

SIMULADORES DE VOO: A IMPORTÂNCIA DO SEU USO PARA A FORMAÇÃO DO AERONAUTA**Matheus Muniz da Fonseca¹
Raul Francé Monteiro²****RESUMO**

Os simuladores de voo têm sido utilizados desde o início da aviação, por serem artefatos apropriados para a reprodução de um voo real. No campo do aprendizado, esse equipamento possui a qualidade de habilitar e preparar pilotos ou tripulações com segurança, pois se trata de um treinamento virtual, programado para explorar reações imediatas e conhecimentos técnico-operacionais, além de habilidades não técnicas. Isso considerado, o presente trabalho tem por objetivo responder ao seguinte questionamento: qual a importância atual do treinamento em simulador de voo como parte da formação e qualificação de pilotagem? A metodologia utilizada neste estudo é de natureza básica e exploratória, construída a partir de pesquisa bibliográfica em artigos, manuais, regulamentos, normatizações sobre os simuladores, entre outras fontes –, além de examinar documentos elaborados pela ANAC. A abordagem utilizada foi qualitativa, na qual os resultados da pesquisa foram idealizados em conceitos e ideias. A pesquisa pretende demonstrar a praticidade e aplicabilidade do uso de simuladores de voo, como resposta de ensino e aprendizado eficientes e seguros. Evidencia-se que esta ferramenta é benéfica e eficiente no desenvolvimento de habilidades para pilotos em suas variadas categorias, apresentadas no decorrer da pesquisa, e que seu uso reduz custos operacionais se comparado ao treinamento em aeronaves reais, além de promover o desenvolvimento de habilidades não técnicas. Conclui-se que a simulação de voo permite que os pilotos resistam a situações extremas e desfavoráveis, sendo um incremento às suas habilidades, e aperfeiçoa a formação desses profissionais, trazendo mais segurança e crescimento ao setor aéreo.

Palavras-chaves: Habilidades. Pilotagem. Treinamento. Simuladores de Voo.

¹ Graduando em Ciências Aeronáuticas, Piloto Privado. E-mail: matheusmuniz2301@gmail.com

² Mestre em Psicologia e Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Professor da Escola de Ciências Exatas e da Computação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Piloto de Linha Aérea – Avião, EC-PREV pelo CENIPA e credenciada SGSO pela ANAC. Endereço eletrônico: cmterfrance@hotmail.com

FLIGHT SIMULATORS: THE IMPORTANCE OF THEIR USE FOR AIRCRAFT TRAINING

ABSTRACT

Flight simulators have been used since the beginning of aviation, as they are appropriated artifacts to reproduce a real flight. This equipment has the characteristic of enabling and preparing pilots or crews safely, once it is a virtual training, programmed to explore immediate reactions and technical-operational knowledge, in addition to non-technical skills. Considering this scenario, this work aims to answer the following question: what is the current importance of flight simulator training as part of pilot training and qualification? The methodology used in this study is a basic and exploratory one, based on bibliographical research in articles, manuals, regulations, norms about simulators, among other sources – in addition to examining ANAC's (Brazilian agency) documents. The approach used was qualitative, and the research results were idealized in concepts and ideas. The research aims to demonstrate the practicality and applicability of using flight simulators as an efficient and safe teaching and learning response. It is evident that this learning tool is beneficial and effective in developing the skills of pilots in its multiple categories, presented in the study, and that its use reduces operating costs compared to training in real aircraft, in addition to promoting the development of non-technical skills. It is inferred that flight simulation allows pilots to withstand extreme and unfavorable situations, increasing their skills, and improves the training of these professionals, bringing more safety and growth to the air sector.

Keywords: Skills. Piloting. Training. Flight simulators.

1 INTRODUÇÃO

A aviação é uma atividade apaixonante ou, no mínimo, admirada por muitos, capaz de proporcionar realização profissional extrema entre aqueles que nela atuam, especialmente nos pilotos. Contudo, os custos operacionais de treinamento de pilotos em aeronaves reais fazem com que essa preparação extrapole os valores desejáveis, o que se torna uma barreira para muitos alunos e cria dificuldades à sua plena qualificação (COSTA, 2008).

Como alternativa, surgiram os simuladores, já por volta de 1910, quatro anos após o primeiro voo oficial de uma aeronave. Ganhou destaque o simulador

denominado “Barril de Aprendizado de Antoinette”, que consistia em uma estrutura sintética não fixada ao solo. Este equipamento possibilitou enorme aprendizado e mudou o futuro dos simuladores de voo.

Os modelos mais atuais, utilizando-se de dispositivos informatizados, possibilitam simulações mais próximas da realidade, maior imersão no ambiente desejado e é repleto de situações necessárias à formação e qualificação do futuro aviador. O objetivo desse dispositivo é ensinar o piloto a lidar com situações limítrofes e sensíveis por meio da busca do realismo e do ideal comportamento em meio a dificuldades pré-programadas em cada seção de treinamento, de forma prática e segura, replicando os mecanismos utilizados para a interpretação e comando das superfícies de voo (PANASSOL JÚNIOR; GARCIA, 2021).

A pesquisa visa, assim, analisar o uso desse dispositivo como parte no processo ensino-aprendizagem da instrução aérea, de modo a elevar o grau de padronização e aprimoramento das habilidades de pilotagem dos aeronautas, sem colocar em risco pessoas e equipamentos e discutir seus benefícios, quando comparado ao treinamento realizado em aeronaves reais. Os objetivos específicos pretendem identificar a influência do simulador na relação custo/benefício, bem como se sua aquisição pode ser significativa para uma unidade aérea, escola ou centro de treinamento, e quais desses equipamentos devem ser utilizados para habilitar esses acadêmicos ou profissionais, considerando suas classificações e especificações técnicas emitidas pela autoridade aeronáutica (PANASSOL JÚNIOR; GARCIA, 2021).

Quanto à metodologia, o estudo se caracteriza como sendo de natureza básica, segundo a qual, de acordo com Cleber e Ernani (2013, p. 51), “objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista”. É, ainda, uma pesquisa de caráter exploratório, pois na fase tem a finalidade de obter mais informações sobre o estudo do uso de simuladores e equipamentos de treinamento de voo na formação de pilotos. Para tanto, utiliza-se do procedimento técnico bibliográfico com abordagem qualitativa (VIANNA, 2013). O método científico utilizado é o dedutivo, que “parte de princípios reconhecidos

como verdadeiros e indiscutíveis e possibilita chegar a conclusões de maneira puramente formal, isto é, em virtude unicamente de sua lógica” (GIL, 2008, p. 9).

Lakatos e Marconi (2003, p. 188) sugerem que a pesquisa exploratória possui três finalidades: “desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno para a realização de uma pesquisa futura mais precisa; ou modificar e classificar conceitos.” Já a coleta de dados de cunho bibliográfico é definida por Cleber e Ernani (2013, p. 54) como aquela “elaborada a partir de material já publicado, [...] com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa”.

