

O USO DE SIMULADORES IMERSIVOS E NÃO IMERSIVOS NA INSTRUÇÃO AÉREA DA AFA: UMA COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO DOS CADETES¹

USE OF IMMERSIVE AND NON-IMMERSIVE SIMULATORS IN AIR FORCE ACADEMY FLIGHT INSTRUCTION: A CADET PERFORMANCE COMPARISON

Gabriel Paris Freitas de Oliveira²
Renata Belluzzo Zironi Mori*

RESUMO

Simuladores de voo são mecanismos e softwares utilizados para recriar, em ambiente artificial, o voo de uma aeronave. O primeiro uso de simuladores na aviação ocorreu na década de 1910 e, desde então, têm sido amplamente utilizados com a finalidade de capacitar e treinar pilotos novos e experientes. Na Academia da Força Aérea (AFA), a instrução primária de voo é realizada pelos cadetes no 2º Esquadrão de Instrução Aérea e, o uso de simuladores de voo em computadores pessoais para a preparação antes da realização das missões previstas no Plano de Instrução e Manutenção Operacional é comum entre os cadetes. Em 2021, a AFA implantou simuladores imersivos, com amplo campo de visão e comandos verossímeis, além de simuladores que utilizam óculos de realidade virtual, para treinamento dos cadetes aviadores com a expectativa de percepção de melhoria no seu desempenho durante a realização da instrução primária. Cabe agora analisar se o uso desses simuladores atenderam a esta expectativa. Assim, este artigo tem como objetivo comparar o desempenho em voo dos cadetes que utilizaram o simulador imersivo (turma Árion) com o desempenho daqueles que tiveram acesso apenas ao simulador instalado em computador pessoal (turma Orthrus). A metodologia utilizada foi a realização de testes de hipóteses que permitiram comparar as médias e as variâncias desses dois grupos durante a instrução primária de voo. Os resultados indicaram que não foram observadas diferenças significativas entre as médias e as variâncias das duas amostras. Entretanto, cabe ressaltar tratar-se de um estudo preliminar sendo necessário, para inferências mais aprofundadas, estudos mais aprofundados considerando fases distintas da instrução de voo bem como a inclusão de mais amostras no estudo aqui realizado.

Palavras-chave: Simuladores; Instrução de Voo; Aprendizagem; Aviação.

¹ Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

² Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Orthrus, 2020)

*Professora Doutora em Engenharia Mecânica. Academia da Força Aérea. E-mail: renatabzmori@gmail.com

ABSTRACT

Flight simulators are mechanisms and software used to recreate the flight of an aircraft in an artificial environment. The first use of simulators in aviation occurred in the 1910s and since then, they have been widely used to train and equip both new and experienced pilots. At the Air Force Academy (AFA), primary flight instruction is conducted by cadets in the 2nd Air Instruction Squadron. The use of flight simulators on personal computers for preparation before conducting missions outlined in the Instruction and Operational Maintenance Plan is common among cadets. In 2021, the Air Force Academy implemented immersive simulators with a wide field of view and realistic controls, and simulators that utilize virtual reality goggles to train aviator cadets with the expectation of improving their performance during primary instruction. It is now necessary to analyze whether the use of these simulators met this expectation. Therefore, the objective of this article is to compare the flight performance of cadets who used the immersive simulator (Árion class) with the performance of those who only had access to the simulator installed on personal computers (Orthrus class). The methodology used involved conducting hypothesis tests to compare the means and variances of these two groups during primary flight instruction. The results indicated that no significant differences were observed between the means and variances of the two samples. However, it is important to note that this is a preliminary study, and further in-depth studies considering different phases of flight instruction and the inclusion of more samples are necessary for more conclusive inferences.

Keywords: Simulators; Flight Instruction; Learning; Aviation.

INTRODUÇÃO

Simuladores de voo são utilizados há muito tempo, com os projetos mais rudimentares, que consistiam em estruturas simples que buscavam ensinar ao piloto os movimentos da aeronave, datando por volta de 1910 (MACHADO, 2022). São, portanto, um dispositivo que recria artificialmente o voo de uma aeronave e o ambiente em que o mesmo ocorre (QUARTZO DEFENSE, 2019).

Com o passar do tempo e com os avanços tecnológicos, os simuladores foram, da mesma forma, evoluindo. Atualmente, simuladores podem ser instalados em computadores pessoais (SALVATORE, 2007) com capacidade de recriar de maneira verossímil o voo de uma aeronave (QUARTZO DEFENSE, 2019). Tais simuladores serão aqui denominados “não imersivos”.

Existem, também, os simuladores imersivos que empregam maiores recursos tecnológicos de forma a aumentar o nível de imersão do piloto na simulação. Tais equipamentos podem fazer uso de óculos de realidade virtual, *cockpits* físicos que imitam as aeronaves, dentre outros recursos (GAMBARONI, 2008).

A simulação de voo é utilizada com diferentes objetivos, tais como, o treinamento de voo, o projeto e desenvolvimento de aeronaves, bem como análise do desempenho e do comportamento das aeronaves e de seus sistemas de controle (QUARTZO DEFENSE, 2019).

O uso dos simuladores para fins de treinamento de voo tem como vantagens principais não só a redução dos custos da instrução de voo e dos riscos associados, mas também a melhoria da qualidade da instrução, pois proporciona a reprodução em ambiente controlado dos exercícios que serão realizados em voo pelo instruendo (FONSECA; MONTEIRO, 2022).

O Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea prevê que a Instrução de voo dos seus cadetes seja realizada em duas fases distintas. A instrução primária que ocorre, atualmente, no segundo ano do CFOAv e a instrução básica que ocorre no quarto ano de formação.

Neste sentido, os simuladores não imersivos instalados em computadores pessoais tem seu uso difundido entre os cadetes, desde a década de 2000, que utilizam versões mais antigas do Microsoft Flight Simulator, do jogo IL-2 e do software X-Plane como preparação para a instrução de voo.

