

**JOGOS DE SIMULAÇÃO DE VOO: UMA FERRAMENTA EM POTENCIAL PARA O TREINAMENTO ADICIONAL NA PADRONIZAÇÃO DE PILOTOS****Moisés Alves de Castro Paiva<sup>1</sup>****Tammyse Araújo da Silva<sup>2</sup>****RESUMO**

Com o avanço tecnológico em incontáveis campos, os jogos se fazem mais presentes na área pedagógica, entre outras, por proporcionarem um ensino lúdico e, conseqüentemente, produzirem melhores experiências de aprendizado. Com isso em mente, a pesquisa se aprofundou nos jogos de simulação de voo com o objetivo averiguar se eles podem ser utilizados como ferramenta de estudo e treinamento da padronização de pilotos. Para tanto, utilizou-se uma abordagem metodológica qualitativa-quantitativa de natureza básica e objetivos descritivos, por meio de procedimentos bibliográficos, documentais e dois estudos de caso de acidentes aéreos. Com o estudo, verificou-se que quase um quarto das ocorrências aeronáuticas registradas entre 2012 e março de 2023 tiveram como fatores contribuintes o “julgamento de pilotagem” e a “aplicação de comandos” e que a investigação oficial desses casos apontou para a falta de padronização dos pilotos e gerou, entre outras recomendações, a possibilidade de treinamento em simulador de voo. O fator “indisciplina de voo” também demandou padronização nas operações e uso de simuladores. Após analisar duas destas ocorrências, constatou-se que os resultados das investigações reforçavam operações padronizadas e treinamento em simuladores de voo como métodos preventivos de acidentes em circunstâncias similares. O estudo concluiu que os jogos de simulação, em razão de sua acessibilidade, reprodução realística e possibilidades de imersão em cenários com diferentes problemas e soluções, podem complementar o treinamento em simuladores homologados, tornando-se ferramentas potenciais de ensino para a padronização de pilotos.

**Palavras-Chave:** Jogos de simulação; Simulador de voo; Treinamento; Padronização; Segurança de voo.

<sup>1</sup> Graduando em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Agente de Aeroporto da LATAM Airlines Brasil no Aeroporto Internacional Santa Genoveva em Goiânia. Piloto Privado de Avião. E-mail: [alvesmoises2001@gmail.com](mailto:alvesmoises2001@gmail.com) [moises.paiva@latam.com](mailto:moises.paiva@latam.com)

<sup>2</sup> Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Graduada em Ciências Aeronáuticas pela UnisulVirtual. Professora da Escola Politécnica e de Artes no curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. EC-PREV pelo CENIPA. Credenciada no SGSO pela ANAC e pela Infraero. E-mail: [tammyse@hotmail.com](mailto:tammyse@hotmail.com) [tammyse@pucgoias.edu.br](mailto:tammyse@pucgoias.edu.br)

## **FLIGHT SIMULATION GAMES: A POTENTIAL TOOL FOR ADDITIONAL TRAINING IN PILOT STANDARDIZATION**

### **ABSTRACT**

*With the technological advancement in countless fields, games are more present in the pedagogical area, among others, once they provide playful teaching and, consequently, produce better learning experiences. With that in mind, the research investigated the flight simulation games in order to find out if they can be used as a study and training tool for pilot standardization. To do so, a qualitative-quantitative methodological approach of a basic nature and descriptive objectives was used, through bibliographic and documental procedures and two case studies of air accidents. With the study, it was verified that almost a quarter of aeronautical occurrences registered between 2012 and March 2023 had as contributing factors the “piloting judgment” and the “commands application” and that the official investigation of these cases pointed to the lack of standardization of pilots, and resulted, among other recommendations, the training in flight simulators. The “flight indiscipline” factor also demanded standardization in operations and use of simulators. After analyzing two of these occurrences, it was found that the investigations results reinforced standardized operations and training in flight simulators as accident prevention methods in similar circumstances. The study concluded that simulation games, due to their accessibility, realistic reproduction and immersion possibilities in scenarios with different problems and solutions, can complement training in approved simulators, becoming potential teaching tools for the standardization of pilots.*

**Keywords:** *Simulation games; Flight simulator; Training; Standardization; Flight safety.*

## **1 INTRODUÇÃO**

Desde a sua criação, os jogos de simulação de voo têm evoluído significativamente ao longo dos anos, tornando-se cada vez mais realistas (BIANCHINI, 2015) e acessíveis ao público (AIRES, 2022). Em razão disso, gradativamente são reconhecidos como uma ferramenta de apoio benéfica para os estudos e aprendizagem de pilotos (ALMEIDA; CORREA, 2017). Diante de uma sociedade altamente informatizada, o baixo custo, se comparado à experiência real, e a forma lúdica que eles proporcionam na hora de aprender são características que podem contribuir para sua aceitação na área pedagógica.

A partir dessas considerações, este estudo tem como objetivo verificar o potencial dos jogos de simulação de voo para aperfeiçoar os treinamentos de pilotos voltados à padronização. Com a finalidade de alcançar os objetivos propostos, a pesquisa adotou uma metodologia de natureza básica, quantitativa-qualitativa (quali-quantitativa), com objetivos descritivos e procedimentos bibliográfico, documental e de estudo de caso. São fontes de estudo pesquisadores como Baladez, Almeida, Correa, Ribeiro, entre outros autores, assim como sites do CENIPA, da ANAC e de programas de jogos de simulação de voo.

Quanto à sua estrutura, o texto está dividido em quatro seções. A primeira apresenta os jogos de simulação e suas potencialidades para o ensino. A segunda esboça os procedimentos metodológicos. Já a terceira descreve os resultados, destacando o treinamento de pilotos, a padronização nas operações aéreas, as ocorrências aeronáuticas e dois estudos de caso específicos. Por fim, as considerações finais são manifestadas.