Espera-se com este estudo demonstrar os parâmetros positivos para a utilização do simulador de voo, como ferramenta de aprimoramento das habilidades técnicas e cognitivas e na eficácia do treinamento de emergências gerais. Deste modo, é possível que o uso destes equipamentos, de forma repetitiva, aumente a eficácia e a confiabilidade dos pilotos na eminência de problemas reais a bordo, melhorando sua consciência situacional, o processo de tomada de decisão, acrescentando, assim, segurança para a atividade.

Revista Brasileira de Aviação Civil

2 SIMULADORES DE VOO E SUA SEGURANÇA NAS OPERAÇÕES AÉREAS

ISSN 2763-7697

A indústria aeronáutica se destaca pela sua evolução tecnológica que vem ocorrendo ao longo dos últimos 120 anos. Contudo, esse progresso não seria possível sem que existisse, análises consistentes relacionadas ao controle de redução de riscos, que pressupõe as ações mais simples até os complexos estudos voltados para a segurança operacional. Sem esta busca contínua, o risco pode se apresentar sob várias formas, seja no manuseio e controle das aeronaves, em que qualquer falha pode envolver ferimentos, mortes, assim como implicar a destruição de bens, com o respectivo prejuízo financeiro para as companhias aéreas. Sendo assim, desde o surgimento desta atividade, a prevenção e a segurança se tornaram prioridade (COSTA, 2008).

2.1 AS QUESTÕES DE SEGURANÇA MINIMIZADAS PELO USO DOS SIMULADORES

Diante do entendimento de que o uso de aviões acabou por se tornar uma demanda social e global, tanto no aspecto militar quanto civil, a aviação ganhou regulamentos em países de todo o mundo e, entre eles, estão aqueles que dispõem sobre a formação e qualificação dos pilotos e padronização de procedimentos, tudo visando a segurança operacional. A finalidade desta padronização era, em boa parte, voltada para o treinamento dos pilotos, como, por exemplo, dos procedimentos adotados nas chamadas fases críticas do voo, ou seja, na decolagem e pouso.

Assim, com foco nessa necessidade, no ano de 1944, com o final da II Guerra Mundial, reuniram-se na cidade de Chicago, USA, 192 países para participarem da Primeira Convenção Internacional de Aviação Civil. Como resultado do encontro, criou-se a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) – cuja sigla em inglês é ICAO –, atual responsável por normatizar (criar normas) procedimentos e propor a discussão de medidas e procedimentos que poderão vir a compor os seus Anexos (PORTO, 2015).

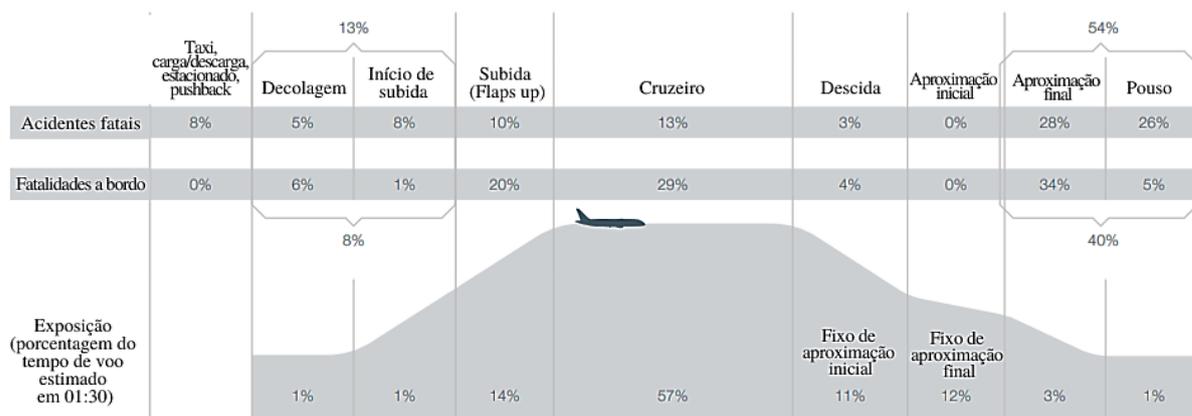
Atualmente, existem 19 Anexos publicados pela Organização, que têm por objetivo regulamentar a aviação civil internacional. Por sua vez, cada país membro da OACI, junto ao seu órgão nacional responsável pela Aviação Civil, é incumbido da aplicação dos Anexos e da fiscalização acerca do seu cumprimento, além de editar suas próprias regras internas (PORTO, 2015). No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é o órgão regulador que assume tais responsabilidades, com o objetivo de promover a segurança aérea na aviação civil e incentivar a melhoria na prestação do serviço no setor aéreo, por meio da elaboração de normas, da certificação de instituições e de profissionais da aviação, bem como da supervisão da infraestrutura aeroportuária e da fiscalização das operações de aeronaves e empresas aéreas.

Além dos órgãos públicos fiscalizadores, muitos colaboradores também participam desse desenvolvimento, a exemplo da indústria aeronáutica Boeing, que se propôs a investigar acidentes internacionais com aeronaves comerciais de

propulsão a jato ocorridos entre 1959 e 2020 (BOEING, 2020) – restritas a peso superior a 60.000lbs do peso bruto, como aquelas fabricadas na Comunidade de Estados Independentes (CEI), na União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) – e aeronaves comerciais operadas no serviço militar. Apurou-se que houve 854 milhões de decolagens e 1.638 milhões de horas de voo entre 2001 e 2020 e, claramente, esses números constatarem um aumento gradativo na quantidade de aeronaves no ar, de horas voadas e, naturalmente, de decolagens. De efeito, o acréscimo desta demanda também resultou em um número significativo de acidentes aéreos que, de acordo com a pesquisa, apurou um total de 2.082 ocorrências no período investigado, sejam fatais ou não fatais.

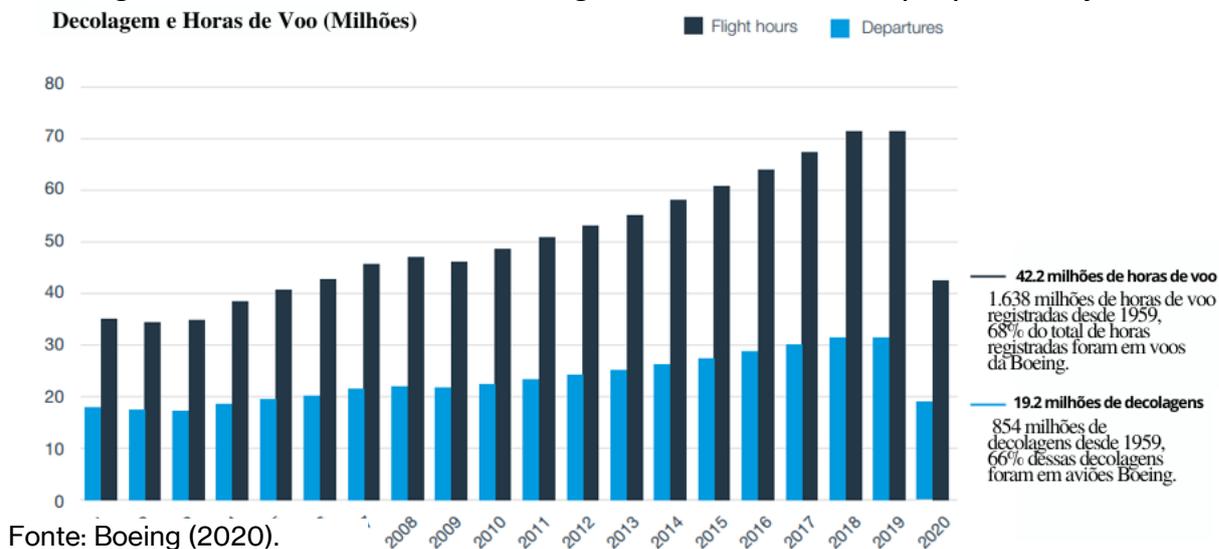
Na mesma pesquisa, conforme a Figura 1 abaixo, o estudo relata que a fase de cruzeiro é a mais segura de um voo e que cerca de 8% dos acidentes fatais na aviação nos últimos 10 anos ocorreram antes de o avião deixar o solo, enquanto 13% se deram durante a decolagem e início da subida. E mais da metade de todas as fatalidades aconteceram durante a aproximação e pouso completo (BOEING, 2020).