A partir de 2021, a AFA passou a utilizar simuladores imersivos para auxiliar na formação primária dos cadetes, iniciando pelo simulador T-2000 e posteriormente o T-3000RV, utilizados pelos cadetes cursando o voo primário no T-25, e, em 2022, o T-4000, utilizado pelos cadetes cursando o voo básico no T-27M. A expectativa é que a utilização desses simuladores melhore o desempenho dos cadetes na instrução de voo reduzindo o número de voos extras e desligamentos.

Diante disso, indaga-se: O uso de simuladores imersivos tem impacto no desempenho dos cadetes durante a instrução primária de voo?

A fim de responder tal pergunta de pesquisa, este artigo tem por objetivo comparar o desempenho em voo dos cadetes que utilizaram o simulador imersivo (turma Árion) com o desempenho daqueles que tiveram acesso apenas ao simulador instalado em computador pessoal (turma Orthrus). Para tanto, são objetivos específicos deste artigo, realizar análise descritiva dos graus obtidos pelas turmas Árion e Orthrus e realizar testes de hipóteses comparando a média e a variância dos graus obtidos pelos cadetes aviadores Turma Orthrus e da Turma Árion.

Tal investigação mostra-se importante, pois pode proporcionar informações importantes sobre a utilização dos simuladores de voo imersivos na Academia da Força Aérea.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Mosef (1997), a simulação é o processo de elaborar um modelo baseado em um sistema real e conduzir experimentos com este, buscando a compreensão do comportamento do sistema real, ou a avaliação de estratégias para sua operação. Com base em tal definição, deduz-se a ideia de que é possível fazer uso dos simuladores em diversas áreas do conhecimento, fato que se aplica também à aviação.

Segundo Júnior e Garcia (2021), um simulador de voo é um dispositivo tecnológico que reproduz virtualmente as condições reais de voo e oferece aos pilotos a oportunidade de preparar-se para diversas situações e procedimentos de forma segura e controlada. Assim, os simuladores de voo permitem que os futuros pilotos desenvolvam a capacidade para lidar com situações de emergência que podem ocorrer na aviação bem como desenvolvam habilidades e aprimorem sua técnica de pilotagem.

Os simuladores de voo, desde os primórdios da pilotagem de aviões, mostram-se ferramentas imprescindíveis ao treinamento e manutenção da capacidade dos pilotos. De acordo com Sales (2022), surgiram com o propósito de auxiliar na compreensão de procedimentos e manobras realizados em voo, por volta de 1910. Inicialmente muito rudimentares, os primeiros modelos visavam ensinar ao piloto em formação apenas os comandos da aeronave, utilizando barris para simular os movimentos do avião (MACHADO, 2020), conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 Barril de aprendizado de Antoinette

Fonte:

<https://www2.fab.mil.br/musal/index.php/projeto-av-hist/62-projeto-av-hist/470-os-primordios-dos-simuladores-de-voo>

Em 1929, Edwin Link, inventor americano, criou seu primeiro Link Trainer. O dispositivo contava com instrumentos básicos, uma plataforma de movimento primitiva e nenhum tipo de display visual. Na Segunda Guerra Mundial, o Link Trainer (figura 2) foi empregado no treinamento dos pilotos e usado intensivamente (MYERS III *et al.*, 2018).



Figura 2 Link Trainer

Fonte: <https://www.britannica.com/technology/Link-Trainer>

Assim, os simuladores são utilizados, na aviação, para proporcionar treinamento a pilotos novos e experientes, com custos de operação extremamente reduzidos e sem os riscos proporcionados pela atividade aérea real (LEMOS, 2021).

Júnior e Garcia (2021) apontam vários benefícios da utilização de simuladores de voo durante o treinamento tais como a capacidade de simular condições climáticas adversas, falhas mecânicas e procedimentos de emergência de forma segura aos pilotos e aeronaves. Os autores apontam, também, que os simuladores de voo podem ser usados para simular diferentes tipos de aeronaves para familiarizar os pilotos com diferentes tipos e sistemas de aeronaves.

Os autores evidenciam, por meio de diversas referências, a eficácia dos simuladores de voo no treinamento de pilotos, uma vez que acidentes aeronáuticos e custos de treinamento podem ser reduzidos. Destacam, também, que o uso de simuladores de voo é uma exigência regulatória em diversos países, inclusive no Brasil.

Myers III *et al.* (2018) afirma que, dentre as vantagens obtidas pelo uso de simulador, pode-se citar: a possibilidade de praticar procedimentos que envolvem risco, que não podem ou não devem ser realizados em voo, como o treinamento de emergências; redução significativa dos custos de treinamento; menor impacto no meio ambiente, por meio da conservação de recursos e emissão de carbono reduzida; prover material para pesquisa; e permitir rápidas e múltiplas repetições de eventos, como aproximações por instrumento e pousos.

Diante disso, pode-se dizer que os simuladores de voo representam, portanto, uma ferramenta indispensável não só para o treinamento de pilotos, mas também para a garantia da segurança na aviação, através de um preparo mais completo e eficiente.

1.1 SIMULADORES IMERSIVOS E NÃO IMERSIVOS

O primeiro simulador de voo para computadores pessoais, o Microsoft Flight Simulator, foi lançado em 1982 (BIANCHI, 2019). Atualmente, existem diversos outros softwares, sendo o X-Plane o mais utilizado depois do Microsoft Flight Simulator. Estes simuladores permitem “além de simular a experiência do voo, criar situações inesperadas para o usuário, como uma pane de motor logo após a decolagem ou falha em um componente específico em determinada etapa do voo para avaliar as ações tomadas pelo piloto” (COSTA, 2020, p.18). Tais simuladores são conhecidos como Dispositivos de Treinamento de Voo Baseado em Computador Pessoal (PCATDs).

No presente artigo, tais simuladores serão referenciados como “simuladores não imersivos”.

