

**INSTRUÇÃO SIMULADA DURANTE O CURSO DE INSTRUÇÃO PRIMÁRIA NO
1º ESQUADRÃO DE INSTRUÇÃO AÉREA: análise de desempenho de Cadetes Aviadores nos
anos de 2019 a 2023¹**

***SIMULATED INSTRUCTION DURING THE PRIMARY INSTRUCTION COURSE AT
THE 1st INSTRUCTION SQUADRON AERIAL: performance analysis of Cadet Aviators in the years
2019 to 2023***

Gabriel Pereira Lischt²
Amanda Brandello Farias Soares³
Marcus Vinícius de Araújo Lima⁴

RESUMO

O simulador de voo representa um grande avanço tecnológico no setor aeronáutico, sendo usado por diversas empresas na aviação civil e militar, destacando-se como um acessório bastante utilizado no processo da instrução aérea. A Academia da Força Aérea faz uso de simuladores como ferramenta auxiliar na atividade aérea, durante o curso básico da aeronave EMB-312 (T- 27). Nos simuladores, os alunos realizam missões de caráter formativo, cumprindo as fases de pré-solo, manobras e acrobacias, voo por instrumentos e navegação. No entanto, as plataformas atualmente utilizadas foram implementadas entre os anos de 2020 e 2022, carecendo de estudos que atestem a sua eficiência. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi analisar a influência da instrução simulada no desempenho dos Cadetes aviadores do 4º ano da AFA, durante o curso básico da aeronave T-27, na fase de pré-solo. Para tanto, foram realizados dois testes estatísticos a fim de realizar uma comparação entre as médias das notas de voo dos Cadetes que realizaram instruções em simulador de voo com as notas daqueles Cadetes que não tiveram ou tiveram de forma parcial o uso da simulação. Foi realizada uma análise quantitativa, baseada nos graus das fichas de voo entre os anos de 2019 e 2023. Os resultados obtidos demonstram que não foram encontradas diferenças significativas entre as médias e medianas analisadas, sugerindo que a instrução em simulador de voo não impactou substancialmente as notas dos Cadetes.

Palavras-chave: Simulador de voo; Desempenho; Instrução aérea; T-27.

¹Artigo 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 da Academia da Força Aérea (Turma Árion).

³Graduação em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea (2015), Mestre em Desempenho Humano Operacional pela Universidade da Força Aérea (UNIFA) Capitão Aviadora da Força Aérea Brasileira e instrutora de voo na Academia da Força Aérea (AFA). amandaabfs@fab.mil.br.

⁴ Prof. Associado III da AFA, Bacharelado em Matemática (1993), Mestrado em Matemática Aplicada (1997) e Doutorado em Matemática (2001), pela universidade Federal de São Carlos. marcuslima.afa@gmail.com.

ABSTRACT

The flight simulator represents a major technological advance in the aeronautical sector. It is used by various companies in civil and military aviation and stands out as a widely used accessory in the process of aerial instruction. The Air Force Academy uses simulators as an auxiliary tool in aerial activity, during the basic course for the EMB-312 (T-27) aircraft. On the simulators, students carry out training missions, completing the pre-flight, maneuvering and aerobatics, instrument flight and navigation phases. However, the platforms currently in use were deployed between 2020 and 2022, and there are no studies to prove their efficiency. With this in mind, the aim of this study was to analyze the influence of simulated instruction on the performance of 4th year aviator cadets at AFA, during the basic course on the T-27 aircraft, in the pre-flight phase. To this end, two statistical tests were carried out in order to compare the average flight scores of the cadets who were instructed in a flight simulator with the scores of those cadets who were not or only partially simulated. A quantitative analysis was carried out, based on the grades in the flight records between 2019 and 2023. The results obtained show that no significant differences were found between the means and medians analyzed, suggesting that flight simulator instruction did not have a substantial impact on the Cadets' grades.

Keywords: Flight simulator; Performance; Aerial instruction; T-27.

INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea (AFA) tem como missão, por meio da educação superior em nível de graduação, na modalidade bacharelado, formar oficiais de carreira da Aeronáutica dos Quadros de Oficiais Aviadores (QOAV), Intendentes (QOINT) e de Infantaria da Aeronáutica (QOINF), desenvolvendo nos cadetes os atributos militares, intelectuais e profissionais, bem como os padrões éticos, morais, cívicos e sociais, de forma a obter, ao final deste processo de formação, oficiais em condições de se tornarem líderes de uma moderna Força Aérea (Brasil, 2021). Durante o Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV), o futuro piloto militar tem a oportunidade de voar duas aeronaves: o T-25 Universal, no qual o cadete tem o contato inicial com a atividade aérea, no 2º Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA); e o T-27M (EMB-312), no 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA), onde o piloto aperfeiçoa as técnicas de pilotagem (Brasil, 2023).

É importante ressaltar que os cursos destinados à instrução aérea em cada uma das aeronaves requerem do aluno altos níveis de dedicação e preparo. Durante o estágio Básico do T-27M, os Cadetes aviadores recebem instruções teóricas em sala de aula e práticas em simulador de voo, com o objetivo de melhor prepará-los para a atividade aérea. O curso ministrado no 1º EIA contempla o simulador de voo como ferramenta de ensino e treinamento,

em caráter experimental, o que lhe atribui o caráter formativo e não somativo, ou seja, os graus finais não são computados para fins de classificação ou reprovação. (Brasil, 2023).

Atualmente os simuladores do Esquadrão de Treinamento Simulado (ETS) são utilizados pelo 1º EIA para treinamento dos procedimentos normais e de emergências (PNE), bem como para o preparo prévio do Cadete para as missões relativas às fases de: pré-solo, manobras e acrobacias, voo por instrumentos (básico e avançado) e navegação.