Figura 1 – Porcentagem de acidentes fatais de 2011 a 2020



Fonte: Boeing (2020).

Figura 2 - Horas de voo e decolagem de aeronaves de propulsão a jato



Sabe-se, por outro lado, que, diante de toda modernidade das aeronaves atuais, é evidente que ao longo das últimas décadas houve diminuição no número de acidentes, mas não se pode negar que eles ainda acontecem. A principal razão disso são os fatores humanos, responsáveis pela maioria dos acidentes. De acordo com um estudo feito por Rankin (2007), que associou as causas dos acidentes aéreos do século aos fatores humanos e mecânicos, nos primeiros voos, aproximadamente 80% dos acidentes eram causados pela máquina e 20% pelo erro humano. Hoje a estatística é inversa. Aproximadamente 80% dos acidentes são causados pelo erro humano – pilotos, controladores de tráfego aéreo – e 20% por falhas mecânicas. Diante desses dados, observa-se a necessidade de se investir no constante treinamento e qualificação para pilotos, mecânicos e fabricantes de aeronaves, ou seja, aprimorar o fator humano a fim de reduzir os acidentes aéreos.

Contudo, é evidente que a indústria do transporte aéreo é uma atividade que busca equilibrar sua planilha de cálculos, segurança e custo. Sabe-se, ainda, que o treinamento em aeronaves reais exige considerável investimento por parte das escolas, dos pilotos e das companhias aéreas, acrescido de uma alta possibilidade de riscos que devem ser evitados por motivos lógicos. Isso considerando, uma das

alternativas mais interessantes e desejáveis para fabricantes e empresas aéreas são os equipamentos que permitem simular a aeronave em toda sua complexidade e com o maior índice de imersão possível: os simuladores de voo (SALIM, 2019).

2.2 SIMULADORES VOO E SEU CONTEXTO HISTÓRICO

Os simuladores de voo surgem devido à necessidade de compreender e assimilar procedimentos e manobras sem colocar em risco a vida de pessoas e do próprio equipamento de voo e, assim, manter o sistema disponível para a continuidade de treinamentos; mais ainda, com a possibilidade de se poder simular cenários específicos previstos no treinamento (COSTA, 2008).

A arte de voar sempre foi um dos desejos da humanidade, evidenciada com o Padre brasileiro Bartolomeu Lourenço de Gusmão, que, no início do séc. XVIII, concebeu a ideia inicial de se utilizar um balão que flutuasse com apoio de ar quente. A ideia ganhou forma e estudiosos dedicaram-se a esta nova tecnologia, possibilitando que logo surgissem os balões tripulados por humanos que atendiam a necessidades ou lazer para, após, serem adaptados para propósitos militares com razoável sucesso (LAVENÈRE-WANDERLEY, 2017).

Dois séculos após a ideia de Padre Gusmão, o inventor Alberto Santos-Dumont, bem-sucedido nas ascensões de balões e dirigíveis, prosseguiu com seu ofício até conseguir criar de maneira revolucionária um novo artefato aéreo, apresentado ao mundo no ano de 1906, no Campo de Bagatelle, em Paris. Ele havia vencido os desafios da época e demonstrou a possibilidade do voo em máquinas mais pesadas que o ar: o avião. Rapidamente, este novo recurso foi flexibilizado para as guerras, tendo sido empregado em ampla escala durante as duas Grandes Guerras Mundiais (LAVENÈRE-WANDERLEY, 2017).

Com efeito, na medida em que os aviões iniciaram suas atividades nas guerras, a taxa de acidentes ocorria em níveis extremamente altos, e, como consequência, os muitos gastos fizeram com que se avaliassem novas possibilidades de treinamento voltadas para a segurança, trazendo uma nova visão no preparo dos novos aeronavegantes.

Antes disso, a ideia de criação de aparelhos de simulação como metodologia de ensino já havia sido implantada, por volta dos anos de 1910. Inicialmente, utilizavam-se barris que permitiam simular movimentos e tendências relacionados aos voos; desse modo, o aviador teria que controlar o cenário no qual estava envolvido. O projeto desse dispositivo era voltado a demonstrar os efeitos dos controles sobre a atitude do avião e treinar os aviadores para a prática, mesmo considerando as condições rudimentares dos treinamentos naquela época (MACHADO, 2020).

Um equívoco daquele período era considerar que os simuladores de voo poderiam habilitar um piloto a voar solo³. Somente com o passar do tempo, e depois de mais saberes adquiridos, descobriu-se que a orientação também dependia da visão e do conhecimento do terreno. Com o tempo, essas ferramentas de simulação foram tornando-se mais complexas, sendo equipadas com instrumentos que permitissem a navegação correta sem a necessidade de se observar rios ou pontos geográficos, mas com o apoio de sinais de rádio controlados pneumática ou mecanicamente. Com o tempo, novas facilidades surgiram, a exemplo da mesa de controle que contava com mapas de diferentes regiões, a partir do qual se poderia gravar a trajetória do voo por meio de um *plotter* com uma pena a tinta que demarcava a rota percorrida (MACHADO, 2020).

Transcorridas as primeiras décadas após a criação do avião e dos simuladores rudimentares, projetistas continuaram trabalhando em melhorias, criando, por exemplo, máquinas com atuadores mecânicos ou elétricos que permitissem a replicação dos movimentos das aeronaves sem qualquer auxílio da força humana. Essa automação teria como objetivo trazer as sensações reais vivenciadas nos cockpits pelos aeronautas.

Assim, chegou a era dos projetos arquitetados por Edwin Link, na Nova Iorque dos anos de 1927 e 1929. Era uma nova estrutura idealizada com mecanismos pneumáticos: o *link trainer*, como era chamado, tinha como objetivo principal demonstrar aos estudantes o efeito dos controles na atitude de voo e

³ Voar Solo: Voo executado por um avião tendo a bordo somente o piloto. Uma pessoa é engajada num voo solo quando ela é a única a operar os comandos de uma aeronave em voo (ANAC, s.d.).

treiná-los para uma operação coordenada. A novidade implementada foi a adição de uma bomba de sucção de acionamento elétrico instalada em sua base fixa, que proporcionava a alimentação das válvulas de controle operadas pelo leme, enquanto outro dispositivo movido a motor produzia uma sequência de alterações na atitude (MACHADO, 2020).