Costa (2020) sustenta que existem modelos de simuladores capazes de criar maior imersão para os pilotos, com os quais é possível simular uma aeronave em um voo por instrumentos, com detalhes de seu painel, cockpit e controle. De acordo com Roda (2011) estes modelos são conhecidos como Dispositivos de Treinamento de Voo (ATDs), e são divididos em Dispositivos Básicos de Treinamento de Aviação (BATDs), Dispositivos Avançados de Treinamento de Aviação (AATDs), Dispositivos de Treinamento de Voo (FTDs) e Simuladores de Voo Completos (FFS). No presente trabalho, tais simuladores serão referenciados como “simuladores imersivos”.

Os BATDs e AATDs funcionam da mesma forma que os simuladores de computador pessoal, porém proporcionam maior imersão ao disponibilizar manetes e outros elementos de um cockpit real, podendo simular aeronaves em geral, buscando replicar os efeitos dos comandos de maneira semelhante à aeronave real (JERSEY AERO CLUB, 2020).

Os FTDs, por sua vez, são dispositivos desenvolvidos para replicar uma configuração de aeronave específica e, dependendo do nível de qualificação, podem incluir um cockpit fechado e referências visuais realistas. Inclui, ainda, os equipamentos e programas que são necessários a fim de representar o comportamento ideal da aeronave enquanto no solo e em voo (COSTA, 2020).

Como exemplo, pode-se citar o T-3000RV, simulador baseado na Realidade Virtual, disponível na AFA, e os T-2000, que, embora mais simples que o T-3000RV, proporciona maior imersão que os simuladores instalados em computador pessoal. Ambos são utilizados na instrução primária.

Os FFSs são os simuladores de voo mais capazes e mais caros disponíveis, possuindo capacidades visuais e de movimentação e custam entre US\$5.000.000,00 (5 milhões de dólares) e US\$15.000.000,00 (15 milhões de dólares) (FRASCA, 2021).

1.2 O USO DE SIMULADORES NO PREPARO PARA A INSTRUÇÃO PRIMÁRIA DOS CADETES AVIADORES

Na Academia da Força Aérea (AFA), a instrução primária do voo é realizada, atualmente, no 2º ano do Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv). A aeronave utilizada no 2º Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA) para a instrução é o T-25 Universal.

Para auxiliar os cadetes na preparação para a instrução primária, a AFA dispõe, desde 2021, de dois tipos de simuladores imersivos: o T2000, que conta com três monitores lado a lado, e o T3000RV, um Dispositivo de Treinamento de Voo baseado na Realidade Virtual (TECNO DEFESA, 2020). Também dispõe, para os cadetes cursando o voo básico no T-27M, dos simuladores T-4000, que replicam a cabine do T-27M. A figura 3 mostra o simulador sendo utilizado para a preparação para a instrução de voo.



Figura 3 Cadete utilizando o simulador T-2000 disponível na Academia da Força Aérea

Fonte: <https://forcaarea.com.br/afa-inaugura-o-simulador-t-2000-para-o-cfoav/>

Além destes, o uso de simuladores não imersivos instalados em computadores pessoais é muito difundido entre os Cadetes. A figura 4 apresenta um cadete preparando-se para a instrução de voo por meio do software X-Plane, instalado em computador pessoal.



Figura 4 Cadete utilizando o software X-Plane instalado em computador pessoal

Fonte: elaboração própria

De acordo com Fonseca e Monteiro (2022), o uso do simulador é recomendado 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.

Segundo Roda (2011) a eficácia de um dispositivo de treino pode ser expressa por meio da medida da transferência da aprendizagem. Em outras palavras, a medida de eficácia de um treinamento se dá por meio da diferença entre o desempenho numa tarefa operacional (voo real) após a prática num dispositivo de treino (simuladores) e o desempenho nesta mesma tarefa sem a prática no dispositivo de treino.

A Transferência das Aprendizagens é definida como “a capacidade de prolongar o que foi aprendido em um contexto para novos contextos” (BYRNES, *apud* RODA, 2011, p.22)

Myers III *et al.*, (2018) defende que o grau com o qual o simulador se parece e se comporta como a aeronave real chama-se Fidelidade, sendo esta diretamente relacionada à transferência de aprendizagem, ou seja, quanto mais verossímil for o simulador, maior a transferência dos conhecimentos adquiridos no treinamento para o voo real.

De acordo com Lemos (2021), a precisão dos simuladores é de fundamental importância, uma vez que, a capacidade de reprodução das condições reais de voo da aeronave interfere diretamente na efetividade e nos mecanismos de treinamento utilizados. É fundamental que o modelo do simulador utilizado para o treinamento seja definido de forma criteriosa pela empresa aérea, ou pelo próprio piloto implicado no treinamento.

Roda (2011) sustenta que a transferência de aprendizagem é influenciada pelo tipo de simulação e pelo tipo de dispositivo usado no treino, fundamentando assim a tese de que diferentes tipos de simulador podem causar diferentes impactos no desempenho em voo. É justamente essa hipótese que se pretende verificar neste artigo.

2 METODOLOGIA

A pesquisa aqui delineada é de natureza quantitativa e tem por objetivo geral comparar o desempenho dos cadetes aviadores na instrução primária que realizaram treinamento nos

simuladores imersivos T-2000 e T-3000RV (Esquadrão Árion, 2021) e dos cadetes que realizaram treinamento apenas em simulador instalado em computador pessoal (Esquadrão Orthrus, 2020).

Para tanto, foram solicitados os graus obtidos pelos cadetes do Esquadrão Orthrus e do Esquadrão Árion na instrução primária de voo, e com base nestes dados foi possível verificar possíveis variações na média e na dispersão dos graus obtidos na instrução primária de voo. Tais variações podem ser identificadas por meio de testes de hipóteses.

Segundo Morettin (1986), testes de hipóteses são ferramentas estatísticas que permitem validar ou refutar uma hipótese por meio dos resultados da amostra. Feita determinada suposição sobre uma população, geralmente sobre um parâmetro desta, deseja-se saber se os resultados de uma amostra contrariam ou não tal suposição.

Segundo Assis *et al.* (2020), existem dois tipos de hipóteses estatísticas a serem testadas: a hipótese nula e a hipótese alternativa. O autor sustenta que a hipótese nula é a hipótese a ser testada, isto é, a hipótese de que não há diferença entre dois parâmetros avaliados. A hipótese alternativa é a hipótese estatística que oferece uma alternativa à alegação da hipótese nula. É uma hipótese considerada verossímil e que se pretende verificar.