Todo o investimento em plataformas de simulação feito pela AFA, tem o intuito de aprimorar e preparar o Cadete cada vez mais para a atividade aérea real. Tendo em vista que o treinamento na FAB abrange as áreas de formação e pós-formação, e para o aprimoramento da capacitação do efetivo, todas as atividades de ensino devem conter exercícios práticos que desenvolvam as habilidades e atitudes esperadas e que aproximem os alunos da realidade que enfrentarão (Brasil, 2018). Dessa maneira, torna-se fundamental avaliar se as mudanças implementadas na utilização do simulador de voo têm surtido efeito positivo no sentido de melhor preparar o cadete para a instrução aérea levando em consideração os graus das fichas de voo de Cadetes que passaram pelo 1º EIA nos anos 2019 a 2023.

Segundo Rolfe e Staples (1988), a operação de aeronaves modernas exige níveis elevados de competência e conhecimento e o simulador de voo demonstrou ser capaz de contribuir para a tarefa de formação de tripulações aéreas.

De acordo com Herculian (2017), o Centro de Computação da Aeronáutica (CCA-SJ) realizou uma visita à AFA em 2015, com o intuito de avaliar os simuladores utilizados à época. Após estudos técnicos realizados por esse Centro, foi emitido um parecer da equipe responsável revelando que tais simuladores não forneciam um treinamento positivo aos Cadetes, devido a discrepâncias identificadas nos comandos de voo, instrumentos e parâmetros entre o voo real e simulado. Por conta disso, houve a aquisição de novas plataformas de simulação para o ETS, buscando o aprimoramento da instrução para os Cadetes que estão no 4º ano do CFOAV. Essas plataformas atuais contam com um renovado aparato, denominado T-4000, que equipa o ETS desde o dia 24 de junho de 2022. A partir de sua implementação, percebe-se absoluta adesão a esse novo sistema de preparação, comumente notado entre os instrutores e Cadetes aviadores (Brasil, 2022).

Nesse sentido, devido à recente modernização dos simuladores da AFA, a literatura carece de estudos que avaliem o quão efetivos são os novos métodos de instrução simulada aplicados aos Cadetes aviadores. Portanto, o objetivo do estudo foi analisar a influência da instrução simulada no desempenho dos Cadetes aviadores do 4º ano da AFA, no curso básico

da aeronave T-27, na fase de pré-solo, tendo como objeto de análise apenas os graus relativos às fichas de voo.

A presente pesquisa realizou um levantamento de dados relativos aos graus das fichas de voo aplicadas pelo 1ºEIA, durante a fase de pré-solo nos anos de 2019 a 2023 a fim de cumprir os seguintes objetivos específicos: comparar os graus obtidos nas missões de pré-solo, das turmas que usaram os novos simuladores, com as turmas que não utilizaram essas plataformas como instrumento de preparo para a instrução aérea; identificar a influência do simulador no desempenho dos cadetes aviadores com base nos dados obtidos; e verificar se a experiência de voo pregressa dos cadetes influenciou o desempenho no voo.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 SIMULADORES DE VOO

Nos primórdios da aviação, muitos acidentes com vítimas fatais ocorreram, trazendo prejuízos aos pioneiros da atividade aérea. A inexperiência e a falta de habilidade técnica específica fizeram com que surgisse a necessidade e a busca por novos métodos que contribuíssem para uma preparação inicial do piloto antes do voo. Dessa forma, alguns inventores fascinados pela aviação e preocupados com os perigos da atividade aeronáutica, criaram alguns aparelhos chamados inicialmente de “treinadores de voo”. Com o avanço da tecnologia e a difusão desse tipo de ferramenta, ficaram conhecidos como simuladores de voo (Brasil, 2016).

Segundo Lee (2005), antes que se completassem três décadas do primeiro voo de uma aeronave, engenheiros estavam em busca de desenvolver um equipamento que simulasse uma aeronave em terra. Desde então, as tecnologias para a simulação realista de voo cresceram espantosamente em capacidade e complexidade. Os benefícios proporcionados pelos simuladores de voo podem ser notados quando se observa os investimentos que são aplicados nos projetos de pesquisa e desenvolvimento desses equipamentos. Concomitantemente, existem mais de 500 tipos de simuladores empregados ao redor do mundo, na formação e manutenção das competências de tripulações civis e militares (Rolfé e Staples 1988).

De acordo com Gomes Junior (1976) os simuladores de voo proporcionam mais eficiência, maior segurança, maior conveniência e mais economia. No que diz respeito a maior eficiência dessas plataformas, é destacável o fato do piloto ter condições de treinar inúmeros procedimentos, principalmente os de emergências, haja vista que alguns são inviáveis de serem

treinados em um voo real por motivos de segurança. Outra vantagem é a completa independência do simulador de voo em relação a fatores operacionais, como disponibilidade de aeronave e condição meteorológica. Além disso, o treinamento pode ser realizado em qualquer hora do dia ou noite.

Os simuladores, de quaisquer que sejam os tipos de plataforma, já são utilizados de forma eficaz por diversas instituições devido ao fato de serem consideradas umas das melhores ferramentas para o ensino para os principiantes ou para aqueles que buscam aperfeiçoamento de fases específicas (Gonçalves, 2018). Essa ferramenta era tradicionalmente associada ao treinamento de voo de pilotos comerciais, porém o uso de plataformas simuladas de maior ou menor complexidade se expandiu rapidamente para outras áreas, como por exemplo missões militares de combate (Viana, 2014).

1.2 SIMULADORES NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA

As escolas e centros de formação de pilotos utilizam cada vez mais os simuladores como ferramenta de instrução aérea, com a finalidade de mitigar as falhas que possam ocorrer em um voo real. As plataformas simuladas permitem o ensino e treinamento do piloto de acordo com o que é exigido pela sua instituição (De Costa, 2008).

No âmbito da FAB, conforme prevê a Diretriz de Comando da Aeronáutica (DCA) 11- 45 (Brasil, 2018), em relação ao seu campo operacional, o uso de simuladores e de exercícios simulados devem ser massivamente utilizados visando preparar o combatente para o emprego da Força.