## **2 REVISÃO TEÓRICA**

De acordo com Baladez (2009), a utilização da simulação como ferramenta para o ensino foi impulsionada na Segunda Guerra Mundial. Nesse período, a Marinha e o Exército estadunidenses utilizavam computadores para cálculos

balísticos que simulavam lançamento de mísseis. Na década de 1950, os simuladores computacionais desenvolvidos à época ainda se voltavam para fins militares, rodando *softwares* puramente textuais; além disso, tinham grandes dimensões e eram lentos, complementa o autor.

No entanto, ao longo dos anos, os *softwares* foram gradualmente sendo melhorados na medida em que a tecnologia da área computacional também era aprimorada, até que foi possível, no início da década de 1980, utilizá-los como simulação de voo (BIANCHI, 2020) via jogos de simulação capazes de permitir a exploração do ambiente aeronáutico frente ao seu realismo (ALMEIDA; CORREA, 2017). A história dos jogos de simulação, os modelos e suas principais características são a seguir descritos.

## 2.1 HISTÓRICO E MODELOS DOS JOGOS DE SIMULAÇÃO

Segundo Baladez (2009, p. 29), “até a década de 1970 a construção de simuladores era algo extremamente caro”, e, por esta razão, seu uso era praticamente de exclusividade das grandes empresas e universidades. Essas instituições precisavam de pessoal especializado para a construção, programação do equipamento e criação do conteúdo que seria simulado, com expertise suficiente para criar eventos que ocorressem de acordo com a realidade ou o mais próximo possível dela. Assim, ao final da década de 1970, para resolver problemas de segurança e otimizar a produção, linhas de montagem de automóveis já utilizavam a simulação.

Nessa mesma década, programas voltados à simulação de voo começaram a ser criados, até que, em 1979, foi lançado pela subLOGIC o programa *Flight Simulator (FS)*<sup>1</sup> para os computadores *Apple II* e, deste protótipo, outros foram desenvolvidos ao longo dos anos. Em 1982, a subLOGIC, em parceria com as empresas Atari, IBM<sup>2</sup> e *Microsoft*, lançou uma versão oficial mais completa que podia ser instalada em outros aparelhos, além do *Apple II* (RIBEIRO, 2020). Em

<sup>1</sup> Simulador de voo.

<sup>2</sup> *International Business Machines*.

seguida, a *Microsoft* comprou os direitos do programa da subLOGIC, passando a financiá-lo e comercializá-lo (BIANCH, 2020).

De acordo com Bianch (2020), até o final da década de 1980, algumas versões do FS foram comercializadas, como a 2.0 (de 1984), a 3.0 e a 3.1 (ambas de 1988), sendo que estas duas últimas inovaram com gráficos 3D e *hardwares* de aceleração. A mesma fonte complementa que, com a criação do *Windows 95*, outras versões foram desenvolvidas especialmente para esse programa, a saber, os FS95 (de 1996), FS98 (de 1997) e FS2000<sup>3</sup> (de 1999).

Cabe ainda anotar que nesse período houve um salto tecnológico nos computadores, impulsionado, sobretudo, pelo *Windows 95*. Isso permitiu que os modelos de FS também evoluíssem em termos de gráficos, aeronaves, sons e realismo. Em seguida, motivadas pela evolução tecnológica dos anos 2000, vieram outras versões melhoradas, como os FS2002 (de 2001), FS2004 (de 2003) e FSX (de 2006). Tais modelos incluíram o controle de tráfego aéreo, copiloto, cabine 3D, nuvens realistas, meteorologia real, além de o programa ter se tornado mais leve para processamento nos computadores da época (BIANCH, 2020).

Após 14 anos desde o último lançamento da franquía, em 2020, a empresa lançou o *Microsoft Flight Simulator*. Este *software* incorporou, em escala natural, paisagens realistas do mundo inteiro, baseadas em imagens de satélite carregadas em nuvem. Isto permitiu que o usuário do programa pudesse realizar voos virtuais de qualquer lugar do globo (ASOBO STUDIO, 2020).

Dados divulgados pela *Microsoft* demonstram que foi o título que cresceu mais rapidamente. Apenas quatro meses após seu lançamento, já contava com mais de 2 milhões de usuários, que, juntos, efetuaram mais de 50 milhões de voos e voaram mais de 3,5 bilhões de milhas. Essa distância é equivalente a 19 viagens de ida e volta da Terra ao Sol, ou a dar a volta ao mundo por mais de 400 mil vezes (NEUMANN, 2020). Os mais de 40 prêmios e indicações testificam o sucesso do *software*, que ganhou um importante prêmio de melhor jogo de simulação/estratégia do ano de 2020 na *The Game Awards* (ASOBO STUDIO, 2021).

---

<sup>3</sup> *Flight Simulator 2000*.

No mercado, são quatro os modelos de jogos de simulação de voo mais utilizados: *Prepar3D* (PREPAR3D, 2020), *X-plane* e os já mencionados *Flight Simulator X* e *Microsoft Flight Simulator*, cada um com suas características e público-alvo específico. Além desses, há um jogo de simulação de voo voltado para a área militar, o *Digital Combat Simulator World*.

Sobre o *Prepar3D*, este foi desenvolvido pela empresa estadunidense Lockheed Martin, que lançou sua primeira versão em 2010, utilizando como base a tecnologia já existente do *Flight Simulator X*. Portanto, o *Prepar3D* é uma versão melhorada do FSX, com o objetivo de torná-lo um aplicativo de treinamento para profissionais educacionais, civis, militares e de aviação. Em 2011, foi lançada a versão 1.1, trazendo recursos que o permitiram ser certificado pela Administração Federal de Aviação (FAA)<sup>4</sup> dos Estados Unidos da América. Nos anos seguintes, de 2012 a 2017, houve atualizações do programa. Sua última versão foi lançada em 2020, o *Prepar3D v5* (PREPAR3D, 2020). Atualmente, o modelo mais moderno é o *Prepar3D 5.4*, que apresenta melhorias em termos de desempenho, estabilidade e usabilidade da plataforma (PREPAR3D, 2023).

