do simulador;
- ✓ Desenvolver práticas para reforço do *mockup*;
- ✓ Criar e testar um *mockup físico da cabine, incluindo* reforço no assoalho;
- ✓ Instalar chapas no assoalho para receber o público em geral;
- ✓ Treinar os discentes na prática e teoria de simulação de voo.

Na Figura 2 é ilustrado o *mockup* do helicóptero usado como base e adequado para ser um simulador de voo, a remoção da parte superior e início do trabalho de reforço no assoalho do *mockup*.

Figura 2 | Preparativos, desmonte parte superior e início reforço do assoalho do *mockup*.



Mockup de helicóptero em fibra



Remoção da parte superior do mockup



Preparativos para reforçar o assoalho do mockup

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

3.2 SEGUNDA FASE

- ✓ Montagem do *mockup* da cabine;
- ✓ Instalar assentos do piloto e painel;
- ✓ Controles de voo;
- ✓ Sistemas de iluminação e acústica para maior imersão.

Na Figura 3 é ilustrado a montagem da parte superior da cabine, reforço do assoalho e instalação dos assentos seguidos de uma verificação e final da parte estrutural do *mockup* reforçada.

Figura 3 | Montagem, assoalho reforçado e instalação dos assentos seguida de verificação final.



Montagem parte superior da cabine



Reforço do assoalho



Instalação dos assentos



Verificações finais do mockup

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

3.3 TERCEIRA FASE

- ✓ Instalar monitores, controles interativos e visualização dos parâmetros de voo;
- ✓ Simulador finalizado pronto para ser usado pelos alunos.

Na Figura 4 é ilustrado a instalação das telas, controles interativos e entrega do simulador finalizado.

Figura 4 | Montagem, assoalho reforçado e instalação dos assentos seguida de verificação final.



Painel de controle da cabine



Testes de simulação



Simulador montado e pronto para ser usado pelo alunos



Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SIMULADOR PORTÁTIL E PRIMEIROS TESTES

Como resultado foi desenvolvido um simulador que foi ajustado e com portabilidade, fácil e instalação prática que atingisse um número usuários sem falhar. Na Figura 5 é ilustrado a portabilidade, estética e interatividade com alunos e público em geral.

Figura 5 | Portabilidade e mobilidade e voos simulados por alunos e público em geral.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Como habilidade técnica o engajamento no aprendizado prático aumentou o interesse dos estudantes ao se prontificarem serem protagonistas na resolução de problemas e assim desenvolverem habilidades analíticas ao lidar com desafios técnicos (Benevides *et al.*, 2024; Antônio *et al.*, 2024).

4.2 ATENDIMENTO DOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

A ODS número 4 dedica-se à Educação de Qualidade assegurando acesso a uma educação inclusiva fomentando a possibilidade de aprendizado. A ODS 17 trata de parcerias e meios de implementação enfatizando a colaboração para o avanço e concretização por meio de alianças e da cooperação, como no evento adêmico do 8º *Science Days* ocorrido nos dias 13 e 14 de março de 2025, em São José dos Campos-SP aberto ao público em geral (Sousa *et al.*, 2024).



Validação do Simulador no 8º Science Days ocorrido nos dias 13 e 14 de março de 2025, no Vale Sul Shopping em São José dos Campos-SP com base nas ODSs número 4 e 17.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *mockup* de cabine de helicóptero representou uma oportunidade singular de aprendizado prático e integrado. A abordagem baseada em projetos não apenas ensina conceitos técnicos, mas também prepara os alunos para desafios reais do setor aeronáutico, tornando-os profissionais mais qualificados e inovadores.

A aprendizagem com projeto integrado (API) emergiu como uma abordagem pedagógica poderosa, capaz de fomentar as competências técnicas e emocionais destacando-se na formação de indivíduos altamente capacitados.

A abordagem de aprendizagem baseada em projetos integrados vai além da mera assimilação de conceitos teóricos, envolvendo os estudantes em desafios complexos e autênticos em que os alunos colaboram na execução de um projeto concreto, aplicando conhecimentos adquiridos em diferentes disciplinas para alcançar um objetivo prático.

Dessa forma, o emprego de simuladores de voo no contexto educacional não apenas enriquece a formação acadêmica, mas também prepara os futuros profissionais para os desafios reais da indústria aeronáutica, o que favorece o engajamento dos alunos, fortalece o aprendizado significativo e fomenta a resolução de problemas. No entanto, para que essa estratégia seja efetiva, é imprescindível considerar os investimentos necessários e consolidar parcerias que assegurem a implementação sustentável dos simuladores no contexto educacional.