No caso deste artigo a hipótese nula é justamente se a média dos graus obtidos pela turma Árion é maior do que a obtida pela turma Orthrus. Além da comparação entre as duas médias, foi realizado o teste comparando as variâncias dessas duas amostras. Ambos os testes foram realizados com um nível de significância de 5%.

O teste utilizado foi o Teste t para duas amostras e do Teste de Desvio Padrão para duas amostras, realizados utilizando-se o software MINITAB em sua versão 21. O MINITAB é um software estatístico criado em 1972 por pesquisadores da Universidade Estadual da Pensilvânia que permite analisar e identificar diferentes tipos de informações, contribuindo para o trabalho de empresas dos mais variados segmentos.

3 ANÁLISE DOS DADOS E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A pesquisa teve por objetivo geral comparar o desempenho dos cadetes aviadores na instrução primária que realizaram treinamento nos simuladores imersivos T-2000 e T-3000RV e dos cadetes que realizaram treinamento apenas em simulador instalado em computador pessoal, respectivamente Esquadrão Árion e Esquadrão Orthrus.

Para tanto, foram utilizados os graus finais obtidos por cada cadete na fase de pré-solo do voo primário nos anos de 2020 e 2021. O conjunto de dados relativos às médias do Esquadrão Orthrus, no ano de 2020, será chamado de VOOPORTHRUS (Voo Primário Orthrus) no aplicativo Minitab, e o conjunto de dados relativo às médias do Esquadrão Árion, no ano de 2021, será chamado de VOOPARION (Voo Primário Árion), para fins de facilitar a compreensão dos resultados obtidos.

A tabela 1 apresenta medidas descritivas das duas amostras utilizadas.

Tabela 1 Estatística Descritiva das Notas de Voo dos Anos 2020 e 2021

	VOOPARION	VOOPORTHRUS
Média	8,0604	8,1729
Desvio Padrão	0,5499	0,6003
Variância	0,3024	0,3603
Valor Mínimo	7,3214	7,2750
1º Quartil	7,5000	7,6400
Mediana	8,0714	8,1600
3º Quartil	8,5000	8,7000
Valor Máximo	9,3571	9,5000

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

Apesar de as informações apresentadas no quadro 1 levarem a crer que não há diferenças significativas entre as médias e as variâncias das duas amostras, tal afirmativa somente será validada por meio da realização dos testes de hipóteses.

Para esta situação, o teste escolhido foi o Teste t para duas amostras para a média e do Teste de Desvio Padrão para duas amostras.

Para a realização dos testes, foi definido nível de significância α de 0,05. Isto é, a probabilidade de concluir que a média de VOOPARION é maior que a de VOOPORTHRUS, quando na realidade ela não é, é de 0,05.

A figura 5 apresenta os resultados obtidos pela realização do teste de hipóteses para a média, considerando como hipótese alternativa (H_1) que a média VOOPARION é maior que a média VOOPORTHRUS, e como hipótese nula (H_0) que uma não é maior que a outra.

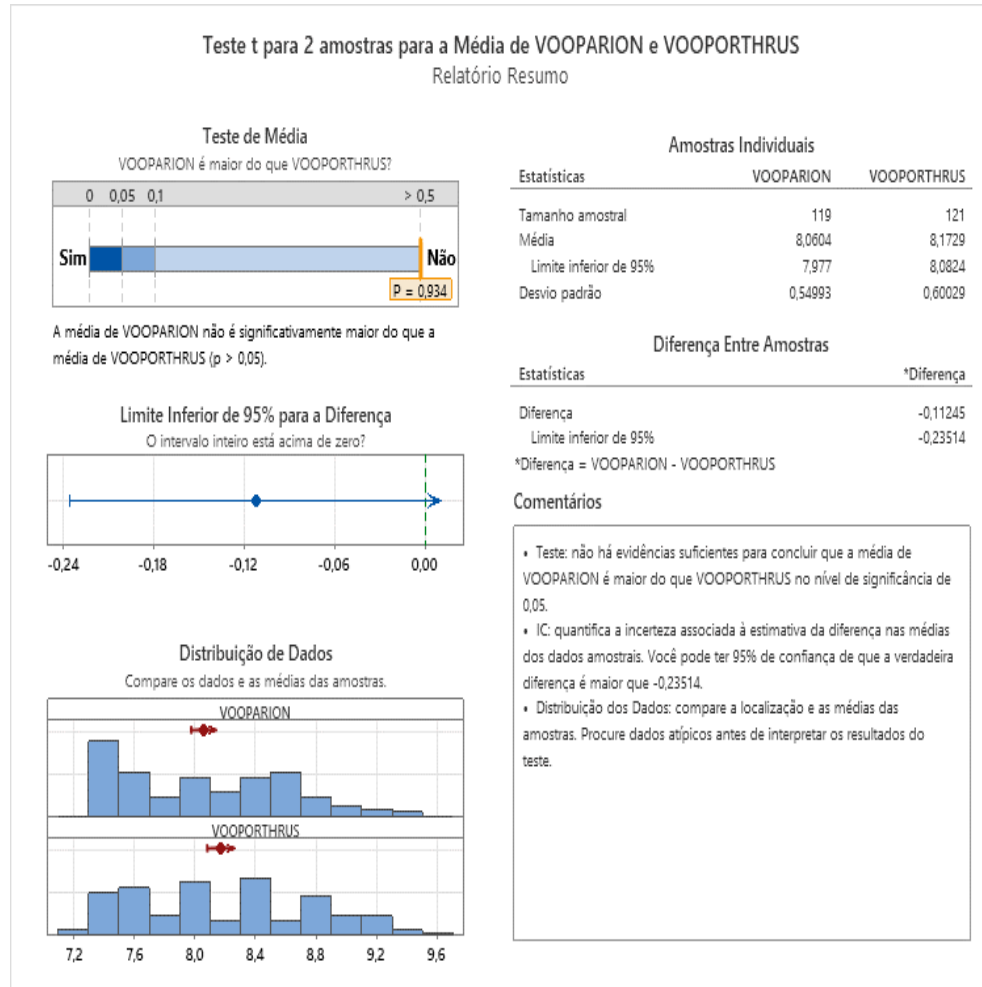


Figura 5 Relatório Teste t para duas amostras (Média)

Fonte: elaboração própria

Ao observar a figura 5 é possível verificar que não há evidências significativas para concluir que a média obtida pela turma Árion foi significativamente maior daquela obtida pela turma Orthrus. Neste caso, com 95% de confiança é possível refutar tal hipótese. Ademais, de acordo com a figura 6 é possível dizer que se a média dos graus obtidos pela turma Árion fosse 0,21803 maior que a da turma Orthrus, haveria uma chance de 90% de detectar a diferença.