O *X-Plane*, criado pela norte-americana *Laminar Research*, teve a sua primeira versão no início dos anos 1990 e, igual aos outros modelos do mercado, foi sendo aperfeiçoado com os anos. Um diferencial do *X-Plane* foi o seu realismo em termos de física do simulador, cuja dinâmica do voo captava a influência das forças atuantes em cada área da estrutura da aeronave, permitindo uma simulação muito próxima do voo real (BIANCHINI, 2015).

A versão mais atualizada da plataforma é o *X-Plane 12*, lançado em 2022, que apresenta renderização de água, florestas e vegetação (em 3D); efeitos sazonais (conforme estação do ano) e meteorológicos; aperfeiçoamento das cores e contrastes; sons ambientes; acréscimo de aeroportos e aeronaves, entre outros recursos e aprimoramentos que tornam a experiência simulada bem similar à realidade (X-PLANE, 2023).

Vale pontuar, ainda, que os programas mais atuais de simulação de voo estão implementando uma tecnologia capaz de permitir que qualquer celular com

---

<sup>4</sup> *Federal Aviation Administration*.

acesso à internet possa utilizá-los sem se preocupar se o *hardware* será suficiente para rodá-lo, pois todos os dados serão carregados via nuvem, tornando-o mais acessível (AIRES, 2022). Cabe anotar que os programas *Flight Simulator X*, *Prepar3D* e *X-Plane* são certificados e utilizados pela FAA e que a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) também certificou o *X-Plane* para uso no Brasil (ALMEIDA; CORREA, 2017).

Do exposto, em virtude das características desses programas de jogos simulação de voo, capazes de reproduzir o ambiente real com fidelidade e de ser acessados com facilidade – possibilitando aos pilotos treinarem manobras de voo e suas reações imersos em diferentes cenários – é possível analisá-los sob a ótica do ensino- aprendizagem, sendo este o tema do próximo subitem.

## 2.2 JOGOS DE SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Os jogos digitais estão gradativamente ocupando seu espaço na área pedagógica, em virtude da demanda de atuais gerações de pessoas imersas em uma cultura totalmente digital (ALVES, 2008). Os dados obtidos pela empresa Newzoo, referência global em dados de mercado de jogos, pesquisas e consultoria, comprovam o crescimento dos jogos digitais. De acordo com as pesquisas, a indústria global de jogos movimentou US\$ 175,8 bilhões em 2021, e é previsto que, até o final de 2023, alcance mais de US\$ 200 bilhões (PACETE, 2022). Este setor abarca mais da metade do valor da indústria global de entretenimento, sendo maior que os mercados de cinema e música juntos (WAKKA, 2021).

No entanto, o promissor mercado dos jogos digitais se difere, na prática, dos jogos de simulação em termos de propósito e de sequência de eventos. O propósito dos jogos digitais é estimular competições entre os usuários em busca da vitória, enquanto os de simulação é incentivar a execução de tarefas e o cumprimento de papéis profissionais conforme a realidade. Já a sequência de eventos ocorre de forma linear nos jogos digitais e de forma não linear nos de simulação (GREDLER, 1996). Nestes, por exemplo, ao realizar dois voos simulados

em um mesmo trecho, podem ser apresentados problemas diferentes para serem resolvidos, mostrando que os jogos de simulação são imprevisíveis de modo similar a vida real (BIANCHINI, 2015).

Entende-se, portanto, que os jogos de simulação servem como ferramentas para a aprendizagem, uma vez que não se limitam somente a representar a realidade, mas também são dotados de mecanismos e processos que ocorrem para que determinado fenômeno aconteça, servindo como um meio de estudo para testar teorias científicas e reforçar o aprendizado (MIGLINO *et al.*, 2007). Desfrutar de um mundo virtual desenvolvido é o que torna a simulação um objeto tão poderoso para o aprendizado, pois com ela os alunos são levados a experimentar e a vivenciar as realidades que foram ensinadas nos livros, facilitando o entendimento de assuntos complexos por meio dessas experiências (SHAFFER *et al.*, 2005). Os mesmos autores (p. 5) afirmam ainda que “os mundos virtuais dos jogos são poderosos porque tornam possível desenvolver a compreensão situada”.

Para exemplificar, uma pesquisa realizada com alunos e instrutores do Aeroclube de São Paulo demonstrou quais são os pontos positivos na utilização de jogos de simulação junto com o treinamento prático, sendo os principais a ambientação e a posição dos painéis e dos controles, uma vez que os jogos exibem, por meio de imagens, o ambiente real de uma aeronave, proporcionando uma melhor familiarização com o ambiente. Os alunos ainda concluem que, ao transmitir informações acerca do funcionamento dos instrumentos dos painéis e da finalidade de vários sistemas, os jogos de simulação representam uma ferramenta benéfica para complemento das teorias previamente vistas (ALMEIDA; CORREA, 2017).

Cabe ainda acrescentar que os jogos de simulação apresentam uma vantagem frente aos simuladores de voo homologados já conhecidos para os treinamentos dos pilotos: a sua acessibilidade. Como menciona Aires (2022), o acesso a esses *softwares* é possível, como já mencionado, até mesmo de um celular logado à internet. Como visto, as últimas versões dos programas estudados permitem ao usuário treinar, a partir de qualquer lugar, uma manobra, um procedimento específico ou se habituar a algum modelo de aeronave (ASOBO

STUDIO, 2020; X-PLANE, 2023; PREPAR3D, 2023). Diferentemente, o acesso aos simuladores homologados ocorre durante *Jet Training* ou o treinamento para outra certificação, sendo necessário, segundo a ANAC (2023a), ser realizado em um dispositivo de treinamento aprovado pela agência reguladora, com instrutor devidamente habilitado e qualificado por ela.

Assim, os jogos de simulação de voo permitem a exploração do ambiente aeronáutico devido ao seu realismo e são reconhecidos por serem uma ferramenta acessível, graças ao seu baixo custo quando comparado com o valor da experiência real (ALMEIDA; CORREA, 2017).

