

**ESQUADRÃO DE TREINAMENTO SIMULADO E O VOO DE FORMATURA NO 2º EIA:  
UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA DO IMPACTO DOS SIMULADORES NO DESEMPENHO DE  
VOO DOS CADETES AVIADORES<sup>1</sup>**

***SIMULATED TRAINING SQUADRON AND THE FORMATION FLIGHT IN THE 2nd EIA:  
A STATISTICAL ANALYSIS OF THE IMPACT OF SIMULATORS ON THE FLIGHT  
PERFORMANCE OF AVIATION CADETS***

**Rafael Viol Cabral Costa<sup>2</sup>**  
João Paulo Martins do Santos<sup>3</sup>

**RESUMO**

Com a intenção de detectar possíveis influências nas capacidades de aprendizagem e desempenho dos Cadetes Aviadores nos voos de formatura com dois aviões no Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA), este artigo objetiva comparar as notas obtidas nos voos em períodos com e sem instruções nos simuladores de voo T-2000 do Esquadrão de Treinamento Simulado (ETS). Esse treinamento é realizado por meio do simulador *X-Plane* 11, na versão digital da aeronave utilizada no 2º EIA, NEIVA T-25 UNIVERSAL. Para tanto, foram realizadas duas análises: uma focada no total de notas deficientes e outra nas diferenças das médias das notas. Ambas as análises foram feitas com os dados discriminados pelo ano de voo dos esquadrões e em dois períodos distintos (2014 a 2018 e 2022 a 2023). A metodologia adotada incluiu análises gráficas e testes estatísticos (*t-student*, ANOVA e *Tukey-HSD*) realizados com a linguagem R. O teste *t-student* revelou diferenças estatisticamente significativas entre as médias das notas de voo quando divididas em dois grupos; já a ANOVA detectou diferença entre algumas das médias, quando divididas nos sete esquadrões analisados. A análise post-hoc foi realizada com o teste *Tukey-HSD*, que exibiu entre quais médias das notas de voo dos esquadrões existiam diferenças significativas. Dessa forma, os resultados sugerem que o uso dos simuladores de voo T-2000 no ETS tem um impacto significativo nas capacidades de aprendizagem e desempenho dos cadetes aviadores, refletido nas notas obtidas nos voos de formatura.

**Palavras-chave:** Simuladores de voo; Voo de formatura; 2º EIA; Instrução de voo; Linguagem R; Análise Estatística.

---

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

<sup>2</sup> Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024).

<sup>3</sup> Licenciatura Plena em Matemática e Mestrado em Matemática pelo Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas de São José do Rio Preto, Doutor em Ciências pela Escola de Engenharia de São Carlos EESC-USP.

E-mail: joaopaulojpms@fab.mil.br

## ABSTRACT

With the intention of detecting possible influences on the learning capabilities and performance of Cadet Aviators in formation flights with two aircraft in the Second Air Instruction Squadron (2nd EIA), this article aims to compare the grades obtained in flights during periods with and without instructions on the T-2000 flight simulators of the Simulated Training Squadron (ETS). This training is conducted using the X-Plane 11 simulator, in the digital version of the aircraft used in the 2nd EIA, the NEIVA T-25 UNIVERSAL. For this purpose, two analyses were conducted: one focused on the total number of deficient grades and the other on the differences in average grades. Both analyses were performed with the data discriminated by the year of the squadrons' flights and in two distinct periods (2014 to 2018 and 2022 to 2023). The methodology adopted included graphical analyses and statistical tests (t-student, ANOVA, and Tukey-HSD) performed using the R language. The t-student test revealed statistically significant differences between the average flight grades when divided into two groups, while ANOVA detected differences among some of the averages when divided among the seven squadrons analyzed. The post-hoc analysis was performed using the Tukey-HSD test, which showed between which average flight grades of the squadrons there were significant differences. Thus, the results suggest that the use of T-2000 flight simulators in the ETS has a significant impact on the learning capabilities and performance of cadet aviators, as reflected in the grades obtained in formation flights.

**Keywords:** Flight simulators; Formation flight; 2nd EIA; Flight instruction; R language; Statistical analysis.

## INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea (AFA) é uma instituição de ensino superior militar da Força Aérea Brasileira (FAB), fundada em 1949, no município de Pirassununga. Tem por objetivo a formação de oficiais de carreira nos quadros de aviação, intendência e infantaria em um curso com duração de quatro anos. No quadro de aviação, o Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) é responsável por formar pilotos básicos em condições de, após a conclusão do curso, realizar o curso de especialização em alguma das aviações operacionais da FAB: Aviação de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), Aviação de Transporte, Asas Rotativas ou Aviação de Caça (Brasil, 2022c).