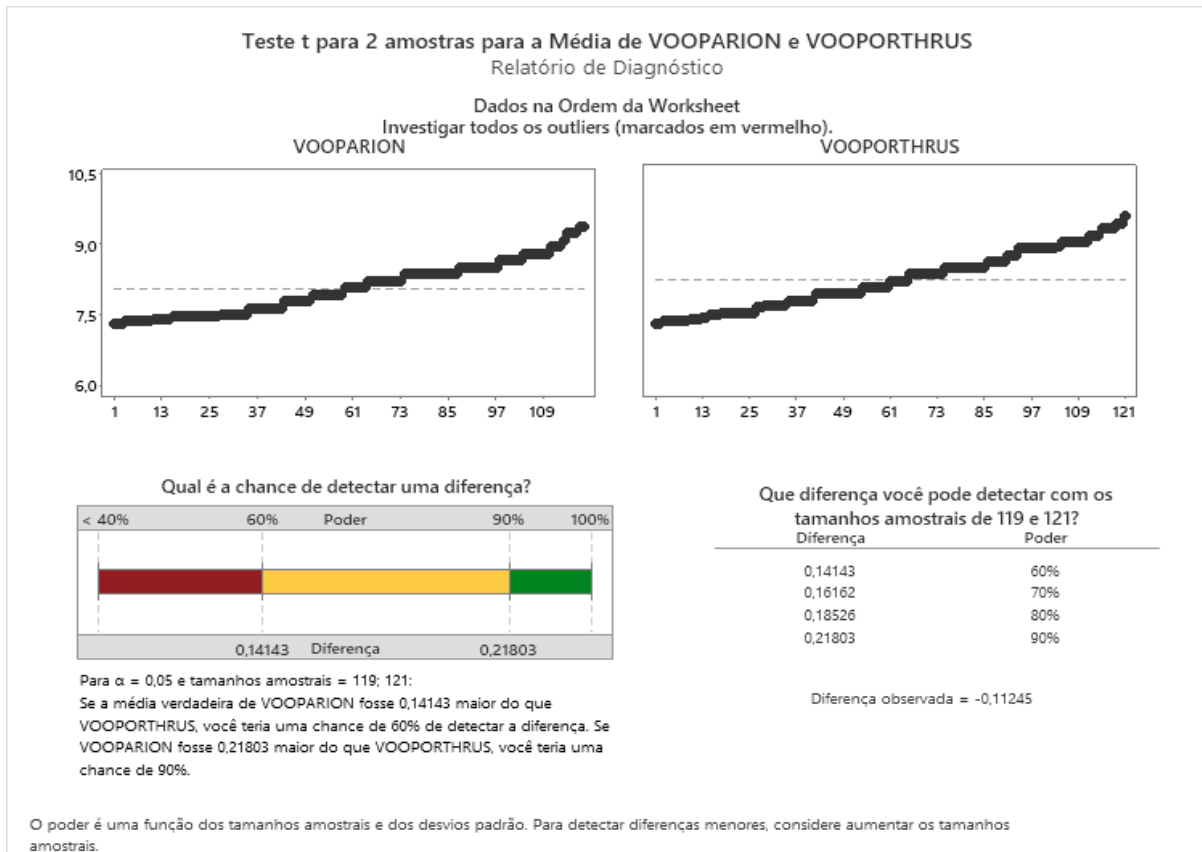


Figura 6 Relatório Teste t para duas amostras (Média)

Fonte: elaboração própria

Da mesma forma, a hipótese de diferença entre as duas médias foi testada com nível de significância de 5%. O resultado do teste realizado está apresentado na figura 7.