A partir do contexto descrito, o estudo apresentará, na próxima seção, os procedimentos metodológicos adotados que possibilitaram a busca por investigar o potencial dos jogos de simulação como uma ferramenta de padronização de pilotos. Em seguida, os resultados obtidos com a pesquisa são delineados, bem como suas análises.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de uma pesquisa de natureza básica, quantitativa-qualitativa, com objetivos descritivos e procedimentos bibliográfico, documental e de estudo de caso. Os sujeitos do estudo foram definidos como: jogos de simulação e seu potencial para a padronização do treinamento de pilotos e as ocorrências aeronáuticas brasileiras, estabelecendo uma relação entre os dois. Para a definição do ambiente de estudo, foram selecionados o Periódico CAPES, o *Google Academics* e site oficiais.

Para a coleta de dados, o estudo buscou, além da literatura pertinente, avaliar as informações contidas no Painel SIPAER<sup>5</sup>. Foram apuradas as

---

<sup>5</sup> O Painel SIPAER é uma ferramenta interativa de visualização dos índices de ocorrências aeronáuticas registrados no período de 10 anos (CENIPA, 2023). A visualização dos dados (em gráficos e tabelas) podem ser alterados na medida em que o usuário aplica filtros à sua escolha.

ocorrências aeronáuticas (acidentes<sup>6</sup>, incidentes graves<sup>7</sup> e incidentes<sup>8</sup>) disponibilizadas pelo Painel no período entre 2012 e março de 2023, considerando todos os segmentos. Em seguida, selecionaram-se aquelas que resultaram em recomendações de segurança relacionadas à melhoria do treinamento dos pilotos, sobretudo as que recomendam o uso de simuladores de voo para o aperfeiçoamento do treinamento e padronização. Para enfatizar a importância da simulação, dois estudos de caso foram apresentados.

## 4 RESULTADOS

Os resultados indicam que os jogos de simulação são ferramentas em potencial para auxiliar no aprendizado de voos conduzidos em simuladores homologados, sendo tido como recursos que atuam contra o julgamento de pilotagem equivocado, a aplicação de comandos inadequada e a indisciplina de voo, ao mesmo tempo que permitem treinar a padronização de pilotos.

### 4.1 PERSPECTIVAS SOBRE O TREINAMENTO DE PILOTOS E A PADRONIZAÇÃO

Com a evolução da segurança operacional na aviação, novas técnicas de prevenção surgiram com o objetivo de melhorá-la, e uma delas é a padronização. A padronização consiste na execução de tarefas guiadas por padrões que criam uma sequência lógica para que o trabalho seja executado de maneira segura e mais próxima do ideal. Todos os setores envolvidos no voo de uma aeronave devem executar seus serviços pautados na padronização, por ser este um instrumento essencial à segurança das operações aéreas (ALMEIDA, 2019).

6 Toda ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave quando: a) qualquer pessoa sofra lesão grave ou morra; b) a aeronave sofra dano ou falha estrutural; e c) a aeronave seja considerada desaparecida ou completamente inacessível (ANAC, 2023c).

7 Incidente ocorrido sob circunstâncias em que um acidente quase ocorreu. A diferença entre o incidente grave e o acidente está apenas nas consequências (ANAC, 2023d).

8 Uma ocorrência, que não seja um acidente, associada com a operação de uma aeronave que afeta ou pode afetar a segurança da operação (ANAC, 2023e).

Por meio de um programa de padronização, todos os tripulantes de uma mesma empresa, em princípio, terão consciência de como se deve operar um determinado modelo de aeronave. Logo, quando dois pilotos voarem juntos pela primeira vez, uma mínima combinação prévia será suficiente para realizar o voo de forma segura, visto que todos os pilotos saberão executar, a cada momento do voo, suas ações de acordo com o previsto. Dessa forma, a tripulação será capaz de identificar uma ação do piloto que esteja fora do padrão e imediatamente questionar os motivos que o levaram a tal decisão; isto permitirá uma ação corretiva que evite outros erros operacionais durante o voo (RIBEIRO, 2008).

Considerando a padronização dos segmentos de aviação civil no Brasil, cabe acrescentar que a aviação privada e a aviação executiva são debilitadas, sobretudo, por não possuírem barreiras eficientes para prevenir acidentes e incidentes. Esse setor abrange a maior frota de aeronaves homologadas do país e, ao mesmo tempo, detém elevados índices de ocorrências aeronáuticas. Além disso, as operações com apenas um piloto na cabine são comuns nesse segmento, sendo também um dos fatores que mais contribuem para as ocorrências aeronáuticas, em razão da dificuldade no gerenciamento de toda a operação (LEVY, 2017).

Por outro lado, as companhias aéreas apresentam um alto nível de segurança operacional, em parte decorrente da existência de padrões definidos, dos quais os tripulantes não podem se desviar – diferentemente dos segmentos da aviação privada e da executiva, em que as exigências relacionadas ao nível de segurança operacional são menores por não apresentarem a obrigatoriedade de padronização nas suas operações. Portanto, a padronização nas atividades aéreas atua como barreira de segurança contra ocorrências aeronáuticas relacionadas principalmente ao fator humano (LEVY, 2017).

Na esteira, Bicudo (2022) reforça que nas companhias aéreas a padronização é encarada com seriedade e assertividade, em virtude da aplicação do Manual de Procedimentos Operacionais Padronizados (SOP) nas operações, evidenciando quais ações se esperam dos tripulantes durante o voo. O mesmo autor (p. 12) afirma ainda que “a padronização está para a segurança, assim como

a segurança está para a padronização, e estas nunca devem ser renunciadas sob o pretexto de se causar danos e prejuízos às pessoas e bens”.

No contexto da padronização, Ribeiro (2008) apresenta o termo “Disciplina Operacional” como uma filosofia comportamental do piloto que deve por ele ser utilizada durante suas operações aéreas e que envolvem o planejamento, a organização, a execução e o acompanhamento dos procedimentos previstos pelo padrão recomendado, seguindo uma sequência lógica e tempo correto. Conseqüentemente, a Disciplina Operacional é uma ferramenta necessária para que os tripulantes assimilem o padrão recomendado.