Uma Força Aérea eficiente é feita da união de aeronaves e sistemas d'armas adequados e com tripulações devidamente capacitadas. Significa dizer que de nada adianta possuir o melhor equipamento existente se não houver o treinamento adequado para aqueles que conduzirão as operações aéreas (Ministério da Defesa, 2018).

Na AFA, as instruções em simuladores começaram no ano de 1992, um ano após a implantação de dois simuladores construídos pela empresa brasileira ABC. Neles, observava-se que os treinamentos realizados pelos Cadetes eram limitados por não haver telas que reproduzissem o voo de maneira visual, o que impedia o aluno de realizar diversos procedimentos enquanto pilotava a aeronave (Gonçalves, 2018). Ainda assim, eram utilizados para treinamentos de emergências, voo por instrumentos e ambientação à nacele.

Contudo, Herculian (2017) notou que havia certa discrepância nos parâmetros dos simuladores com o voo real no T-27, pois estava ocorrendo diversos problemas de indicação

em instrumentos e discordâncias no módulo de controle de força do sistema de comandos de voo, gerando uma diferença significativa das características de operação da aeronave. Concluiu, dessa forma, que o simulador estava produzindo o efeito contrário ao propósito para o qual a plataforma foi implantada. Através do seu estudo, o autor observou um decréscimo de 18,55% nas notas de voo e um aumento no número de voos deficientes (quando o Cadete não alcança um desempenho adequado).

Nesse sentido, o Centro de Computação da Aeronáutica de São José dos Campos (CCA- SJ) desenvolveu novos simuladores de voo, os quais atualmente são utilizados como ferramenta de avaliação de desempenho e treinamento para o voo real. Os Cadetes do 4º ano do CFOAV operam o T-4000 modernizado (Figura 1), o qual permite que os alunos tenham uma imersão total na aeronave, podendo interagir com todos os instrumentos e funcionalidades da aeronave T-27M e permitindo um treinamento fidedigno dos exercícios realizados na fase de pré-solo e procedimentos de emergência (Brasil, 2022).



Figura 1 Simulador T-4000

Fonte: Soldado João Oliveira / AFA (2022)

Além disso, utilizam outros dois modelos com configuração mais modesta, o T-2000 (Figura 2) e T-3000 (Figura 3), ambos desenvolvidos pela equipe do CCA-SJ. O T-2000 possibilita o treinamento de diversos tipos de missões e aplicação dos conceitos primários, como teoria de voo e regras de tráfego aéreo, até os conceitos mais avançados de pilotagem, a exemplo de manobras e acrobacias, voo de formatura, voo noturno e voos de navegação visual e por instrumento. Desse modo, esse equipamento acompanhará o Cadete aviador desde o início do voo no 2º EIA até o término do CFOAV, no quarto ano (Brasil, 2020).



Figura 2 Simulador T-2000

Fonte: Soldado A. Soares / CECOMSAER (2020)

A plataforma T-3000 é um dispositivo de treinamento de voo baseado na tecnologia de realidade virtual, que proporciona ambientação às áreas de instrução da AFA, ao voo por referências visuais e aos vários tipos de tráfego normal e de emergência.

Além de possibilitar aos Cadetes treinarem, repetidas vezes, o que seja recomendado por seus instrutores de voo em um ambiente seguro, imerso, característico e tridimensionalmente apurado. A máscara de realidade virtual facilita, por exemplo, a visualização de referências além do alcance das telas, pois permite que o piloto gire a cabeça, assim como faria no voo real.



Figura 3 Simulador T-3000

Fonte: Soldado Vaz / AFA (2020)

Nesse sentido, espera-se que cada simulador contribua com uma habilidade diferente no processo de aprendizagem do cadete. Os três modernos simuladores utilizados na AFA, foram inaugurados em períodos diferentes. O T-2000 foi implantado no dia 10 de julho de 2020 e possui a capacidade de treinamento e aplicação de conceitos primários e avançados da instrução aérea (Brasil, 2020).

No mesmo ano, o CCA-SJ instalou dois simuladores T-3000 o qual possui a tecnologia de Realidade Virtual (RV). Este simulador possui o intuito de ambientar os Cadetes à dinâmica do voo, sendo mais fácil visualizar referências visuais utilizadas nos tráfegos normais e de emergências e na área de instrução (Brasil, 2020).

No dia 24 de agosto de 2022, foi realizada a entrega e inauguração do simulador T- 4000, o qual é de uso exclusivo do 1ºEIA e acompanhou a modernização do T-27M e, atualmente, é o mais moderno simulador presente na instrução aérea da AFA. Essa plataforma está montada na nacele de um T-27M, possuindo, portanto, todos os interruptores e sistema de aviônicos da aeronave real, o que permite a maior imersão do aluno no voo. (Brasil, 2022).

Atualmente, o Cadete aviador do 4º ano recebe instruções nos três modelos de simuladores de voo. O curso no 1ºEIA contempla a realização de instruções simuladas, avaliadas por um instrutor, relativas às fases de pré-solo, manobras e acrobacias e voo por instrumentos básico e avançado. Essas instruções possuem caráter formativo e não somativo, ou seja, os graus das fichas de voo não são computados para a nota final do curso (Brasil, 2023).

1.3 CRITÉRIOS DA INSTRUÇÃO AÉREA NA AFA

A instrução na AFA segue critérios bem definidos e padronizados. O Cadete é avaliado por meio da ficha de voo, instrumento que permite que o instrutor descreva o desempenho do aluno no voo e, ao final, atribua um grau para cada exercício realizado e para o desempenho geral da missão. De acordo com o PIMO (2024, p. 20) o critério de avaliação na AFA, tanto para o voo real quanto para as instruções em simuladores, é dividido em quatro níveis de aprendizagem: preparação (PR), resposta aberta orientada (RO), resposta mecânica (RM) e resposta complexa (RC).