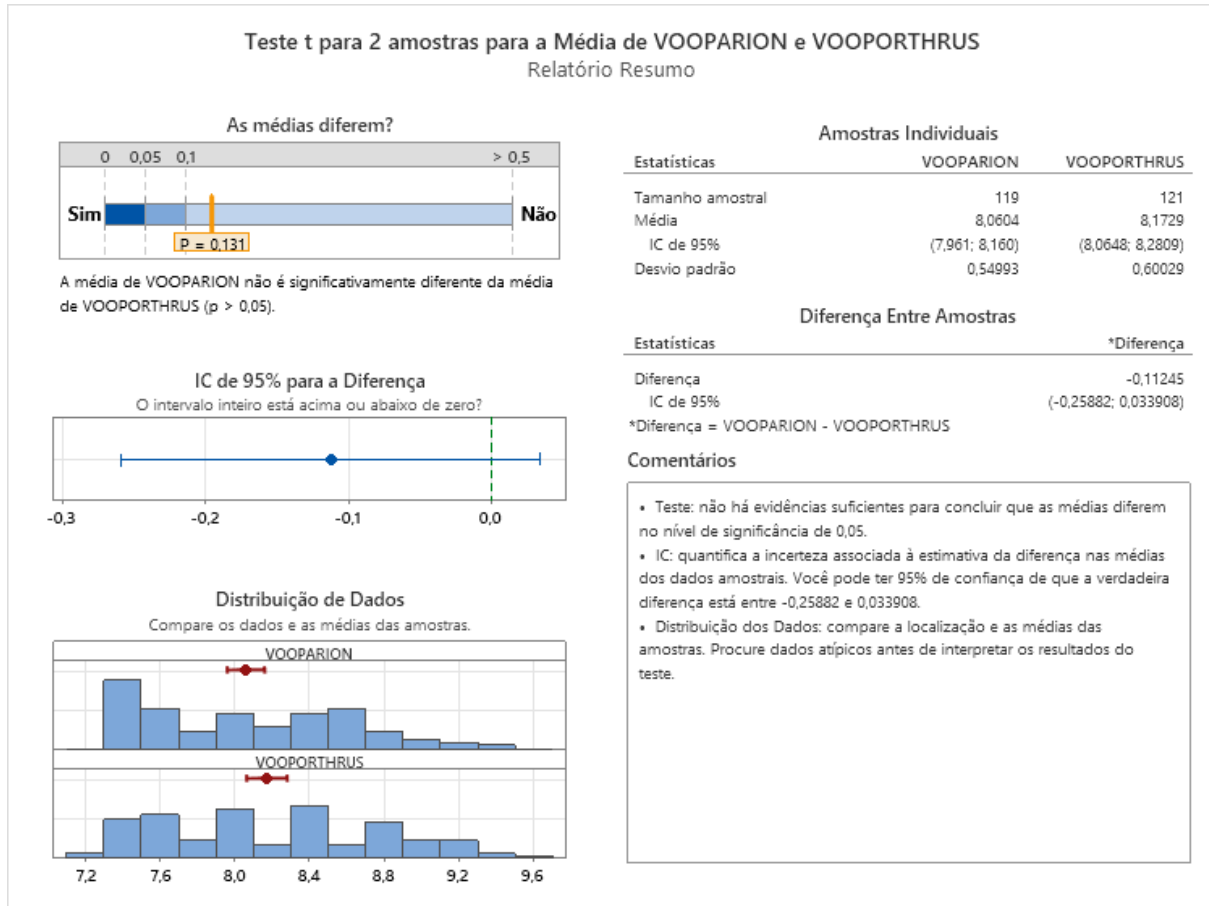


Figura 7 Relatório Teste t para duas amostras (Média)

Fonte: elaboração própria

Da mesma forma, a hipótese de que as duas médias são diferentes deve ser refutada.

Ao analisar o relatório, conclui-se que não há evidências suficientes para aceitar a hipótese alternativa, isto é, afirmar que há diferenças significativas entre as médias das turmas. O coeficiente de confiabilidade do teste é de 95%, isto é, $1 - \alpha$.

Assim como para a média, as informações apresentadas no quadro 1 levam a crer que não há diferenças significativas entre os desvios padrão apresentados pelas duas amostras. Será realizado teste de hipóteses para verificar tal afirmação.

Realizando o teste de Desvio Padrão para duas amostras, com nível de significância α de 0,05, obteve-se os resultados apresentados pela figura 8, que permitiram verificar se o desvio padrão das médias obtidas pela turma Árion foi significativamente maior do obtido pela turma Orthrus. Com 95% de confiança, tal hipótese pode também ser refutada.

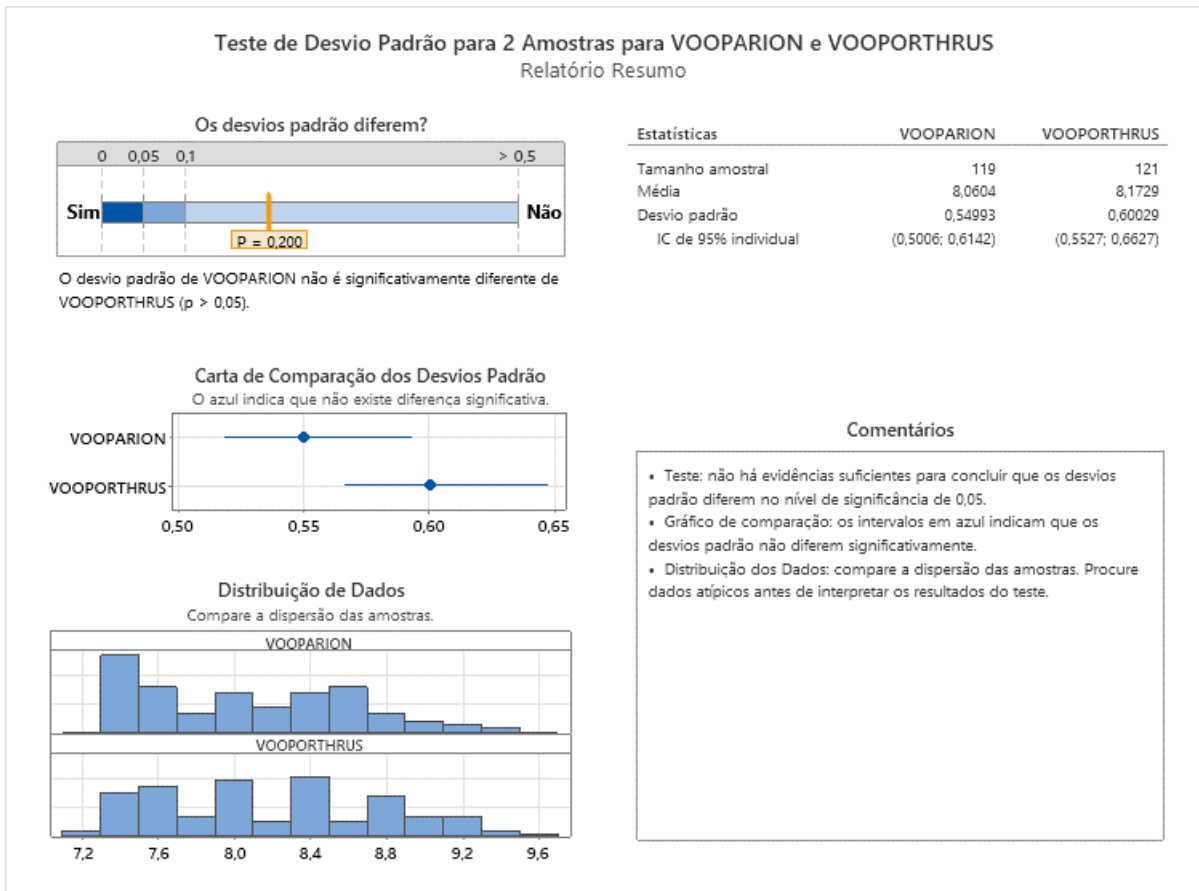


Figura 8 Relatório Teste de Desvio Padrão para duas amostras

Fonte: elaboração própria

A figura 9 mostra que se um desvio padrão fosse 19,9% menor que o outro, com 90% de confiança, seria possível afirmar que houve diferença nos desvios padrão entre as turmas.