A padronização se relaciona, portanto, à disciplina, uma vez que um piloto disciplinado está mais propenso a seguir exatamente o que está posto no *checklist* e no SOP. Ademais, rigorosamente, pilotos de avião são portadores de exames médicos e habilitações válidas e devem, ainda, ter alta proficiência na aeronave que irão pilotar, condições que, em tese, reprimem as chances de voos com pilotos operando fora dos padrões, o que afetaria negativamente a segurança operacional em um grau preocupante (BICUDO, 2022).

De acordo com a ANAC (2022), a função do SOP é, portanto, a padronização de todas as operações normais, anormais e de emergência de que se tem conhecimento a respeito das tarefas exercidas durante o voo, principalmente dentro da cabine de comando. Em outros termos, ele engloba todas as ações que devem ser realizadas durante a operação, nivelando o conhecimento dos pilotos mais experientes e elevando o conhecimento dos menos experientes a um patamar aceitável para a segurança operacional.

#### 4.2 OCORRÊNCIAS AERONÁUTICAS NACIONAIS RELACIONADAS AOS FATORES CONTRIBUINTES JULGAMENTO DE PILOTAGEM, APLICAÇÃO DE COMANDO E INDISCIPLINA DE VOO

Após consultar os dados disponibilizados pelo Painel SIPAER, foi possível apurar que, entre todos os segmentos, os fatores contribuintes mais presentes nas ocorrências aeronáuticas são “julgamento de pilotagem” (contribuíram em 13,53% das ocorrências) e “aplicação de comandos” (9,62%). Os dois fatores

juntos correspondem a quase um quarto das ocorrências registradas entre 2012 e março de 2023. Ao verificar a quantidade de recomendações de segurança (RS) emitidas para o “julgamento de pilotagem”, estas totalizaram 637, das quais sete indicavam necessidade de treinamento de simulação e 15 versavam sobre padronização. Já o somatório das RS destinadas à “aplicação de comando” correspondeu a 450, sendo sete voltadas ao treinamento envolvendo simulação e nove à padronização.

Adicionalmente, ao buscar outros fatores contribuintes que gerassem recomendações similares, observou-se que o fator “indisciplina de voo” (presente em cerca de 2,55% das ocorrências aeronáuticas) também apontava para a necessidade de treinamento e de padronização, sendo que para este fator o CENIPA emitiu 132 RS no período analisado, das quais cinco foram destinadas ao treinamento em simulação e seis voltaram-se para a padronização (CENIPA, 2023).

Desse modo, constatou-se, em linhas gerais, uma recorrente instrução do CENIPA recomendando o aperfeiçoamento do treinamento e/ou a padronização das operações, além de outras evidenciadas nos relatórios finais (CENIPA, 2023).

Após esta averiguação, foram selecionados por este estudo dois acidentes aeronáuticos no intuito de colher informações sobre um possível treinamento mais adequado indicado pelo CENIPA a partir dos relatórios finais e das RS por ele exaradas, considerando os fatores contribuintes ora mencionados. Uma síntese sobre os dois acidentes (nomeados de “Acidente A” e “Acidente B”) será apresentada a seguir, com ênfase nas recomendações de segurança que deles resultaram. Cabe acrescentar que entre os fatores contribuintes do Acidente A estão o “julgamento de pilotagem” e a “aplicação de comandos”, enquanto o Acidente B traz a “indisciplina de voo”, entre outros fatores.

#### 4.2.1 Acidente A

O acidente ocorreu no dia 2 de maio de 2013, com cinco tripulantes a bordo da aeronave, dos quais dois sofreram lesões graves, dois tiveram lesões leves e o piloto saiu ileso. O modelo da aeronave era um AS-350BA (helicóptero) e seus

tripulantes realizavam um treinamento de tiro em um circuito próprio para a tarefa. Naquela ocasião, a área utilizada para decolagens e pousos era bastante restritiva em função dos obstáculos existentes no local. O acidente ocorreu durante uma das decolagens, quando as pás do rotor principal do helicóptero colidiram contra obstáculos no solo, o que resultou na perda do controle da aeronave, levando-a a chocar contra o terreno. O helicóptero teve danos substanciais (CENIPA, 2020).

Após a investigação, ficou constatado que as pás do rotor principal colidiram com galhos de uma árvore que ficavam à direita da aeronave assim que esta decolou. Imediatamente após o choque, o comandante tentou atuar nos comandos para evitar novos contatos com aquele obstáculo, mas, ao fazer isso, a aeronave desviou para a esquerda e suas pás colidiram novamente, mas desta vez contra uma estrutura metálica de uma edificação (CENIPA, 2020).

Ao analisar o acidente, o CENIPA identificou que não houve alerta verbal dos demais tripulantes ao piloto em comando quanto ao risco de colisão quando a aeronave se aproximava dos obstáculos no solo. Desse modo, ficou constatado o rebaixamento da consciência situacional dos tripulantes, levando-os a uma percepção equivocada do ambiente operacional, o que favoreceu a aproximação indevida entre a aeronave e os obstáculos. Verificou-se, ainda, um julgamento de pilotagem errôneo e a carência na avaliação da área a respeito do espaço para operação da aeronave. A investigação também apurou que o operador não possuía programa de treinamento voltado para procedimentos de operação padrão e de segurança de voo que orientassem as ações dos tripulantes em atividades em áreas restritas (repletas de obstáculos) (CENIPA, 2020).

Após essas análises, a investigação concluiu que a região tinha características que eram incompatíveis com um heliponto normal e, logo, os tripulantes deveriam ter treinamento e estarem aptos para operar em áreas restritas. Além disso, o piloto em comando em momento algum foi alertado, frisa-se, pelos outros tripulantes em relação à proximidade com os obstáculos, à escassez de parâmetros e aos procedimentos definidos para a orientação dos tripulantes nesse tipo de tarefa, lacunas essas que resultaram em uma atuação fora do padrão pautada apenas no julgamento de pilotagem e na percepção falsa

do ambiente. Ademais, o órgão investigador reforça que o treinamento adequado de todos os envolvidos poderia ter evitado o acidente (CENIPA, 2020).