Desta maneira, mesmo com diversos estudos e experiências, ao longo do tempo outros aperfeiçoamentos surgiram. A Army Air Corps estabeleceu o ramo de Correio Aéreo do Exército, em que seus pilotos colocavam em prática os conhecimentos adquiridos no dispositivo de simulação. Entretanto, nada se compararia ainda às condições adversas e reais, uma vez que o simulador não conseguia reprisá-las fielmente naquela época. Novos *links trainers* foram sendo preparados para o treinamento de voo por instrumentos (conhecido como voo cego), que popularizou o uso desses treinadores e alavancou a sua venda em maior escala. Houve, assim, um salto na qualificação dos aviadores da época, visando o futuro na aviação que passava a enxergar para além de um voo visual (PANASSOL JÚNIOR; GARCIA, 2021).

Com a evolução, uma característica comum dos simuladores de voo passou a ser a tentativa de replicar o real para permitir um alto nível de envolvimento humano no exercício, de modo a permitir a realização de sofisticados procedimentos específicos em emergências, reduzindo o erro humano, praticando o treinamento de Voo por Instrumentos (IFR) e habituando-se ao modelo de aeronaves específicas. Com os avanços tecnológicos, permitiu-se a imersão do usuário em determinados modelos de aeronaves, diminuindo a abstração e procurando elevar o padrão da relação humana. A essência de um simulador de voo passou a ser, então, a criação do modelo dinâmico dos *decks* de voo, possibilitando, cada vez mais, a inserção do fator humano nesta realidade (MATSUURA, 1995).

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), órgão federal brasileiro, é quem regula e qualifica os simuladores em diversas categorias de acordo com a imersão, controle e realidade. Esses equipamentos são empregados para treinar e habilitar tripulações e, com o avanço constante da tecnologia, estão

cada vez mais realistas e modernos. Como forma de garantir que estes sistemas possuíssem a devida segurança e comprometimento com o ensino, a ANAC estabeleceu critérios de classificação, criando níveis de homologação, além de utilizarem-nos para habilitar tripulações, visto que são atualmente capazes de replicar todos os eventos e anormalidades que possam ocorrer em um voo real. No entanto, problemas no processo de ensino e aprendizagem são passíveis de ocorrência, mesmo diante da adoção de simulares modernos. Sobre esses gargalos, passa-se a discorrer.

2.3 PROBLEMAS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Para alunos iniciantes, mesmo com todo o benefício de aptidão profissional que os simuladores de voo proporcionam, ainda são encontrados problemas relacionados à aprendizagem para alguns alunos, acentuados por falhas didáticas dos instrutores para conduzir as dificuldades e os erros dos jovens pilotos, o que compromete fortemente a autoconfiança e a motivação quando da aquisição das habilidades. Por certo, o fracasso pode ser um fator desestimulante que afeta a autoconfiança e a motivação quando determinada manobra ou um procedimento específico são executados de modo inapropriado. Isto porque em todas as lições, os alunos são avaliados para que sejam aprovados ou reprovados e em algumas situações pode não estar prevista uma segunda chance. Os exames práticos são vivenciados, assim, com tensão e preocupação, uma vez que o futuro profissional desses aprendizes está em jogo, pois o fracasso e o erro podem dar a impressão de inabilidade e incompetência (ANINGER; LÓES, 2006). Jouanneaux (1999) complementa essa ideia:



As eventualidades das manobras perigosas no simulador são as mesmas no avião, com possibilidade de erro iminente ou mesmo de crash. No avião, este último fracasso é sinônimo de acidente, até de morte; ao simulador, se coloca em jogo a confiança em si sobre o qual está competência é fundada; afeta a sua honra profissional; em última instância, é a carreira que está em questão. Entre o avião no voo e o simulador, o contexto é diferente, mas a atitude é a mesma: é preciso se engajar a fundo, mentalmente e corporalmente. (JOUANNEAUX, 1999, p. 268).

Muitas das vezes estes alunos estão em fase de aprendizado inicial; significa dizer que para muitos é o primeiro contato com um avião, com o manche e os instrumentos. E logo na primeira lição, na maioria das instruções observadas, o aluno é marcado pelo fracasso e reprovado justamente devido ao desconhecimento de todo o universo da aviação e da pilotagem. O fracasso, ao contrário do sucesso, abala a autoconfiança do jovem piloto, repita-se, que pode se sentir desmotivado com prejuízo em todo seu desenvolvimento acadêmico profissional. Já para aqueles com certa experiência em horas de voo visual, a primeira lição não é difícil. (ANINGER; LÓES, 2006).

Isso considerado, a pedagogia e a psicologia (considerando os aspectos psicológicos e emocionais retro mencionados) destacam a importância do processo de ensino a ser construído nas práticas de simulação, a partir dos conhecimentos pré-adquiridos na fase teórica da formação, ou seja, não se deve padronizar a instrução considerando que todos sejam iguais em relação aos seus conhecimentos e possíveis habilidades. Cada aluno tem seu tempo e ritmo de absorção dos conteúdos, o que deve ser levado em conta no método utilizado. Significa dizer que cada lição deve ser planejada para que esse educando tenha um desenvolvimento satisfatório em sua qualificação. Para melhores resultados, há que se levar em conta a necessidade de um instrutor experiente e com conhecimento avançados na pedagogia de treinamentos, mas sempre pronto para interpretar a linguagem trazida pelo aluno (ANINGER; LÓES, 2006). No mesmo raciocínio, essa informação é chamada de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP).

As características da situação de simulação devem se encontrar na zona de desenvolvimento proximal (ZDP). Se a situação da formação é muito próxima ou muito distante das competências do sujeito, aquele não aprende nada. Neste esquema metodológico, a construção da situação de simulação é realizada sobre a base da identificação das competências realmente colocadas em jogo (BÉGUIN E WEILL-FASSIN, 1997 p. 17).

3 SIMULADORES DE VOO ATUAIS E BENEFÍCIOS

Na atualidade, os pilotos passam por um período de intensificação no treinamento em todo território nacional, devido à grande expansão da frota aeroviária e da concorrência entre as companhias aéreas. Por certo, essa demanda leva à necessidade de melhorar a qualidade do treinamento de pilotos, aumentar a competitividade das empresas e a segurança de voo, visando maximizar lucros, minimizar acidentes e fidelizar clientes (ALMEIDA; CORREA, 2017).