Ao longo do segundo ano do CFOAv, são ministradas no 2º Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA) as instruções de voo que compõem o Estágio Primário da aeronave T-25 Universal. Todos os exercícios que serão realizados, os níveis de aprendizagem, as fases do voo, os critérios de avaliação e as diretrizes estabelecidas para a instrução aérea são contemplados no Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA (PIMO). Uma das fases é a de voo em formatura com

dois aviões (FR2), onde dois aviões voam em formação, sendo um deles o líder (LD), pilotado por um instrutor, e o outro é o ala, conduzido pelo cadete em instrução e outro instrutor (Brasil, 2022b).

Com o intuito de melhorar a qualidade da instrução aérea na AFA, no ano de 2021, foram implementadas instruções semelhantes às feitas no 2º EIA nos simuladores de voo T-2000 do Esquadrão de Treinamento Simulado (ETS). O simulador T-2000 é um *Aircraft Training Device* (ATD), cujo programa central é o *Flight Simulator X-Plane 11*. Foi desenvolvido pela AFA em parceria com o Centro de Computação da Aeronáutica de São José dos Campos (CCA-SJ) e inaugurado em julho de 2020.

Suas principais contribuições estão relacionadas à capacidade de possibilitar o treinamento de diversos tipos de missões e a aplicação dos conceitos de pilotagem, desde os mais básicos até os mais avançados. No T-2000 é possível simular não só o T-25 Universal, mas também o T-27 Tucano, a aeronave utilizada na instrução dos cadetes do 4º ano. Além disso, os simuladores possuem capacidade de conexão em rede entre eles, o que permite a operação de diversas aeronaves simuladas em um mesmo espaço, com a presença de um controlador de voo, trazendo mais realismo para a instrução (Inforzatto, 2020).

A utilização de simuladores de voo oferece várias vantagens significativas, incluindo economia de tempo e dinheiro. Simuladores reduzem a necessidade de voos reais, diminuindo os custos operacionais e os riscos associados ao treinamento em aeronaves reais. Além disso, permitem uma repetição de cenários de treino sem desgaste de equipamentos e facilitam a correção de erros em tempo real, o que pode acelerar o aprendizado (Matsuura, 1995).

Em meio a esse cenário, a presente pesquisa buscou responder à pergunta: **“De que forma as instruções nos simuladores do ETS contribuem na instrução do voo de formatura no 2º EIA?”**. Para isso, foram utilizados, de forma anônima, os graus aferidos às missões de FR2 dos cadetes que passaram pelo 2º EIA nos anos de 2014 a 2018 e de 2022 a 2023, dados provenientes da Divisão de Operações Aéreas da AFA (DOA), que é o setor da AFA responsável por manter o registro das notas de voo e enviá-las à Seção de Verificação de Aprendizagem (SVA) da Divisão de Ensino. Vale ressaltar que, nos anos de 2019, 2020 e 2021, a fase de FR2 foi excluída do Estágio Primário do 2º EIA, e somente em 2022, foram adicionadas missões de voo de formatura nos simuladores (Brasil, 2014; 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; 2020; 2021; 2022a; 2023).

O objetivo desta pesquisa foi avaliar se as instruções nos simuladores do ETS proporcionaram algum impacto nas notas de voo dos cadetes. Especificamente, buscou-se analisar se há alguma diferença estatística significativa entre as notas dos cadetes que tiveram instruções nos

simuladores e os que não tiveram. Foram utilizadas as notas da fase de FR2 e a quantidade de voos “deficientes”, ou seja, sem aproveitamento, antes e após a aplicação das instruções no ETS. Além disso, foi analisado o desempenho de cada esquadrão nesta fase, considerando que em cada ano uma turma diferente recebe instrução aérea no 2º EIA.

Esta pesquisa se justifica pela necessidade de otimização do treinamento dos cadetes aviadores da AFA, contribuindo para a formação de pilotos mais bem preparados e reduzindo os custos e riscos associados ao treinamento aéreo. A relevância do trabalho reside na ausência de outras pesquisas desse tipo na AFA e também no potencial de contribuir com mudanças que possam melhorar a qualidade da instrução aérea, tornando o processo de formação mais eficiente e eficaz.

Este é um trabalho exploratório que visa fornecer dados empíricos sobre a eficácia do uso de simuladores no treinamento de Cadetes aviadores. A análise estatística, conduzida com o software R, será utilizada para verificar se há diferenças significativas entre os graus médios ou medianos dos voos, corroborando com o objetivo da pesquisa.