- 1) **Preparação (PR):** Neste nível, o aluno (AL) faz o ajustamento preparatório para determinada ação, estando contidos aí o preparo mental, o preparo físico e o preparo emocional. Cabe ao instrutor (IN) levar o AL a obter uma percepção simulada e ajustá-lo a responder corretamente a esta percepção, otimizando a resposta e reduzindo a surpresa e a novidade.
- 2) **Resposta orientada (RO):** O AL age sob orientação do IN, desenvolvendo habilidades motoras simples, cabendo a esse servir como modelo, de modo que leve o AL a atingir, através da orientação e da repetição, a resposta desejada.
- 3) **Resposta mecânica (RM):** O AL adquiriu certa confiança e um adequado Grau de proficiência quanto à resposta, sendo que é capaz de, por si só, executar a ação sem o acompanhamento do IN, com relativa segurança, revelando-a como uma resposta habitual. Algumas vezes, ainda há a necessidade de controle do IN, porém, mais no sentido de aperfeiçoamento da ação, normalmente de forma verbal.

- 4) **Resposta aberta complexa (RC):** Ao atingir esse nível o AL terá adquirido um alto grau de habilidade, pois executará um conjunto integrado de movimentos feitos com desembaraço e eficiência, sendo, autonomamente capaz de identificar e de corrigir, com propriedade, seus próprios erros, sem a presença do IN.

Cada missão realizada pelo Cadete possui uma ordem de instrução, prevista no PIMO, a qual contém todos os exercícios a serem realizados e seu nível de aprendizagem correspondente. - Com base no desempenho do aluno, o instrutor computará as notas de cada exercício e a nota final da missão, sendo esses graus numerados de 1 a 6, e a cada um sendo atribuída características específicas (Brasil, 2024), são elas:

1. **Grau 1 (PERIGOSO):** Será atribuído a qualquer item avaliado da ficha de missão sempre que ocorrer alguma das duas situações: quando as normas da atividade aérea forem violadas sem qualquer razão ou quando o IN intervir manualmente nos comandos de voo ou nos sistemas auxiliares para evitar acidentes perfeitamente previsíveis, levando-se em consideração o nível de aprendizagem do AL.
2. **Grau 2 (DEFICIENTE):** Poderá ser atribuído a qualquer item avaliado da ficha de missão, de acordo com os níveis de aprendizagem previstos, quando o aluno apresentar erros que o impeçam de atingir o nível de aprendizagem previsto em um ou mais itens de avaliação.
3. **Grau 3 (SATISFATÓRIO NOS MÍNIMOS):** Será atribuído, de acordo com os níveis de aprendizagem, a qualquer item avaliado da ficha de missão, sempre que o aluno necessitar de muito treinamento para atingir o rendimento mínimo aceitável em qualquer exercício previsto. O grau 3 será atribuído como grau final da missão sempre que o desempenho geral do aluno for satisfatório nos mínimos.
4. **Grau 4 (SATISFATÓRIO):** Será atribuído a qualquer item avaliado da ficha de missão quando o aluno apresentar erros, mas atingir, com o treinamento, o nível previsto no exercício. O grau 4 será atribuído como grau final da missão de acordo com o desempenho geral do aluno na missão.
5. **Grau 5 (BOM):** Será atribuído a qualquer item da ficha de missão quando o aluno apresentar poucos e pequenos erros, atingindo, com pouco treinamento, o nível previsto no exercício. O grau 5 será atribuído como grau final da missão de acordo com o desempenho geral do aluno na missão.
6. **Grau 6 (EXCELENTE):** Será atribuído a qualquer item da ficha de missão quando o aluno demonstrar excelente domínio da aeronave e atingir com facilidade ou superar o nível previsto para o exercício.

Ainda com o objetivo de diminuir a subjetividade da avaliação e visando maior padronização entre os instrutores, as fichas de voo, após confeccionadas, são analisadas pelos Comandantes de Esquadrilha. Nesse momento, esses instrutores analisam se há alguma inconsistência entre o grau atribuído e o desempenho descrito no respectivo exercício.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi baseada na abordagem de Gil (2002) que define pesquisa como um procedimento racional e sistemático destinado a fornecer respostas aos problemas propostos. Com o intuito de atender aos objetivos deste trabalho, foi conduzida uma pesquisa descritiva de natureza quantitativa. O foco recaiu sobre o levantamento de dados referentes aos graus atribuídos às fichas de voo da fase de pré-solo dos Cadetes que tiveram instrução no 1º EIA no período de 2019 a 2023.

Para coletar as informações necessárias, foi elaborado um ofício direcionado à Divisão de Operações Aéreas da AFA, solicitando os registros das fichas de voo de 462 Cadetes abrangidos pelo referido intervalo de tempo. Todos os graus foram fornecidos de forma anônima, sem associação aos cadetes correspondentes. Assim, a pesquisa não precisou ser submetida a um comitê de ética, em consonância com o Art. 1, Parágrafo Único da Resolução Nº 510/2016 do CEP/CONEP (CNS, 2016).

Além disso, foi realizada uma análise do PIMO de cada uma das turmas avaliadas. Durante essa análise, observou-se que, em 2019, houve uma alteração no programa de instrução do estágio primário, que deixou de incluir as fases de manobras e acrobacias, formatura e navegação. O Quadro 1 apresenta um resumo dos programas de instrução analisados, no que tange às turmas analisadas e as respectivas experiências de voo real e simulado.