Desde a primeira idealização, a partir da proposta sugerida no começo do século XX, os simuladores se desenvolveram de maneira considerável. Atualmente, há uma gama de tecnologias acessíveis a este equipamento, em termos de *software* e *hardware*. A partir disso, tornou-se possível implementar um sistema de simulação de computador pessoal de alto desempenho. Cabe anotar que a criação de uma tecnologia de simulação capaz de realizar a visualização gráfica realista de alta definição tem demandado uma capacidade de processamento e memória cada vez maior dos computadores. Este fato leva os desenvolvedores de sistemas de simulação a adotar estratégias de computação para alcançarem um maior desempenho deste equipamento (REBELO, 2010).

ISSN 2763-7697

3.1 TIPOS DE SIMULADORES

Os equipamentos *Flight Simulator Training Device* (FSTD), também denominados *Full Flight Simulator* (FFS), em seus modelos mais sofisticados replicam as aeronaves que representam a possibilidade de *motion*, ou movimento. Eles são classificados a partir de suas propriedades de desempenho e realismo. No Brasil, tal responsabilidade fica a cargo, como já mencionado, da ANAC, que se utiliza de seu pessoal da Gerência de Avaliação de Aeronaves e Simuladores de Voo (GAAS), um dos setores da Gerência Geral de Operações de Transporte

Aéreo (GGTA), subordinada à Superintendência de Segurança Operacional (SSO) (ANAC, 2017).

Os FSTDs podem ser aprovados como um meio de treinamento em um Programa de Treinamento Operacional de um Operador Aéreo (Regulamentos Anac RBAC 121 ou RBAC 135), em um Programa de Centro de Treinamento (RBHA 142) ou em um Programa de Instrução de uma Escola de Aviação Civil (RBHA 141). Somente com a obtenção desta qualificação do agente qualificador (ANAC), o treinamento poderá validar créditos em horas de voo como se tivesse sido cumprido em uma aeronave específica – ex: Airbus A-320, Boeing 737-Max, EMBRAER 195-E2 (Ibidem).

Ainda a título de exemplo, a ANAC avalia a simplicidade dos *Personal Computer Based Aviation Training Device* (PCATD), que apresentam a cabine de uma aeronave genérica, ou melhor, não são dispositivos criados para crédito de horas de treinamento em voo para a obtenção de uma habilitação de tipo, contando apenas como créditos de horas de treinamento de voo por instrumentos (IFR), restrita a, no máximo, 50% das horas que seriam acumuladas em um simulador de voo (FFS) ou dispositivo de treinamento de voo – FTD (Ibidem).

Já os *ATD Aviation Training Device* (ATD) são dispositivos cujo pilar de qualificação é a Circular AC 61-136, semelhante à categoria anterior, com normativos equivalentes de regulação; contudo, subdividem-se em: *Basic ATD* (BATD): representa uma aeronave genérica que corresponde ao PCATD e segue o critério de horas de voo conforme a Instrução da Aviação Civil (IAC) 61-1004, isto é, restrito a 50% das horas acumuladas em FFS ou FTD de uso autorizado pelos Regulamentos ANAC RBHA 61 ou pelo RBHA 141 para o treinamento no curso de IFR (Ibidem).

Já o *AATD (Advanced ATD)* é um dispositivo que atende a todos os requisitos exigidos para um BATD, com atributos adicionais. Para o crédito de horas, seguem as especificações de um FSTD, ou seja, são consideradas 100% das horas que seriam acumuladas em um FFS ou FTD de uso autorizado pelo RBHA 61 ou pelo RBHA 141 para o treinamento no curso de IFR, dentro dos limites fixados nesses regulamentos (Ibidem).

FSTD são equipamentos cuja qualificação é regulamentada pela FAR (*Federal Aviation Regulation*) Part 60, classificados como: (i) *Flight Training Device* (FTD), que reproduz uma aeronave genérica e pode ser específico para a obtenção de uma determinada habilitação de tipo, sendo classificado em níveis de 4 a 7, sendo este último o mais avançado; e (ii) *Full Flight Simulator* (FFS), aparelho mais avançado que reproduz determinado tipo de aeronave – é dividido em níveis de “A” a “D”, sendo este último o mais avançado, capaz de realizar todas as manobras e procedimentos necessários para a obtenção de uma habilitação de tipo⁴, bem como os voos de verificação de perícia. O Apêndice H do RBAC 121 descreve as manobras de treinamento tipicamente autorizadas para cada nível deste simulador de voo (Ibdem).

A qualificação do FSTD é uma atividade baseada em parâmetros objetivos e subjetivos. Somente dispositivos com qualificação atribuída pela ANAC podem ser usados para gerar créditos de horas de voo em treinamento de pilotos (MORAIS SOBRINHO, 2020). A figura 3 a seguir apresenta a escala do nível de realismo do FSTD, dentro dos parâmetros estabelecidos pelo órgão regulador, exibindo que diferenças mínimas são suficientes para que o simulador seja enquadrado em outra classe.

Figura 3 – Parâmetro de realismo FSTD (ANAC, 2017).

PCATD	BATD	AATD	FTD	FTD	FTD	FTD	FFS	FFS	FFS	FFS
			nível 4	nível 5	nível 6	nível 7	nível A	nível B	nível C	nível D

Maior realismo →

Fonte: ANAC (2017).

3.2 O USO DO SIMULADOR NA FORMAÇÃO DOS PROFISSIONAIS

Determinadas categorias de simuladores são equipamentos de aprendizado e treinamento para pilotos profissionais, como Pilotos Comerciais e Pilotos de Linha Aérea. Esses simuladores apresentam soluções inovadoras em termos de

⁴ Habilitação de Tipo: “aeronaves mais complexas (...) serão consideradas Tipo. Nessa modalidade de certificação são necessários treinamentos em instituições certificadas para habilitação inicial e para as revalidações anuais” (GUILHERME, 2019).

capacidade de reprodução em ambientes virtuais de voo e permitem o desenvolvimento da atividade sob uma variada gama de condições operacionais. De acordo com os resultados da pesquisa de Socha et al. (2016), é recomendado o uso do simulador como ferramenta da prática das habilidades de voo, assim como para o monitoramento do desempenho do usuário com precisão, dando chances ao instrutor para provocar ajustes no processo ao observar o registro de desvios dos parâmetros solicitados. Desse modo, cada manobra pode ser avaliada nos seus múltiplos detalhes: o simulador pode apontar a diminuição gradativa da taxa de erro de desempenho de manobra, assim como o aumento significativo da taxa quando se pilota uma aeronave real.

Conforme visto, de acordo com Moreno (2003), o objetivo de um simulador é aumentar a eficiência e reduzir os custos operacionais para que as tripulações recebam um treinamento viável, seguro e confiável. De fato, esse equipamento oferece um alto grau de imersão ao usuário no ambiente da simulação, permitindo reproduzir ocorrências reais em voo, como condições climáticas igualmente variadas, modificações do vento, temperatura do ar e o peso na aeronave. Tais máquinas possibilitam, ainda, o treino da prática de pousos e decolagem em qualquer origem e destino, assim como de situações emergência e inúmeras manobras utilizadas no cotidiano do aviador (SANTOS; SILVEIRA, 2019).