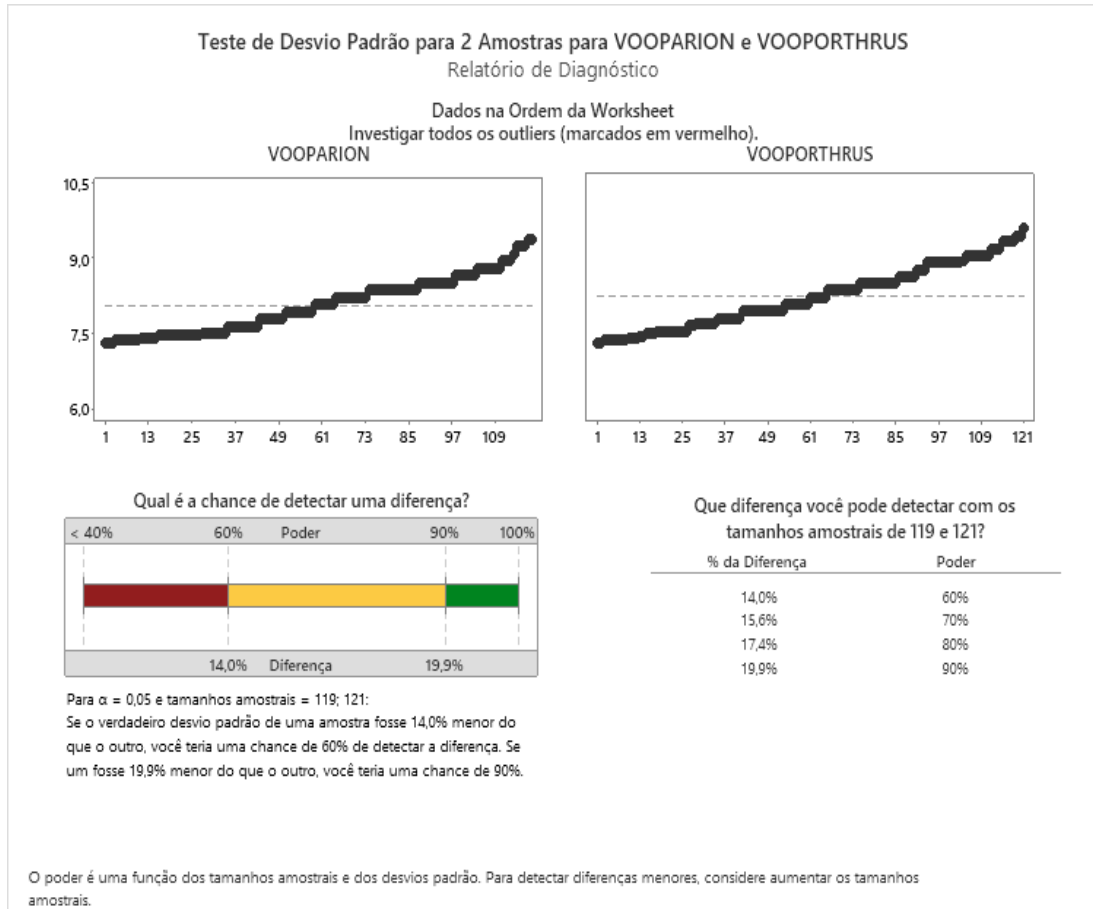


Figura 9 Relatório Teste de Desvio Padrão para duas amostras

Fonte: elaboração própria

Da mesma forma, pode-se observar que não há evidências suficientes para concluir que os desvios padrão diferem, considerando o nível de significância de 0,05. Ou seja, não se pode negar a hipótese. O coeficiente de confiabilidade do teste é de 95%.

Assim, não foi possível verificar a teoria de transferência de aprendizagens dos autores citados, uma vez que não foi observado aumento ou diferença entre os graus finais de cada cadete dos respectivos esquadrões, tornando impossível concluir que houve melhora ocasionada pelo treinamento em simuladores imersivos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se verificar, neste artigo, a hipótese de que aprendizagens adquiridas durante o treinamento em simuladores imersivos teriam maior transferência ao voo real em comparação com aprendizagens adquiridas em treinamento em simuladores instalados em computador pessoal, com base nas teorias dos autores citados sobre transferência de aprendizagens.

Para tanto, foram realizados testes de hipótese no aplicativo Minitab. A hipótese nula definida foi a de que não há diferenças significativas entre as médias obtidas pelas turmas Árion e Orthrus. Foram testadas duas hipóteses alternativas: uma de que as médias da Turma Árion eram maiores que as da Turma Orthrus, e outra de que as médias eram diferentes. As mesmas hipóteses foram utilizadas para comparar os desvios padrão dos graus de cada turma.

Foi realizado, para comparar as médias, o Teste T para duas amostras, e para os desvios padrão foi realizado o Teste de Desvio Padrão. De acordo com os testes, pode-se verificar que, ao nível de significância 0,05, não houve aumento nem diferença significativa nas médias e nos desvios padrão da Turma Árion, que utilizou simuladores imersivos no voo primário, e a Turma Orthrus, que não utilizou. Assim, não se pode verificar, na prática, a teoria da transferência de aprendizagem dos autores citados.

Deve-se destacar, entretanto, que a Turma Árion foi a primeira a utilizar os simuladores imersivos, sendo portanto um ano de experiência. Deve-se aguardar mais tempo para coletar resultados das próximas turmas e verificar se houve diferenças por meio de novas pesquisas.