Com a publicação do relatório deste acidente, o CENIPA emitiu algumas recomendações de segurança destinadas à ANAC para que a agência atue junto ao operador. Entre as recomendações ao operador, este deve analisar a viabilidade de incluir o uso simulador de voo em seu programa de treinamento para que os pilotos possam aperfeiçoar as operações em áreas restritas (CENIPA, 2020).

#### 4.2.2 Acidente B

O acidente ocorreu no dia 13 de agosto de 2014 e a bordo da aeronave estavam sete pessoas, dois pilotos e cinco passageiros; todos tiveram lesões fatais. Ainda, como efeito colateral da ocorrência, outras três pessoas consideradas terceiros (pois estavam próximas ao local do impacto) tiveram lesões leves. O modelo do avião é um CE 560XLS+ (Cessna Citation) que decolou do aeroporto de Santos-Dumont (RJ) em direção ao Aeroporto de Santos (SP). O acidente ocorreu durante a aproximação em Santos, minutos após uma arremetida malsucedida da aeronave, que não foi seguida conforme o procedimento previsto, ficando o equipamento completamente destruído (CENIPA, 2016).

Com a investigação, foi verificado que, durante a descida, sem motivo aparente, a aeronave desviou-se do procedimento de pouso previsto, ao mesmo tempo em que o piloto informava posições diferentes da que estava. Isto perdurou até o momento em que se iniciou a aproximação final. Este procedimento foi conduzido de forma distinta do definido na carta e realizado com parâmetros de velocidades diversos dos recomendados pelo fabricante. Somado a este cenário, havia fortes restrições meteorológicas (vento de cauda e visibilidade e tetos baixos devido à chuva e à névoa úmida) as quais se tornaram um complicador para os pilotos, o que dificultou ainda mais a estabilização do avião. Essas condições culminaram em uma aproximação final desestabilizada, levando à arremetida da aeronave, quando ela já estava próxima da cabeceira. A arremetida também não

foi seguida conforme o procedimento e, momentos após, o avião colidiu contra o solo (CENIPA, 2016).

A partir da investigação, diversos pontos foram enfatizados acerca da tripulação e de sua operação, considerados como “indisciplina de voo”: desvio do procedimento padrão; reportes de posições diferentes das reais; realização de aproximação para pouso fora dos parâmetros estabelecidos; e não cumprimento do perfil de arremetida previsto. Além desses, outros fatores também foram apresentados no relatório, como a possível falta de planejamento de voo em relação às consultas meteorológicas e a inexistência de um treinamento de arremetida adequado para aquele modelo de aeronave. Vale anotar ainda que, de acordo com a investigação, provavelmente os pilotos não possuíam conhecimentos, habilidades e atitudes que os levassem a desempenhar, de forma adequada, suas atividades naquele contexto operacional (CENIPA, 2016).

Com base na investigação, o CENIPA concluiu que os pilotos não estavam qualificados para operar aquele modelo de aeronave e não executaram o procedimento de descida conforme a carta oficial. Além disso, os tripulantes descontinuaram a aproximação e realizaram, sob condições meteorológicas adversas, uma trajetória diferente do perfil de arremetida definida na carta que, a priori, deveriam seguir. Estas condições potencializaram os riscos da operação e favoreceram à desorientação espacial dos pilotos (CENIPA, 2016).

No ato da publicação do relatório deste acidente, o CENIPA emitiu nove RS destinadas à ANAC, entre as quais uma cobrava o fiel e correto cumprimento dos procedimentos estabelecidos para o treinamento de familiarização (em simulador de voo ou aeronave), assim como verificação da proficiência dos pilotos com a finalidade de garantir operações mais seguras em território brasileiro. Além dessas, outras três recomendações foram destinadas ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e uma à Diretoria de Saúde da Aeronáutica (DIRSA) (CENIPA, 2016).



#### 4.3 ANÁLISE DAS RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA SOB A ÓTICA DOS JOGOS DE SIMULAÇÃO DE VOO E A APRENDIZAGEM DOS PILOTOS

Ao analisar os estudos de caso, constatam-se três pontos significativos. O primeiro é que ambos os acidentes geraram RS a respeito do aperfeiçoamento do treinamento da tripulação pautado em simulações. O segundo é que as duas ocorrências apresentaram ações não padronizadas ou fora do esperado, realizadas pelos tripulantes (CENIPA, 2016; CENIPA, 2020). O último ponto é que as aeronaves envolvidas nos acidentes não pertencem à aviação regular, na qual operam as companhias aéreas.

Diante esse resultado, é possível reforçar que a indicação do uso de simuladores de voo é uma importante ferramenta para a proficiência dos pilotos (CENIPA, 2016). Por outro lado, sabe-se que programas de treinamento em simulador de voo homologado precisam ser aprovados pela ANAC e contar com instrutor habilitado e qualificado pela agência reguladora. Isto significa que o recurso de simulação irá pertencer a uma instituição de treinamento (ou a um operador) e seu uso será restrito in loco, devendo ainda ser acompanhado, compulsoriamente, de um instrutor (ANAC, 2023a). Essas condições, portanto, restringem a utilização do simulador em termos de tempo e espaço.

Tendo essas premissas em mente, os jogos de simulação, como o Flight Simulator X, Prepar3D e X-Plane, podem auxiliar os pilotos não somente durante o treinamento em simuladores homologados como também reforçar os aprendizados nas missões executadas nos simuladores. Isto se deve a dois aspectos relevantes: a facilidade de acesso e a possibilidade de repetição das missões estudadas.

Neste sentido, Aires (2022) ressalta a acessibilidade desses softwares, que demandam tão somente um celular conectado à internet. Esses jogos de simulação (ASOBO STUDIO, 2020; X-PLANE, 2023; PREPAR3D, 2023) permitem que o usuário treine uma manobra, um procedimento específico e se habitue a um modelo de aeronave de qualquer lugar. Assim, estes jogos além de complementar uma teoria específica em ambientes complexos (SHAFFER et al., 2005), exploram,

de forma realista, o âmbito aeronáutico e todos os aspectos a ele relacionados, levando, por certo, à sua familiarização (ALMEIDA; CORREA, 2017).