Quadro 1 Turmas analisadas

Turma	Simulador	Experiência de voo progressiva (estágio primário)
2019	Simulador antigo	Curso completo
2020	Simulador antigo	Curso completo
2021	Simulador antigo	Apenas fase de pré-solo
2022	Novos simuladores	Apenas fase de pré-solo
2023	Novos simuladores	Apenas fase de pré-solo

Fonte: elaborado com base em Brasil (2019; 2020; 2021; 2023)

Após o levantamento dos dados, foram realizadas duas análises estatísticas: a primeira levou em consideração apenas a variável “simulador”. Ou seja, os dados foram segmentados em dois grupos distintos: o grupo 1, constituído pelas turmas que não utilizaram os novos simuladores como ferramenta de instrução (turmas de 2019, 2020 e 2021), e o grupo 2, constituído pelas turmas que receberam as referidas instruções durante o curso básico da aeronave T-27 (turmas de 2022 e 2023).

A segunda análise levou em consideração a “experiência de voo progressiva”, além da variável “simulador”. Constituiu-se, assim, três grupos: grupo 1, constituído pelas turmas que possuíram o curso completo no T-25, porém utilizaram o simulador antigo como auxílio (turmas

de 2019 e 2020); grupo 2, constituído pelas turmas que não tiveram o curso completo no T-25 e não utilizaram os novos simuladores (turma de 2021); grupo 3, constituído pelas turmas que não tiveram o curso completo do T-25, mas tiveram instrução nos novos modelos de simulador (2022 e 2023).

A primeira análise foi realizada utilizando o *software* estatístico R, *software* livre que pode ser instalado em computador pessoal com qualquer sistema operacional, bem como pode ser usado na plataforma *online*, gratuita, RPositCloud. Os dois grupos foram inicialmente analisados por meio de estatística descritiva e gráficos (boxplot, gráfico de barras), seguida de dois testes de hipótese: teste-t, para a média dos graus, e teste de Mann-Whitney, também chamado de teste de Mann-Whitney-Wilcoxon para a distribuição dos graus. Os dois testes de hipótese foram bilaterais (ou bicaudais), quando para hipótese nula (H_0) assume-se a igualdade entre os parâmetros sob análise e, na hipótese alternativa (H_1) assume-se a diferença entre os parâmetros sob análise (Fávero e Beliore, 2017).

Por sua vez, a segunda análise foi conduzida no *software* estatístico JASP. Foi realizado o teste de Shapiro-Wilk, que de acordo com Fávero e Beliore (2017) é um teste de normalidade unilateral que assume as seguintes hipóteses: (H_0) a amostra provém de uma população com distribuição normal e (H_1) a amostra não provém de uma população com distribuição normal. Outro teste realizado foi o de Kruskal-Wallis o qual é uma alternativa à Análise de Variância quando as hipóteses de normalidade dos dados e igualdade das variâncias forem violadas, quando o tamanho da amostra for pequeno, ou ainda quando a variável for medida em escala ordinal (Fávero e Beliore, 2017).

Ao término deste estudo, foi possível realizar uma comparação entre as turmas amostradas, visando verificar se a introdução dos simuladores como ferramenta de instrução aérea contribuiu para o aumento das notas de voo dos Cadetes durante a fase de pré-solo do T- 27.

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISE 1: variável “simulador”

A Tabela 1 apresenta o quantitativo dos graus obtidos pelos Cadetes nas missões da fase de pré-solo.

Tabela 1 Quantidade de graus obtidos na fase de pré-solo

Grupos	Quantidade de graus						Total
	1	2	3	4	5	6	
Grupo 1 (simulador antigo)	4	128	93	1038	1559	6	2828
Grupo 2 (novos simuladores)	0	122	58	867	1220	0	2267

Fonte: elaboração própria com dados coletados na pesquisa

A Tabela 2 apresenta a porcentagem dos graus obtidos em cada grupo. Apesar das diferenças observadas nos números absolutos, nota-se que a quantidade de voos realizados pelo grupo 1 foi maior que do grupo 2, portanto torna-se necessário a análise dos graus percentuais.

Tabela 2 Porcentagem de graus obtidos na fase de pré-solo

Grupos	Quantidade de graus					
	1	2	3	4	5	6
Grupo 1 (simulador antigo)	0,1%	4,5%	3,3%	36,7%	55,1%	0,2%
Grupo 2 (novos simuladores)	0,0%	5,4%	2,6%	38,2%	53,8%	0,0%

Fonte: elaboração própria com dados coletados na pesquisa

Observa-se que, no grupo 2, a soma dos graus perigosos e deficientes (1 e 2) foram superiores em percentuais aos mesmos graus no grupo 1. Por outro lado, nenhum Cadete obteve grau máximo (6) no grupo 2. O boxplot dos dados dos grupos 1 e 2 permite uma visualização gráfica, resumida dos dados:

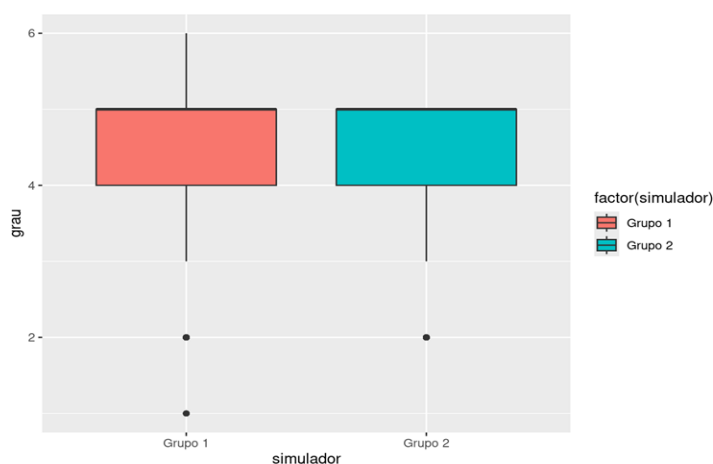


Figura 4: boxplot dos dados dos Grupos 1 e 2 Fonte: O próprio autor, figura gerada no *software* RStudio

Na Figura 4 é possível observar que há pequenas diferenças nos graus entre os dois grupos. Ambas as distribuições são muito similares e apresentam assimetria negativas (as caudas das distribuições estão mais à esquerda).