Deste modo, o equipamento permite o treinamento de uma situação de emergência, desaconselhável de ser realizado em um avião real. No ambiente simulado, muitas dessas situações podem ser treinadas, como a perda de um motor, falha de rádio, perda de comando, depressurização da cabine, falhas nos sistemas hidráulico e pneumático, pane elétrica e pane no sistema de trem de pouso etc. Bacciotti (2016) traz um exemplo prático ao discorrer sobre uma falha de motor em voo, em que o aluno ou o piloto, a depender da finalidade do treinamento, sejam capazes de estabelecer a melhor solução para a operação. Visando este aperfeiçoamento, a companhia LATAM mantém um acordo com a Canadian Aviation Electronic (CAE) e com outras empresas de capacitação, com o objetivo de utilizar simuladores ultrarrealísticos disponibilizados por essas organizações para o treinamento de seus pilotos. Essa prática pode durar até sete

horas e, logo e após a missão, é realizado um *debriefing*⁵ pós-treino (PANASSOL JÚNIOR; GARCIA, 2021).

Santos e Silveira (2019) esclarecem que o avanço da engenharia e da tecnologia desses equipamentos se deve a pesquisas e experiências em centros de treinamento, cujo objetivo é aprimorar as habilidades de pilotagem, reduzir o número de acidentes, e, assim, economizar recursos. Por certo, ao longo dos anos, a precisão dos simuladores continuou a evoluir com o desenvolvimento da aviação e da tecnologia para atender às expectativas cada vez mais exigentes.

Cumprе anotar que cada organização utiliza um método de treinamento e aprendizagem e define as parcerias com diferentes empresas de treinamentos de capacitação. A partir disso, Santos (2017) descreve treinamento como a aplicação de diagramas esquemáticos onde é estabelecido um padrão de aprendizagem científico que permite elaborar um preparo capaz de alterar um comportamento específico no aprendiz. O simulador é, assim, segundo o autor, um dispositivo que representa uma máquina, sistema ou ambiente juntamente com suas funções, sob certas condições características.

Desse modo, a precisão do simulador é algo que deve ser levado em conta, considerando que a potencialidade de reproduzir as condições reais de voo da aeronave afeta diretamente a eficácia e o mecanismo de treinamento utilizado pelo instrutor de voo. Por vezes, esses profissionais estão à frente de verdadeiros desafios, tendo em vista que são os responsáveis finais pelo treinamento em simuladores. O modelo do equipamento usado para esses processos de capacitação é definido cuidadosamente pela empresa aérea ou pelo piloto que está implicado no treinamento, conforme já apontado. Porém, simuladores de alta fidelidade não significam que o treinamento será eficaz. Em virtude disso, nota-se, mesmo nesses equipamentos avançados, a importância da habilidade do instrutor de voo e com mais razão ainda em relação aos simuladores de baixa fidelidade, que dependem em grande parte da técnica e dos meios que serão aplicados pelo instrutor (SANTOS; SILVEIRA, 2019).

⁵ Debriefing: Atividade didática da missão caracterizada pela explanação oral, por parte do instrutor de voo, dos exercícios da missão recém-realizada, quando são comentados os erros e acertos e recomendados procedimentos para prevenir possíveis erros futuros. (ANAC, s.d.).

Desta feita, os instrutores de voo podem preencher algumas possíveis lacunas deixadas pelo simulador, expandindo o nível de transferência de treinamento. Com a ajuda deste profissional apto a enriquecer o conteúdo passado, é importante refletir sobre a eficácia do treinamento em simulador, tornando-o ainda mais fidedigno à realidade. Assim sendo, é notório que a eficiência do treinamento só vai ser obtida por meio do instrutor e do programa de *coaching*⁶ imposto no simulador. Isso faz com que a busca seja contínua na procura por recursos que promovam a qualidade do treinamento, juntamente com a necessária atenção da aviação, em decorrência de sua grande importância na formação do profissional (SANTOS; SILVEIRA, 2019).

Outras vantagens ainda podem ser citadas, como os custos reduzidos e menos impactos ao meio ambiente. Quanto aos custos, vale frisar que, ao se comparar a capacitação em simulador com a prática direta em um avião, os valores são bastante reduzidos. De acordo com Melo e Tadeucci (2010, p. 1), “(...) o simulador pode reduzir em até 20 vezes o custo de um treinamento.” Sob a ótica ambiental, devido às menores emissões de dióxido de carbono e ruído, o impacto no meio ambiente também é consideravelmente mitigado.

Revista Brasileira de Aviação Civil

3.3 HABILIDADES NÃO TÉCNICAS DO PILOTO

& Ciências Aeronáuticas

ISSN 2763-7697

De acordo com Passaglia (2016), o objetivo inicial dos simuladores era desenvolver habilidades técnicas da tripulação, ou seja, o conhecimento técnico dos pilotos sobre a aeronave e a navegação. No entanto, observou-se, posteriormente, a necessidade de se promover o desenvolvimento da tripulação quanto ao trabalho em equipe às habilidades sociais do piloto. Isto porque este profissional precisa ser dotado de um conjunto de habilidades que o coloque em sua máxima potencialidade e capacitação, sendo a pilotagem apenas parte delas.

Segundo a ANAC (2018), as habilidades não técnicas podem ser divididas em duas categorias: o gerenciamento de voo e o gerenciamento de ameaças e

⁶ *Coaching*: é um processo em que um profissional certificado orienta um cliente através de técnicas e métodos voltados para o desenvolvimento pessoal ou profissional (FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO, 2021).

erros. No primeiro, o piloto deve ser capaz de manter o monitoramento do tráfego aéreo e da consciência situacional constantemente; avaliar a situação e determinar possíveis medidas; definir prioridades, gerenciar tarefas e manter relações interpessoais eficazes com a tripulação. Quanto ao segundo, ele está relacionado à tarefa de gerenciar ameaças e erros e reconhecer as condições de perigos ao realizar um procedimento incorretamente.

Ainda conforme Passaglia (2016), as habilidades não técnicas, aperfeiçoadas em nível de Corporate Resource Management (CRM), Treinamento de Habilidades Sociais (THS) e Simulação de Linha Orientada (LOS) são melhoradas com ainda mais eficiência mediante o uso de simuladores de voo. O autor complementa a ideia, relatando a forma ideal do treinamento:

(...) O treinamento deverá ser realizado em simulador com duas posições – Pilot Flying e Pilot Monitoring – e acompanhado por um instrutor com experiência comprovada em atividade de voo com tripulação múltipla (PASSAGLIA, 2016, p. 21.)

Todo esse aparato voltado para o treino das habilidades não sociais visa mitigar os perigos e erros potenciais que a tripulação pode encontrar durante o voo, seja ele simulado ou não. Assim, os parâmetros de voo devem ser monitorados, analisados e discutidos, e a interação entre os tripulantes promovida (ANAC, 2018).

3.4 FUTURO DOS SIMULADORES NA AVIAÇÃO

Conforme visto, a aplicação do simulador de voo no treinamento de procedimentos repetitivos proporciona economia de combustível e preservação da aeronave. Isso reduz consideravelmente os custos do treinamento e o impacto ambiental experimentado com a queima de combustível, mitigando o consumo de gás carbônico da atividade aérea (ANAC, 2021). Acredita-se que a nova geração de profissionais da indústria da aviação vem sendo bem preparada no sentido de conciliar as temáticas puramente tecnológicas e as questões ambientais, sendo

aberta a novas questões multiculturais, multidisciplinares e de comunicação, além de detentora de uma riqueza de ideias e iniciativas.