Ademais, o presente trabalho tratou apenas da influência de tais simuladores no voo primário na fase de pré-solo. Para a aplicabilidade dos simuladores nas demais fases do voo, e no voo básico, pesquisas adicionais devem ser realizadas.

Dito isto, é sabido, conforme os autores mencionados, que os simuladores imersivos são uma forma de o cadete treinar procedimentos de maneira mais econômica e segura que o voo real, treinar o voo com menor impacto ambiental, praticar procedimentos de emergência e repetir de maneira rápida e repetida a execução de procedimentos. Portanto, faz-se necessário que continue o uso e estudo dos simuladores imersivos na Academia da Força Aérea.

REFERÊNCIAS

- A história do Flight Simulator. **BIANCHI**, 2019. Disponível em: <http://blog.bianchi.com.br/historia-flight-simulator>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- ASSIS, Janilson Pinheiro de; *et al.*. **Testes de Hipóteses Estatísticas**. 2020. Mossoró, RN. Editora Universitária da UFERSA.
- BECERRA VARGAS, Mauricio. **Controle de uma Plataforma de Movimento de um Simulador de Voo**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18148/tde-19012011-120622/en.php>. Acesso em: 28 jun. 2023.
- BELUZO, Carlos Eduardo. **Programa computacional para um simulador de voo**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-08012016-114920/en.php>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- BRAUN, Douglas. **A utilização do sistema de simulador de voo na segurança de voo**. 2020. Disponível em: https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/8956/1/DOUGLASBRAUN_GMA_2020.pdf. Acesso em: 28 jun. 2023
- BUSSAB, Wilton O.; MORETTIN, Pedro A. **Estatística Básica**. 3.ed São Paulo: Atual, 1986.
- COSTA, Adriano Saraiva. Abordagem sobre o emprego de simuladores de voo em computadores pessoais como auxílio na formação aeronáutica. **Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual**, 2020. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/8113> Acesso em: 15 set. 2022.
- DOS SANTOS, Vinícius Cabrini; DA SILVEIRA, Guilherme Amaral. A efetividade dos simuladores de voo no treinamento de pilotos para tarefas processuais específicas e aquisição de habilidades. **Revista Conexão SIPAER**, v. 10, n. 1, p. 15-30, 2019. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/603>. Acesso em: 24 jun. 2023
- FOSSALUZA, Victor. **Testes de hipóteses em eleições majoritárias**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/45/45133/tde-03092008-151708/en.php>. Acesso em: 16 jun. 2023.
- FONSECA, M. M. da .; MONTEIRO, R. F. Simuladores de voo: A importância do seu uso para a formação do aeronauta. **Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas**, v. 2, n. 1, p. 79–104, 2022. Disponível em: <https://rbac.cia.emnuvens.com.br/revista/article/view/90>. Acesso em: 28 jun. 2023.

GAMBARONI, Ricardo. **Formação do Piloto Policial**. São Paulo. 10 p - Ceeteps, São Paulo. Disponível em: <http://www.pos.cps.sp.gov.br/files/artigo/file/893/2ddb04e6f4b944eb5c8e8cf3553cb5b9.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2022.

How much does a Frasca simulator cost? **Frasca**, 2021. Disponível em: <https://www.frasca.com/how-much-does-a-frasca-simulator-cost/>. Acesso em 29. abr. 2023.

JUNIOR, Paulo Roberto Bastos. **Realidade virtual para treinamento dos cadetes da AFA**. 2020. Disponível em: <https://tecnodefesa.com.br/realidade-virtual-paratreinamento-dos-cadetes-da-afa/>. Acesso em: 15 set. 2022

MACHADO, Jefferson E. S.. **Os Primórdios dos Simuladores de Voo. Força Aérea Brasileira**. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/musal/>. Acesso em: 30 set. 2022.

MAGALHÃES, André. Força Aérea inaugura novo simulador de voo. **Aero Magazine**. 2022. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/forca-aereainaugura-novo-simulador-de-voo.html>. Acesso em: 15 set. 2022

MIZRAHI, Mark. The Different Kinds of Simulators Explained: BATD, AATD, FFS, FTD. **Jersey Aero Club**. 2020. Disponível em: <https://www.njaeroclub.org/post/thedifferent-kinds-of-simulators-explained-batd-aatd-ffs-ftd>. Acesso em: 15 set. 2022.

MYERS III, Paul L. *et al.* Flight simulator fidelity, training transfer, and the role of instructors in optimizing learning. **International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace**, v. 5, n. 1, p. 6, 2018. Disponível em: <https://commons.erau.edu/ijaaa/vol5/iss1/6/>. Acesso em 25 jun. 2023.

PARSONS, Dan. Full Flight Simulators Incorporate VR for Next Generation of Pilots. **Aviation Today**. 2019. Disponível em: <https://www.aviationtoday.com/2019/08/01/training-brain-mind/>. Acesso em: 15 set. 2022.

REBELO, Diego Rocha. Automação, Integração de dados e Instrumentação de um Simulador de Vôo. **Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação**, 2010. Disponível em: http://www.coro.cpdee.ufmg.br/publications/diego_rebelo.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023

RODA, Archer Lucas. **Realidade Virtual: Quasi-transferência de competências cognitivas (Representação Espacial e Consciência Situacional) a partir de simuladores de voo**. Lisboa, 2011. 172 p. Tese - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/5839>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SANTOS, SRB dos. Arquitetura de um Piloto Automático Longitudinal Hardware in the Loop com o simulador de vôo X-Plane. **Tese de Doutorado, Instituto de Tecnologia da Aeronáutica**. 2009.

Simuladores de voo e operacionais. **Quartzo Defense**, 2021. Disponível em:
<https://quartzodefense.com/simuladores-de-voo-e-operacionais/>. Acesso em: 28 jun. 2023.

SALES, Thiago Elias da Silva. **A importância do simulador de voo na formação aeronáutica**. Palhoça - SC, 2022. 35 p Monografia (Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça – SC, 2022. Disponível em:
<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/24247/1/07.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022