Conclui-se que o API proporciona um contexto rico e desafiador para a aplicação de conhecimentos teóricos, o desenvolvimento de habilidades técnicas e socioemocionais essenciais na preparação para os desafios do mundo real. Ao adotar essa abordagem pedagógica inovadora, as instituições de ensino podem impulsionar a excelência na formação futura.

REFERÊNCIAS

- ANAC. IS 141-002A: Manual do curso de Mecânico de Manutenção Aeronáutica. 2018b. Disponível em <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2018/10/anexo-vi-is-no-141-002-revisao-b>. Acesso em: 28 ago. 2023
- ANTÔNIO M. R., REGINA, O. M., GOUSSAIN, B. G. C. S., SILVA, M. B. (2024). Neuroergonomics approach in the workplace aiming to standardize movements and increase workers' sense of well-being. 24(10), 472–482. <https://doi.org/10.53660/CLM-3313-24H27>
- BENEVIDES, M. P.; XAVIER, K. R. S. L.; *et al.* (2024) Sign Talk Assistive Technology: real-time recognition of the libras typical alphabet using artificial intelligence. RGSA, v. 18, n. 12, p. e010610, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n12-214>
- BRANDÃO, Z. A dialética macro/micro na sociologia da educação. In: Caderno De Pesquisa, São Paulo, SP, n. 113, p. 153-165, 2001.
- CARDOSO, R. A. A. N. Aplicação de tecnologias no processo de ensino e aprendizagem da educação profissional técnica. Ensino em Foco, v. 2, n. 4, p. 137-147, 2019.
- COELHO, M. H.; SARTOR, M.; MANENTE, M. T.; FRIGO, L. B. e POZZEBON, E. Tecnologia, Inovação e Educação: Caminhando Juntas para o Desenvolvimento de Smart Cities. In: REVISTA NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO – UFRGS. v.15, n. 2, 2017.
- COSTA, J. C. L.; SANTOS, D. F. A.; OLIVEIRA, M. R. de; MOURA, R. A. 2025. Aprendizagem com solução de problemas reais para aprimoramento discente na injunção socioprofissional. Contribuciones Las Ciencias Sociales, [S. l.], v. 18, n. 2, p. e15288, 2025. DOI: 10.55905/revconv.18n.2-100.
- ELER, E.; TAVARES, O. Assistentes de Aprendizagem em Simuladores de Voo. In: Brazilian symposium on computers in education (simpósio brasileiro de informática na educação – SBIE). 2017. p. 917.
- FONTES, R. S. e FAY, C. M. Formação por competência: discutindo a formação de pilotos no Brasil. Cadernos de Pesquisa, v. 46, p. 1148-1170, 2016.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. Simulation modeling and analysis. 2ª.ed. Singapore: Mc-Graw Hill International Editions, 1991.
- LAWN, P. The Enhancement of a Flight Simulator System with Teaching and Research Applications. 1998. Master's Dissertation, The Department of Mechanical Engineering, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada.
- MOURA, J. L.; MOURA, R. A. (2019). Interação humano-máquina no sistema produtivo da indústria 4.0 visando aumentar a produtividade e reduzir lesões por esforços repetitivos. Fatec de São José dos Campos/SP. DOI: <https://doi.org/10.37619/issn2447-5378.v1i6.213.217-227>
- MOURA, R., MARQUES, D., COSTA, J., & SILVA, M. (2021). A urbanidade da higiene ocupacional na era digital e o negacionismo social da antecipação e prevenção. 2021. Sodebras 16(184), 29-33. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.184.29>
- MOURA, R. A. DE, SANTOS, D. F. A., GOUSSAIN, B. G. S., OLIVEIRA, M. R. DE, & SILVA, M. B. (2024). Design of Experiments (Doe) for non-specialists in statistics in the food industry: trials with popcorn. RGSA, 18(10). <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n10-229>
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

SILVA, E. A.; CAMARGO, A. A.; SILVA, M. B.; MOURA, R. A. (2024). Neuroergonomía y Tecnologías inmersivas para lograr un envejecimiento saludable sin dolor y además sin ortesis. Revista Exatas. V.30. UNITAU. DOI: <https://doi.org/10.69609/1516-2893.2024.v30.n2.a3916>

SOUSA, V. J. DE RICHETTO, M. R. S., MOURA, R. A. DE, OLIVEIRA, M. R. DE, & SILVA, M. B. (2024). Analysis of management practices in a non-governmental organization. Revista De Gestão Social E Ambiental, 18(11), e09646. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n11-045>

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

“O conteúdo expresso no trabalho é de inteira responsabilidade dos Autores.”