## **1 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **1.1 INSTRUÇÃO AÉREA NA AFA**

De acordo com o Projeto Pedagógico de Curso para o CFOAv (PPC), uma das atividades previstas para tal curso é a instrução aérea, que é dividida em duas etapas denominadas “Estágios”. Em cada um deles, os cadetes aviadores serão avaliados em todos os voos, com o intuito de formar o Piloto Básico da FAB. Isso possibilitará a realização do curso de especialização em alguma das aviações operacionais da Força Aérea após o término do curso (Brasil, 2022c).

Os dois Estágios oferecidos ao cadete aviador durante a atividade aérea na AFA são o Primário e o Básico. Eles têm como objetivo estabelecer uma progressão gradual do nível de complexidade dos exercícios realizados durante as missões, de forma a atingir uma formação de qualidade para o futuro oficial aviador (Brasil, 2022c).

O Estágio Básico T-27 (EB T-27) é realizado pelos cadetes aviadores do 4º ano do CFOAv na aeronave T-27 Tucano, no 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA). Os cadetes que não possuem as medidas antropométricas exigidas pelo assento ejetável do T-27 realizam o Estágio Básico T-25 (EB T-25), utilizando o T-25 Universal, e é feito no 2º EIA. Nesse mesmo local, também ocorre o Estágio Primário T-25 (EP T-25), que é realizado pelos cadetes aviadores do 2º ano do CFOAv na mesma aeronave (Brasil, 2022c).

O Estágio Primário na aeronave T-25 é constituído por diferentes fases de voo, que, de acordo com Brasil (2023, p. 15), são: “Unidade didática da Instrução de Voo, composta de um número definido de missões previstas no Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO)”.

As fases do EP T-25 são as de pré-solo (PS), manobras e acrobacias (MAC) e voo em formatura com dois aviões (FR2) (Brasil, 2022c). O desempenho dos cadetes na fase de FR2 foi o objeto de estudo da presente pesquisa. Para isso, é imprescindível compreender as informações relacionadas à elaboração, ao planejamento, à execução e à avaliação da instrução aérea.

Essas informações são de responsabilidade do setor que decide e documenta detalhadamente os procedimentos a serem seguidos na instrução de voo, a Divisão de Operações Aéreas (DOA). A DOA cumpre esse papel por meio da confecção anual de uma norma própria, que é submetida à aprovação do comandante da AFA e publicada em boletim interno (Brasil, 2022c).

Este documento é denominado Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO). Nele estão previstos o planejamento e as normas para a prática da atividade aérea com vistas à formação de pilotos básicos bem capacitados. São detalhados neste documento, por exemplo, os exercícios previstos em cada fase do voo, os critérios de reprovação, a forma de avaliação e os níveis de aprendizado durante as instruções (Brasil, 2022c).

Os instrumentos de medida são utilizados com intuito de avaliar o domínio psicomotor da instrução de voo. Entre esses, o único com caráter somativo e classificatório são as missões aéreas, que, de acordo com o PIMO, são: “Voo avaliado, previsto no PIMO, que é realizado com a finalidade de desenvolver proficiência em pilotos em fase de formação, conforme os níveis de aprendizagem estabelecidos naquele programa.” (Brasil, 2023).

Após a realização de uma missão aérea, o instrutor (IN) registra os graus do aluno (AL), na missão e nos exercícios, além de comentários sobre o desempenho do avaliado em um documento, denominado ficha de voo (Brasil, 2022c).

Todas as fases de voo do Estágio Primário do T-25 contém um número pré-determinado de missões aéreas. A Ordem de Instrução (OI) de cada fase é o documento que irá determinar o conjunto de exercícios e orientações que compõem cada missão e os respectivos níveis de aprendizado esperados do cadete em cada um deles, conforme está demonstrado no Anexo A - ORDEM DE INSTRUÇÃO DA FASE DE VOO EM FORMATURA COM 2 AVIÕES PREVISTA NO PIMO DE 2023 (Brasil, 2022c).

De acordo com o PIMO os exercícios são: “Conjunto de procedimentos e manobras de pilotagem que, executados de uma maneira gradual e em uma ordem lógica, conduzem o AL a adquirir as habilidades, reflexos e comportamentos desejados na pilotagem de aeronaves de um modo geral” (Brasil, 2023).

## 1.2 AVALIAÇÃO DAS MISSÕES AÉREAS

As missões aéreas, como dito anteriormente, são os instrumentos de medida com caráter somativo e classificatório, que avaliam o domínio psicomotor da pilotagem pelos cadetes aviadores durante a realização dos Estágios fornecidos pelo 1º e 2º EIA (Brasil, 2023). Portanto, é crucial compreender os critérios de avaliação, aprovação e reprovação adotados pela Academia da Força Aérea, critérios estes aplicados sem alterações, ao longo de todo o período analisado no artigo.