À luz do segundo ponto observado nos casos estudados, Almeida (2019) ressalta a padronização como elemento essencial na segurança das operações aéreas. Na mesma linha, Ribeiro (2008) entende que ações padronizadas e pré-definidas permitem detectar algo fora do padrão e, desse modo, atuar de forma imediata e corrigir eventuais erros operacionais no voo.

Neste aspecto, os jogos de simulação também servem como ferramentas de aprendizagem para a padronização porque, conforme mencionam Miglino *et al.* (2007), estes jogos mostram que um determinado fenômeno acontece como resultado de mecanismos e processos, servindo como um meio de estudo para testar teorias científicas, ao mesmo tempo que reforçam o aprendizado. Por outro lado, como os jogos de simulação podem apresentar problemas que carecem de resolução em diferentes voos (BIANCHINI, 2015), problemas simulados afetos à falta de padronização e a outros aspectos podem ser testados, ao passo que suas soluções podem ser pensadas e repensadas.

O último ponto chama a atenção para os segmentos envolvidos nos acidentes, cuja carência de padronização repercutiu na eficiência das barreiras contra ocorrências aeronáuticas (LEVY, 2017). É evidente a necessidade de potencializar essas barreiras como ferramentas mitigadoras de acidentes e incidentes aéreos e, certamente, o uso de simulação e a adoção de operações padronizadas podem aperfeiçoar as ações dos pilotos para que se tenham operações mais seguras (CENIPA, 2016; CENIPA, 2020), corroborando para a filosofia da “Disciplina Operacional”, citada por Ribeiro (2008).

Por fim, cabe anotar que, apesar de as RS serem voltadas aos simuladores de voo homologados, o uso adequado dos jogos de simulação<sup>9</sup> também seria viável como uma ferramenta de auxílio a esses aprendizados para manter a proficiência e a frequência dos treinamentos dos pilotos. Isto porque os tripulantes podem continuar praticando e revisando procedimentos sem restrição de local e tempo,

---

<sup>9</sup> Os jogos de simulação devem ser utilizados com cautela, sobretudo para não condicionar os pilotos a realizarem atividades errôneas na medida em que não são acompanhadas por um instrutor competente.

não sendo necessário aguardar um momento específico para voar dentro de um simulador profissional.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa explorou o potencial do uso de jogos de simulação para treinamento dos pilotos como ferramenta adicional de aprendizagem para o treinamento e a padronização, apurou as ocorrências aeronáuticas no Brasil (entre 2012 e março de 2023) para todos os segmentos e apresentou dois estudos de caso de acidentes, enfatizando os fatores contribuintes e as recomendações de segurança.

A partir dos resultados, foi apurado que a padronização é importante ferramenta da segurança operacional, mas que, à exceção do segmento regular, os demais segmentos, sobretudo a aviação privada, são carentes de ações padronizadas dos pilotos.

O estudo também identificou que, no período analisado, os dois principais fatores contribuintes para as ocorrências aeronáuticas foram o “julgamento de pilotagem”, presente em 13,53% das ocorrências, e a “aplicação de comandos”, que contribuiu com 9,62% dos casos. Os dois fatores geraram 14 recomendações de segurança voltadas ao treinamento de simulação e 24 destinadas à padronização. Observando essas recomendações, verificou-se mais um fator contribuinte correlato, a “indisciplina de voo”, responsável por 2,55% das ocorrências, que também apresentou em suas RS cinco relacionadas à necessidade de treinamento em simulador e seis direcionadas à padronização.

Com o aprofundamento em duas dessas ocorrências, constatou-se que condições de risco similares às que resultaram nesses acidentes possivelmente serão mitigadas com um treinamento mais adequado, baseado em simulações de voo. Também foram evidenciadas nos casos pesquisados a falta de padronização dos pilotos e a necessidade de adotá-la como medida preventiva.

Com bases nesse cenário, observa-se a limitação dos simuladores de voo convencionais relacionada a tempo e espaço. Isso reforçou que os jogos de

simulação (como o *Flight Simulator X*, *Prepar3D* e *X-Plane*) são ferramentas potenciais de aprendizado (treinamento e padronização) capazes de complementar o estudo dos simuladores homologados, uma vez que não se prendem a tempo ou lugar e promovem uma imersão em realidade simulada. Assim, é possível afirmar que o potencial dos jogos está associado à sua acessibilidade, à sua representatividade do real e à sua capacidade performática de inserir problemas e testar soluções.

Por fim, para verificar o potencial dos jogos de simulação como ferramenta adicional de aprendizagem e treinamento, sugere-se, como pesquisa futura, um estudo comparativo entre os dois tipos de simulacro, pautado no ensino e aprendizagem. Esta pesquisa deve permitir que, ao seu final, seja possível avaliar o conhecimento adquirido a partir de simuladores de voo homologados com e sem o auxílio dos jogos de simulação.



## REFERÊNCIAS

### Revista Brasileira de Aviação Civil

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Voe 135 certificação descomplicada**: Manual de Procedimentos Operacionais Padronizados (SOP). 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/voe-135/arquivos/135SOPweb.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamento Brasileiro Da Aviação Civil (RBAC) nº 61, Emenda Nº 14**. 2023a. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-61>. Acesso em: 10 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **ANACpédia**: checklist. 2023b. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por-por/tr3587.htm>. Acesso em: 12 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **ANACpédia**: acidente aeronáutico. 2023c. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por-fra/tr884.htm>. Acesso em: 12 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **ANACpédia**: incidente grave. 2023d. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por-ing/tr4812.htm>. Acesso em: 12 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **ANACpédia**: incidente. 2023e. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por-esp/tr287.htm>. Acesso em: 12 abr. 2023.