O ensino deve seguir essa tendência, baseando-se em um modelo que garanta o conhecimento proposto pelas ciências (da engenharia, da automação, da aeronáutica, ambiental etc.) e, ao mesmo tempo, que se comprometa com a prática operacional essencial para compreender e pensar as variáveis envolvidas no processo tecnológico. Nesse aspecto, vale destacar, a título de exemplo, que o profissional que faz uso de aeronaves *glasscockpit* deve sempre estar preparado para a crescente convivência tecnológica em seu posto de comando, sem negligenciar dos fatores relacionados aos fatores humanos na cabine (SOUZA, 2017).

De fato, no sistema de aviação, os simuladores têm sido utilizados no desenvolvimento, aprimoramento e manutenção das habilidades (técnicas e não técnicas) dos pilotos e de todos os envolvidos na operação de voo – e sua evolução é norteadada por esse objetivo. Conscientes de sua imprescindibilidade para o processo de aprendizagem, o uso desses equipamentos tem sido aceito, portanto, em todo mundo e contribuído para a economia e segurança da indústria aeronáutica. Essa ferramenta é, frisa-se, eficaz para testes de instrumentos, treinamento de pilotos e controle de voo em situações adversas que não devem ser replicadas em uma aeronave real, conforme dito anteriormente. Muitos destes simuladores permitem, ainda, a associação em rede, facilitando assim o treino conjunto (MORAIS SOBRINHO, 2020).

Atualmente, os simuladores de voo também são utilizados para a criação de novos modelos de aeronaves. Também no atual momento, uma indústria fabricante de aeronaves vem construindo um simulador em ambiente de “realidade virtual” (RV) que permite que pilotos enviados por seus clientes possam conhecer e criticar a cabine e o funcionamento do projeto em construção. Esse treinamento em RV está sendo proposto pela empresa Holandesa KLM para pilotos que voam modelos como os Embraer 175 e 190. Essa nova abordagem permite que a capacitação desses profissionais seja facilmente acessível, dispensando os pilotos do uso de um simulador FFS (AEROIN, 2020).

Os equipamentos, assim, fazem parte do processo de criação das aeronaves e observam os movimentos pretendidos mesmo antes que as linhas de montagem comecem a fabricar seus modelos. Este avanço também gerará economia de custos, permitirá melhoras não pensadas pelos projetistas, pois a bordo, em RV, estarão os futuros operadores das aeronaves que estão por chegar (AEROIN, 2020), mais bem preparados e ainda mais aptos a lidar com situações imprevistas e emergenciais.

A adoção de simuladores atende, portanto, não só às planilhas de custo das empresas aéreas, que buscam orçamentos econômicos, mas também à preocupação com as atividades de risco, que devem ser levadas em alta conta. E mais: ao se aumentar o nível de cobrança das séries trabalhadas, será possível desenvolver a potencialidade para tomadas de decisão com alto índice de acertos (BALADEZ, 2009).

Isso considerado, pode-se inferir que o futuro da simulação está garantido, pois é possível analisar o sistema de uma organização antes de sua implantação ou aprimoramento do já existente, sempre com o objetivo de promover o melhor desempenho (BALADEZ, 2009).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo descreveu resumidamente a história e o desenvolvimento do simulador de voo até os dias atuais, com destaque para o Edwin Link, que desempenhou um papel importante no desenvolvimento da aviação. Este setor evoluiu de forma muito rápida e, em menos de um século, houve mudanças tecnológicas inimagináveis, superadas a cada dia.

Analisou-se, ainda, a importância da utilização do simulador de voo no processo de ensino-aprendizagem para aviadores. Como resultado, identificou-se sua contribuição para o voo prático na formação do profissional, ressaltando a importância do seu uso para os aeronautas em fase de treinamento, contribuindo para a certificação dos tripulantes, tendo em vista a redução de custos quando comparados a aeronaves reais, além de uma gama mais ampla de possibilidades

de desenvolvimento de habilidades não técnicas do aeronauta e de assimilação da realidade em um ambiente virtualmente seguro.

A pesquisa também evidenciou que o uso de simuladores de voo para o treinamento e preparação do piloto permite que este profissional reaja, de forma assertiva, às condições que possam ocorrer no ambiente real. Para tanto, é importante um programa de treinamento adequado, assim como definições de um objetivo a ser alcançado, de modo a assegurar a transferência de treinamento e boa relação custo-benefício. Deste modo, recomenda-se um estudo mais aprofundado sobre a parte teórica do simulador de voo que, além de muito importante, deveria compor a grade de cursos teóricos de piloto privado e piloto comercial a fim de dar início ao conhecimento e aprimoramento acerca dos simuladores de voo.

Deste modo, ao final da instrução teórica, os aeronautas poderiam ser submetidos a testes em simuladores de voo com vistas a um nível de aprovação que permita que os erros iniciais não sejam corriqueiros, além de proporcionar uma ambientação com a aeronave. Também importante é a presença da Realidade Virtual nos procedimentos propostos pelas indústrias aeronáuticas; neste caso, o simulador de uma aeronave ainda em projeto deve ser testado por pilotos de linhas aéreas para que colaborem com sugestões sobre o que puderam identificar na simulação.

REFERÊNCIAS

AEROIN. **Veja como funciona o treinamento de realidade virtual da KLM nos jatos Embraer.** Disponível em: <<https://www.aeroin.net/veja-como-funciona-o-treinamento-de-realidade-virtual-da-klm-nos-jatos-embraer/>>. Acesso em: 11 de nov. 2021.

ALMEIDA, L.; CORREA, C. H. W. **Percepções sobre os jogos de simulação de voo na formação de pilotos privados de avião.** Renote, v. 15, n. 1, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Anacpedia:** Debriefing. s.d. Disponível em: < https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_esp/tr2097.htm >. Acesso em: 01 ago. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Anacpedia: Voo solo.** s.d. Disponível em: < https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_esp/tr2097.htm >. Acesso em: 01 ago. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Padrões para realização de exames de proficiência de pilotos.** 2018. Disponível em: < <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2018/3/anexo-i-is-no-00-002-revisao-d>> Acesso em: 26 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Qualificação de Dispositivos de Treinamento: Simuladores de Voo (FSTD).** 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/empresas-aereas/simuladores-de-voo-fstd/qualificacao-de-dispositivos-de-treinamento-simuladores-de-voo-fstd>>. Acesso em: 17 jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **O que fazemos.** 2016. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/A_Anac/oque-fazemos>. Acesso em: 26 out. 2021.

ANINGER, D.; LÓES, M. **Metodologia de treinamento em simuladores de vôo: uma nova perspectiva.** 2006, Belo Horizonte. 3º Seminário de Extensão da Universidade Fumec. Disponível em: https://repositorio.fumec.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/193/caderno_artigos2005.pdf?sequence=1#page=86. Acesso em: 30 ago. 2021.