Apesar das tabelas e figuras elaboradas com os dados indicarem uma grande similaridade nas distribuições dos graus nos dois grupos, uma análise estatística mais refinada foi realizada, utilizando o *software* Rstudio. A Tabela 3 apresenta um resumo da estatística descritiva dos dois grupos:

Tabela 3 Resumo da estatística descritiva

Grupos	Resumo da estatística descritiva				
	Média	Desvio Padrão	Mediana	Assimetria	Curtose
Grupo 1 (simulador antigo)	4,4	0,78	5	-1,52	2,22
Grupo 2 (novos simuladores)	4,43	0,78	5	-1,53	-2,46

Fonte: elaboração própria com dados coletados na pesquisa

Aplicando o teste-t, o teste retorna o valor de $t = -1,0411$ e o $p\text{-value} = 0,2979 > 0,05$, aceitando a hipótese H_0 , ou seja, não há diferença significativa entre as médias dos Grupos 1 e

2. Aplicando o teste de Mann-Whitney-Wilcoxon para os dados, o teste retorna o $p\text{-value} = 0,2796 > 0,05$, novamente aceitando a hipótese H_0 , ou seja, não diferença entre as distribuições dos graus nos Grupos 1 e 2.

Observa-se, dessa análise dos dados, que os dois grupos são muito homogêneos em relação aos graus obtidos nas avaliações dos Cadetes. Foi possível notar que a primeira análise realizada com os dados obtidos o uso dos simuladores para a fase de pré-solo não trouxe diferença nas médias de voo dos grupos 1 e 2.

3.2 ANÁLISE 2: variáveis “simulador” e “experiência progressa”.

A Tabela 5 demonstra a estatística descritiva da análise realizada no JASP.

Tabela 5 Estatística Descritiva

Grupos	Graus	Frequência	Porcentagem	Porcentagem válida	Porcentagem cumulativa
Grupo 1	1	2	0.127	0.127	0.127
	2	65	4.143	4.143	4.270
	3	44	2.804	2.804	7.075
	4	568	36.201	36.201	43.276
	5	888	56.597	56.597	99.873
	6	2	0.127	0.127	100.000
	Ausentes	0	0.000		
Total	1569	100.000			
Grupo 2	1	0	0.000	0.000	0.000
	2	122	5.382	5.382	5.382
	3	58	2.558	2.558	7.940
	4	867	38.244	38.244	46.184
	5	1220	53.816	53.816	100.000
	6	0	0.000	0.000	100.000
	Ausentes	0	0.000		
Total	2267	100.000			
Grupo 3	1	2	0.159	0.159	0.159
	2	63	5.004	5.004	5.163
	3	49	3.892	3.892	9.055
	4	470	37.331	37.331	46.386
	5	671	53.296	53.296	99.682
	6	4	0.318	0.318	100.000
	Ausentes	0	0.000		
Total	1259	100.000			

Fonte: elaboração própria com dados fornecidos pelo programa JASP

Na Tabela 5 pode-se observar que o grupo 2 possui um maior número de fichas de voo e que só houve voos perigosos (grau 1) nos grupos 1 e 3. O grupo que possui maior número de deficientes (grau 2) é o grupo 2. Além disso o Grupo 3 foi o que teve o maior número de voo excelente (grau 6).

A distribuição de cada grau em relação aos grupos pode ser observada na Figura 5, representada na forma de boxplot abaixo:

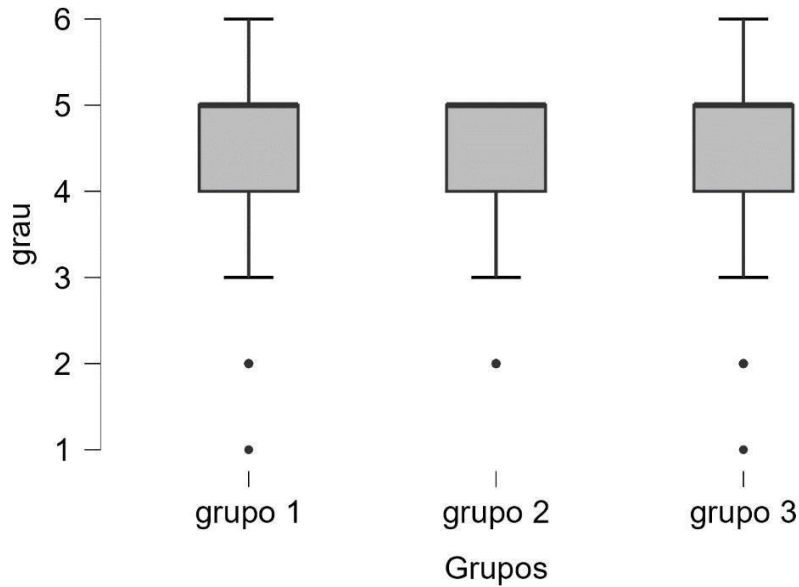


Figura 5: boxplot dos dados dos Grupos 1, 2 e 3 Fonte: O próprio Autor, Figura gerada no software JASP

Observa-se na Figura 5 que as distribuições de graus são bem semelhantes nos três grupos, e que há apenas alguns *outliers* em relação aos graus 1 e 2.

Na segunda análise, realizada no programa JASP, inicialmente verificou-se se os dados possuíam distribuição normal por meio do teste de Shapiro-Wilk, concluindo que os dados não possuíam normalidade, pois o *p-value* de todos os grupos foram menor 0,001.

Em seguida foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, para verificar se as distribuições dos dados apresentam diferenças estatisticamente significantes entre as medianas dos três grupos. Após o teste notou-se que não houve diferença significantes entre os graus dos três grupos, pois o *p-value* = 0,096 > 0,05.

A Tabela 4 demonstra o resultado do teste Kruskal-Wallis, aplicado para verificar se há diferenças significantes entre as variâncias, nota-se que o *p-value* = 0,096 > 0,05.