AIRES, J. **Microsoft flight simulator chega ao xbox cloud**. 2022. Disponível em: <https://adrenaline.com.br/noticias/v/74011/microsoft-flight-simulator-chega-ao-xbox-cloud>. Acesso em: 5 mar. 2023.

ALMEIDA, J. P. **A relação entre a padronização e a segurança na aviação geral no Brasil**: como reduzir o número de acidentes e incidentes com a padronização da inspeção de pré-voo em aviões. 2019. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/8302>. Acesso em: 12 abr. 2023.

ALMEIDA, L. D.; CORREA, C. Percepções sobre os jogos de simulação de voo na formação de pilotos privados de avião. **RENOTE**, Porto Alegre, 2017, v. 15, n. 1, jul. 2017.

ALVES, L. Relações entre os jogos digitais e aprendizagem: delineando percurso. **Educação, Formação & Tecnologias**, Portugal, 2008, v. 1, n. 2, p. 3-10, nov. 2008.

ASOBO STUDIO. **Microsoft flight simulator awards & nominations**. 2021. Disponível em: <https://www.asobostudio.com/news/microsoft-flight-simulator-awards-nominations>. Acesso em: 19 mar. 2023.

BALADEZ, F. O passado, o presente e o futuro dos simuladores. **Fasci-Tech**, São Caetano do Sul, 2009, v. 1, n. 1, p. 29-40, ago./dez. 2009.

BIANCHI. **A história do flight simulator**. 2020. Disponível em: <https://blog.bianchi.com.br/historia-flight-simulator/>. Acesso em: 5 mar. 2023.

BIANCHINI, D. **Aprendendo a voar em simuladores de voo**. 10. ed. São Paulo: Editora Bianchi, 2015.

BICUDO, L. F. **A padronização no processo de formação para pilotos de asas fixas para a segurança de voo**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/23896>. Acesso em: 12 abr. 2023.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). Comando da Aeronáutica. **Relatório Final A-086/CENIPA/2013**.

Brasília: CENIPA, 2020. Disponível em:

[https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/PPEIH\\_02MAIO2013\\_AC.pdf](https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/PPEIH_02MAIO2013_AC.pdf). Acesso em: 19 abr. 2023.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). Comando da Aeronáutica. **Relatório Final A-134/CENIPA/2014**.

Brasília: CENIPA, 2016. Disponível em:

[https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/RF\\_A\\_134CENIPA2014\\_PR-AFA.pdf](https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/RF_A_134CENIPA2014_PR-AFA.pdf). Acesso em: 19 abr. 2023.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Painel SIPAER**. 2023. Disponível em:

<https://painelsipaer.cenipa.fab.mil.br/>. Acesso em: 19 abr. 2023.

GREDLER, M. E. Educational games and simulations: a technology in search of a (research) paradigm. *In*: JONASSEN, D. H. (Ed.) **Handbook of research for educational communications and technology**. New York: Macmillan, 1996. P. 521-540.

LEVY, T. Proposta de aplicação do SRM (Single-pilot Resource Management) e padronização do segmento privado da aviação no Brasil. **Conexão Sipaer**, Brasil, 2017, v. 8, n. 2, p. 108-120, mai./ago. 2017.

MIGLINO, O.; FERDINANDO, A. D.; REGA, A.; PONTICORVO, M. Le nuove macchine per apprendere: Simulazioni al computer, robot e videogiochi multi-utente. Alcuni prototipi. **Sistemi intelligenti**, Itália, 2007, v. 1, n. 1, p. 113-136, abr. 2007.

ISSN 2763-7697

NEUMANN, J. **Microsoft Flight Simulator é o título que cresceu mais rápido na série, com mais de 2 milhões de jogadores até o momento**. 2020. Disponível em: <https://news.xbox.com/pt-br/2020/12/17/microsoft-flight-simulator-e-o-titulo-que-cresceu-mais-rapido-na-serie-com-mais-de-2-milhoes-de-jogadores-ate-o-momento/>. Acesso em: 19 mar. 2023.

PACETE, L. G. **2022 promissor: mercado de games ultrapassará US\$ 200 bi até 2023**. 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2022/01/com-2022-decisivo-mercado-de-games-ultrapassara-us-200-bi-ate-2023/>. Acesso em: 12 mar. 2023.

PREPAR3D. **Release history**. 2020. Disponível em: [www.prepar3d.com/release-history/](http://www.prepar3d.com/release-history/). Acesso em: 19 mar. 2023.

PREPAR3D. **Prepar3D v5.4 now available**. 2023. Disponível em: <https://www-prepar3d->

com.translate.google/news/announcements/2023/05/121206/?\_x\_tr\_sl=en&\_x\_tr\_tl=pt&\_x\_tr\_hl=pt-BR&\_x\_tr\_pto=sc. Acesso em: 20 mar. 2023.

RIBEIRO, E. F. **A formação do piloto de linha aérea: Caso VARIG o ensino aeronáutico acompanhando a evolução tecnológica.** 2008. Tese (Doutorado em História) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/handle/tede/2256>. Acesso em: 12 abr. 2023.

RIBEIRO, F. **Microsoft Flight Simulator:** veja a evolução gráfica da franquia de 1982 até hoje. 2020. Disponível em: <https://canaltech.com.br/games/microsoft-flight-simulator-evolucao-graficos-167323/>. Acesso em: 5 mar. 2023.

SHAFFER, D. W.; ET AL. Video games and the future of learning. **The Phi Delta Kappan**, Estados Unidos, 2005, v. 87, n. 2, p. 104-111, out. 2005.

WAKKA, W. **Mercado de games agora vale mais que indústrias de música e cinema juntas.** 2021. Disponível em: <https://canaltech.com.br/games/mercado-de-games-agora-vale-mais-que-industrias-de-musica-e-cinema-juntas-179455/>. Acesso em: 12 mar. 2023.

X-PLANE. **X-Plane 12 flight simulator.** 2023. Disponível em: <https://www.x-plane.com/>. Acesso em: 22 mar. 2023.

  
**Revista Brasileira de Aviação Civil  
& Ciências Aeronáuticas**  
ISSN 2763-7697