BACCIOTTI, A. C. de J. **Simuladores de voo e sua aplicabilidade na formação de pilotos.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Ciências Aeronáuticas, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. Disponível em: <Monografia -ABDIEL CARLOS DE JESUS BACCIOTTI.pdf (animaeducacao.com.br)>. Acesso em: 31 ago. 2021.

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

BÉGUIN, P.; WEILL-FASSINA, A. **De la simulation des situations de travail à la situation de simulation.** Toulouse: Ed. Octares, 1997.

BOEING. **Statistical summary of commercial jet airplane accidents: worldwide operations 1959-2019.** Seattle: Boeing Commercial Airplanes, 2020. Disponível em:< https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

CLEBER, Cristiano Prodanov; ERNANI, Cesar de Freitas. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 276 p.

COSTA, J. A. M. da. **A Importância dos Simuladores na Formação de Pilotos e CTAs e Seu Impacto na Segurança de Voo**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Aeronáutica, Departamento de Ciências Aeroespaciais, Universidade da Beira Interior, Covilhã/Portugal. Disponível em: <<https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/3636/1/Tese%20M1803%20Jorge%20da%20Costa.pdf>> Acesso em: 22 ago. 2021.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO. **Coaching: o que é, para que serve e tipos**. 2019. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/coaching/>>. Acesso em: 30 de out. 2021.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUILHERME, Santos. Quais as diferenças entre as habilitações de Piloto Privado (PP) e Piloto Comercial (PC). **Blog decole seu futuro**. 29 abr. 2019. Disponível em: <<https://www.aerotd.com.br/decoleseufuturo/quais-as-diferencas-entre-as-habilitacoes-de-piloto-privado-pp-e-piloto-comercial-pc/>>. Acesso em: 16 nov 2021.

JOUANNEAUX, M. **Le pilote est toujours devant** – Reconnaissance l'activité du pilote de ligne. Toulouse: Ed. Octares, 1999.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1995^a.

LAVENÈRE-WANDERLEY, N. F. **Os Balões de Observação na Guerra do Paraguai**. nº 43. Rio de Janeiro: Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica (INCAER), 2017. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/incaer/images/eventgallery/instituto/Opusculos/Textos/opusculo_os_baloes.pdf>. Acesso em: 16 set. 2021.

MACHADO, J. E. S. **Os primórdios dos simuladores de voo**. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/musal/index.php/projeto-av-hist/62-projeto-av-hist/470-os-primordios-dos-simuladores-de-voo>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

MATSUURA, J. P. **Aplicação dos simuladores de voo no desenvolvimento e avaliação de aeronaves e periféricos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Computação) – Centro Tecnológico Aeroespacial, Instituto Tecnológica de Aeronáutica, São José Dos Campos. Disponível em: <<http://www.ele.ita.br/~jackson/files/tg>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

MELO, J. S. de; TADEUCCI, M de S. R. A atividade aérea e o uso de simulador de voo. *In: XIV Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação*, Universidade do Vale da Paraíba, São José dos Campos, 2010.

MORAIS SOBRINHO, W. D. **A importância do treinamento em simulador de voo para formação e aprimoramento da habilidade e pilotagem.** 2020. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas). - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8211/1/WAGNER%20TCC%20P%20-%20NOVO.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2021.

MORENO, M. **Simulador de voo de helicópteros:** uma visão econômica. *Revista UNIFA*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 17, p. 70-74, dez., 2003.

PANASSOL JUNIOR, J. C.; GARCIA, C. M. Voo de Instrução: Importância do uso de simulador de voo para a formação do piloto. **Rev. Bras. de Aviação Civil**. Aeron., Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 164-191, maio. 2021.

PASSAGLIA, D. P. **As habilidades não técnicas na formação inicial de pilotos de avião.** 2016. Disponível em: <<https://liftaviation.com.br/formacao-inicial-de-pilotos-de-aviao>>. Acesso em: 26 out. 2021.

PORTO, N. M. L. **Um resumo da história da Aviação.** I Congresso de Ciência e Tecnologia da PUC Goiás, 2177-3327. 2015. 1021 p. Disponível em: <http://www2.pucgoias.edu.br/anais/2015/PDF/Anais2015-Final18.12.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021. Goiânia: PUC Goiás, 2015.

RANKIN, W. MEDA investigation process. **AeroMagazine Boeing Commercial Airplanes**, Seattle, n. 02, quarterly, p. 15-21, 2007. Disponível em: <https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/article_03_2.html>. Acesso em: 13 set. 2021.

REBELO, D. R. **Automação, integração de dados e instrumentação de um simulador de voo.** 2010. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

REIS, Bruno Mitsumori et al. **Panorama de acidentes aéreos e suas principais causas:** cfit e loc-i. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Aviação Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo. Disponível em: <<https://www.abraphe.org.br/artigos-academicos/panorama-de-acidentes-aereos-e-suas-principais-causas-CFIT-E-LOC-I.pdf>>. Acesso em: 04 de out. 2021.

SALIM, M. C. **Uso de simuladores de voo e os benefícios para a segurança operacional.** 2019. Artigo Científico (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Ciências Aeronáuticas, Pontifícia Universidade Católica do Goiás, Goiânia.

SANTOS, R. A. **Treinamento em simulador direcionado aos fatores humanos.** 2017. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8266/3/Monografia_Ricardo_Adarillo.pdf>. Acesso em: 11 out. 2021.

SANTOS, V. C.; SILVEIRA, G. A. **A efetividade dos simuladores de voo no treinamento de pilotos para tarefas processuais específicas e aquisição de habilidades.** 2019. Disponível em: <<https://abrapac2015.files.wordpress.com/2019/03/a-efetividade-dos-simuladores-de-voo-no-treinamento-de-pilotos-para-tarefas-processuais-especificas-e-aquisicao-de-habilidades-1.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2021.

SOCHA, V. et al. **Training of pilots using flight simulator and its impact on piloting precision. In: Proceedings of the 20 International Scientific Conference Transport Means.** Kaunas Univ. of Technology Press, Kaunas, Lituânia, 2016, p. 374–379.

SOUZA, R. A. C. **A formação de pilotos diante das novas tecnologias de automação da cabine de comando.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em: <[A Formação de pilotos diante das novas tecnologias de automação da cabine de comando.pdf](#) (animaeducacao.com.br)>. Acesso em: 19 out. 2021.

VIANNA, Cleverson Tabajara. **Classificação das Pesquisas Científicas – Notas para os alunos.** Florianópolis, 2013, 2p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343532633_professor_cleverson_tabajara_vianna-tabajaraifscedubr_pesquisa_e_metodologia_cientifica_classificacao_das_pesquisas_cientificas_-notas_para_os_alunos_natureza_procedimentos_basica>. Acesso em: 16 set. 2021.

WIENER, Earl L. Controlled Flight Into Terrain: System-Induced Errors. **The journal of Human Factors, Coral-Gables-FL**, v. 19, n. 2, p. 171-181, abril. 1977. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/001872087701900207>>. Acesso em: 16 nov. 2021.