Tabela 4 Teste de Kruskal-Wallis

Fator	Estatística	GI	<i>p-value</i>
Grupos	4,667	2	0,096

Fonte: elaboração própria com dados coletados na pesquisa

A presente pesquisa objetivou verificar a influência da instrução simulada no desempenho dos Cadetes aviadores do 4º ano da AFA, na fase de pré-solo, durante o curso básico realizado na aeronave T-27. Para isso, traçou-se os seguintes objetivos específicos: comparar os graus obtidos nas missões de pré-solo, das turmas que usaram os novos simuladores, com as turmas que não utilizaram essas plataformas como instrumento de preparo para a instrução aérea; identificar a influência do simulador no desempenho dos cadetes aviadores com base nos dados obtidos; e verificar se a experiência de voo progressiva dos cadetes influenciou o desempenho no voo.

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que não houve diferença significativa entre as médias de voo das turmas que utilizaram os novos simuladores como forma de preparo para a atividade aérea, com aquelas que utilizaram o modelo de simulador antigo. Ainda, foi observado que a experiência de voo progressiva do Cadete, ou seja, a realização do curso primário completo ou somente a fase de pré-solo, realizado durante o 2º ano de formação, também não resultou em diferenças significativas nas notas de voo.

Os resultados obtidos estão em consonância com pesquisas anteriores (Savino e Brandello *et al.*, 2023; Magalhães, 2023). Magalhães (2023) procurou verificar se houve diferença entre as médias das notas de voo após a implantação dos novos simuladores. Seu objeto de pesquisa foram as turmas que realizaram o estágio primário nos anos de 2020 e 2021. Após as análises, o autor concluiu que mesmo com os novos simuladores não houve diferença entre médias das notas de voo para as turmas avaliadas. O autor apontou como possíveis justificativas para os resultados obtidos o fato da Ordem de Instrução (OI) das turmas analisadas serem diferentes, visto que a turma de 2020 teve 15 missões na fase de pré-solo, enquanto a de 2021 teve 14 missões de pré-solo e 10 em simuladores. Outro fator apontado por ele foi que no ano de 2020 houve uma quantidade maior de missões repetidas, por causa de voos deficientes ou perigosos.

Por sua vez, Savino e Brandello *et al.* (2023) realizaram um estudo com o intuito de analisar a relação entre a incorporação de novos simuladores na AFA e o Poder Aeroespacial Brasileiro. Da mesma forma que o estudo anterior, os autores analisaram o estágio primário e compararam as notas de voo dos Cadetes dos anos de 2020 e 2021. Os resultados obtidos indicam a mesma conclusão: não houve diferença significativa entre as médias de voo. Nessa pesquisa, os autores argumentam que ausência de diferença nas notas de voo entre os anos estaria relacionada à diminuição de cadetes reprovados no curso. Após a implantação dos novos simuladores, muitos daqueles alunos com baixo desempenho que poderiam ser reprovados, utilizaram essa ferramenta para treinamento. Com isso, esses alunos conseguiram concluir o curso, porém com nota final mais baixa, gerando uma média final individual menor.

Esse mesmo fenômeno pode ter ocorrido na presente pesquisa. Como as notas analisadas são pertencentes àqueles Cadetes que concluíram o curso, nota-se que as notas dos alunos

reprovados e desligados não foram consideradas. No entanto, vale ressaltar a quantidade de reprovações¹⁷ nos estágios primário e básico, sendo, historicamente, esse número maior no estágio primário do que no estágio básico. Ainda assim, o fato de as notas de voo dos Cadetes desligados não terem sido incluídas na presente pesquisa pode ter contribuído para a manutenção das médias das notas de voo entre os diferentes anos avaliados.

Outro fator a ser levado em consideração é que todos os Cadetes do 4º Esquadrão já possuíam experiência prévia de voo por terem realizado o estágio primário na aeronave T-25. Como o perfil do voo da fase de pré-solo no estágio básico é similar ao perfil realizado no estágio primário, os Cadetes já estavam ambientados com as características dessa etapa. Nesse sentido, o simulador pode ter auxiliado mais na adaptação à nova aeronave, porém não ter sido suficiente para produzir o incremento nas notas de voo na fase analisada.

Nessa perspectiva, pesquisas futuras podem explorar a influência do simulador em fases que o Cadete nunca tenha realizado, como as fases de voo por instrumentos e navegação, bem como incluir as notas dos cadetes que foram desligados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inquietação em compreender a influência da instrução simulada no desempenho dos Cadetes aviadores do 4ºano da AFA, no curso básico da aeronave T-27, na fase de pré-solo, foi explorada neste artigo científico, com o intuito de analisar se com apenas as notas de voo dos Cadetes já seria possível notar melhoria de desempenho.

Para atingir a compreensão desse objetivo geral, definiu-se três objetivos específicos: comparar os graus obtidos nas missões de pré-solo, das turmas que usaram os novos simuladores, com as turmas que não utilizaram essas plataformas como instrumento de preparo para a instrução aérea; identificar a influência do simulador no desempenho dos cadetes aviadores com base nos dados obtidos; e verificar se a experiência de voo progressiva dos cadetes influenciou o desempenho no voo.

Os resultados apresentados sugerem que a implantação dos novos simuladores de voo na AFA não resultou em incremento das notas de voo dos Cadetes aviadores do 4º Esquadrão, durante a realização da fase de pré-solo do curso básico na aeronave T-27. Além disso, a experiência de voo prévia (realização do curso primário completo ou realização de somente a fase de pré-solo no curso primário) também não influenciou no desempenho do Cadete durante a fase analisada.

Em trabalhos futuros, pode-se realizar uma análise de forma parecida, porém alterando a fase em questão. Sugere-se que analise a fase de voo por instrumentos e verifique se houve diferença entre as médias dos mesmos grupos selecionados neste trabalho.

Por fim, espera-se que essa pesquisa possa auxiliar à Divisão de Operações Aéreas nas tomadas de decisão referentes a alterações no PIMO, buscando a maior eficácia das instruções simuladas na AFA.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**. Pirassununga, SP, 2019.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**. Pirassununga, SP, 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**. Pirassununga, SP, 2021.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**. Pirassununga, SP, 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**. Pirassununga, SP, 2023.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**. Pirassununga, SP, 2024.
- BRASIL. Ministério da Defesa.. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Ensino. Portaria DIRENS nº 172/SFA, de 23 de dezembro de 2021. Aprova a reedição da Instrução que estabelece as Normas Reguladoras para os Cursos e Estágios da Academia da Força Aérea, ICA 37-897. **Publicada no BCA nº 238**, de 29 de dezembro de 2021. Brasília/DF, 2021.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Planejamento. DCA 11-45 – Concepção Estratégica – Força Aérea 100. **Boletim do Comando da Aeronáutica, n. 180**, 15 out. 2018a. Disponível em: https://www.fab.mil.br/Download/arquivos/DCA%2011-45_Concepcao_Estrategica_Forca_Aerea_100.pdf Acesso em: 19 ago. 2023.
- CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE - CNS. Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, Resolução Nº 510, de 07 de abril de 2016. Normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 98, 24 maio 2016. Disponível em https://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/documentos/NORMAS-RESOLUCOES/Resolucao_n_510_-2016- Ciencias_Humanas_e_Sociais.pdf. Acesso em: 22 jun. 2024.
- DE COSTA, Jorge Armando Marques. **A Importância dos Simuladores na Formação de Pilotos e CTA'S e seu Impacte na Segurança de Voo**. 2008. (11 p.). Tese de Doutorado. Universidade da Beira Interior ,Portugal, 2008.
- FÁVERO, L. P. ; BELFIORE, P. **Manual de Análise de Dados: Estatística e Modelagem Multivariada com Excel, SPSS e Stata**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

- GOMES JUNIOR, A. J. S. **Simuladores de voo para a Força Aérea Brasileira**, 1976. Exercitação Monográfica – Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica – Força Aérea Brasileira, Rio de Janeiro, 1976.
- GONÇALVES, H. A. R. **Uso de simuladores de voo para a instrução de voo na AFA**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Formação de Oficiais Aviadores, Força Aérea Brasileira, Pirassununga, 2018.
- HERCULIAN, G. G. **A influência da diferença de parâmetros entre o simulador e a aeronave T-27 Tucano, no processo de aprendizagem do cadete do 4º ano da AFA**. (19 p.). Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Força Aérea Brasileira, Rio de Janeiro, 2017.
- LEE, A. T. **Flight Simulation: Virtual Environments in Aviation**. Surrey: Ashgate, 2005. MACHADO, E. S. J. **Os Primórdios dos Simuladores de Voo**, 2016.
Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/musal/index.php/contato> .
- MAGALHÃES, T. B. **Impacto da implementação do treinamento de simulador na fase de pré-solo do estágio primário no CFOAV**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Formação de Oficiais Aviadores, Força Aérea Brasileira, Pirassununga, 2023.
- MINISTÉRIO DA DEFESA. **FAB inaugura novo sistema de simulador de voo para instrução dos Cadetes Aviadores**: Projeto denominado T-2000 foi desenvolvido em parceria com o Centro de Computação da Aeronáutica de São José dos Campos (CCA-SJ). 2020.
Disponível em:
<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/35997/ENSINO%20-%20FAB%20inaugura%20novo%20sistema%20de%20simulador%20de%20voo%20para%20instru%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Cadetes%20Aviadores> . Acesso em: 20 ago. 2023.
- MINISTÉRIO DA DEFESA. **CCA-SJ instala Dispositivos de Treinamento de Voo baseados em Realidade Virtual na AFA**, Força Aérea Brasileira, 2020. Disponível em:
<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/36122/TECNOLOGIA%20-%20CCA-SJ%20instala%20Dispositivos%20de%20Treinamento%20de%20Voo%20baseados%20em%20Realidade%20Virtual%20na%20AFA> . Acesso em: 20 ago. 2023.
- MINISTÉRIO DA DEFESA. **AFA inaugura novo Simulador de Voo para instrução de Cadetes Aviadores**: O Simulador T-4000 Modernizado foi concebido e desenvolvido em parceria com o Centro de Computação da Aeronáutica de São José dos Campos. 2022.
Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/39635/TECNOLOGIA%20-%20AFA%20inaugura%20novo%20Simulador%20de%20Voo%20para%20instru%C3%A7%C3%A3o%20de%20Cadetes%20Aviadores> Acesso em: 20 de ago. 2023.
- ROLFE, John M.; STAPLES, Ken J. (Ed.). **Flight simulation**. Cambridge University Press, 1988.

SAVINO, A. M.; BRANDELLO, G. H. O. M; *et al.* **A Relevância dos Simuladores de Voo para o Emprego do Poder Aeroespacial Brasileiro.** (24 p.). In: CONGRESSO ACADÊMICO SOBRE DEFESA NACIONAL. Pirassununga. 2023.

VIANA, R. J. **Emprego de um simulador de baixo custo como complemento do estágio básico de voo na Academia da Força Aérea.** (17 p.). Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Força Aérea Brasileira, Rio de Janeiro, 2014.

6 AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus, por me dar forças e perseverança para chegar até aqui. Agradeço imensamente aos meus familiares, que estiveram ao meu lado em todas as adversidades enfrentadas ao longo desses sete anos de Força Aérea.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Capitã Amanda, que, mesmo à distância, dedicou-se incansavelmente para que a realização deste trabalho fosse possível. Sua orientação e apoio foram fundamentais para a conclusão deste projeto.

Por fim, gostaria de prestar meus sinceros agradecimentos ao Professor Marcus, coorientador deste trabalho, cuja ajuda foi indispensável na execução de todos os testes necessários.

A todos vocês, minha eterna gratidão.