A avaliação dos exercícios praticados durante o voo, a forma de ensiná-los e os graus finais de uma missão aérea têm por base os níveis de aprendizado demonstrados pelos cadetes. Relacionados a esses níveis, no PPC, são adotados conceitos gradativos, que servem como parâmetros de aprendizagem utilizados para confeccionar as OI's e as fichas de voo (Brasil, 2022c).

Os níveis de aprendizagem são relacionados a cada um dos exercícios das missões aéreas e a elas mesmas, demonstrando, dessa forma, qual o nível de execução que é esperado que o cadete atinja durante o voo. De acordo com o PPC, os níveis de aprendizado empregados na instrução aérea são: preparação (PR), resposta orientada (RO), resposta mecânica (RM) e resposta complexa (RC) (Brasil, 2022c).

Resumidamente, no nível PR o aluno deverá possuir o preparo teórico e deverá apenas observar a demonstração do IN da técnica correta para realizar o exercício. O intuito do nível RO é desenvolver as capacidades motoras simples no aluno que irá realizar o exercício, mas com auxílios mecânicos ou verbais do IN. O nível RM é aquele em que o aluno compreendeu a execução do exercício, mas comete alguns erros normais, que em sua maioria são corrigidos pelo próprio AL. O IN geralmente faz orientações verbais com o intuito de aperfeiçoar a execução. Por fim, no nível RC, espera-se que o Cadete tenha assimilado completamente o exercício e consiga realizá-lo de forma satisfatória. Espera-se que ele seja capaz de identificar e corrigir seus próprios erros sem a necessidade de intervenção do IN. Explicações mais detalhadas dos níveis de aprendizagem de acordo com o PPC estão descritas no Apêndice A - Níveis de aprendizagem e características para atribuição de grau em missão aérea.

Para a determinação dos graus de cada exercício e da missão será levado em consideração a qualidade das execuções e a facilidade com que o nível de aprendizado determinado na OI foi atingido, ou não (Brasil, 2023). Dessa forma, de acordo com o PIMO, o grau final das missões e dos exercícios será assim definido: grau 1 (perigoso), grau 2 (deficiente) , grau 3 (satisfatório nos mínimos) , grau 4 (satisfatório) , grau 5 (bom) e grau 6 (excelente).

Fica estabelecido no PIMO que, durante o Estágio Primário do T-25, o cadete será reprovado no curso se exceder a quantidade de dois graus 2 (dois) em uma fase ou a quantidade de cinco graus 2 (dois) ao longo de todo o Estágio. Além disso, também será reprovado o cadete que obtiver grau 1 (um) em qualquer missão durante as instruções aéreas (Brasil, 2023).

Segundo as informações contidas no PPC, caso o cadete seja reprovado na instrução aérea, ele terá a possibilidade de solicitar reconsideração de sua reprovação, preenchendo uma ficha denominada Requerimento de Reconsideração de Reprovação. Essa solicitação será encaminhada diretamente ao Comandante da AFA, que analisará o desempenho global do requerente para decidir sobre a permanência ou não do cadete no curso (Brasil, 2022c).

### 1.3 VOO DE FORMATURA

O voo em formação, ou voo de formatura, é caracterizado pela proximidade de duas ou mais aeronaves, voando com a mesma velocidade e sob o comando de um líder. Essa prática surgiu durante a Primeira Guerra Mundial, como uma resposta à necessidade de aumentar a capacidade de defesa das aeronaves, permitindo que elas pudessem se proteger e atacar em conjunto. Ao longo do tempo, essa prática foi aprimorada e recebeu novas técnicas, sendo amplamente utilizada durante a Segunda Guerra Mundial e considerada um diferencial (Johnson, 1964).

Na Força Aérea Brasileira, um voo em formação com duas aeronaves é denominado um "elemento". Dois elementos formam uma esquadrilha, de duas a quatro esquadrilhas formam um esquadrão. Por sua vez, de dois a quatro esquadrões formam um grupo. O voo em formação tem como principais objetivos o controle, a concentração e a aplicação de forças, e deve atender a quatro características fundamentais: apoio mútuo, flexibilidade, manobrabilidade e simplicidade (Ramalho, 2020).

Atualmente, tanto aeronaves civis quanto militares em todo o mundo realizam atividades de voo em formação. Os pilotos militares brasileiros recebem treinamento desse tipo de voo, ainda como cadetes, na Academia da Força Aérea. Esse treinamento faz parte de suas carreiras,

independentemente da especialidade de aviação operacional em que seguirão atuando após se formarem na AFA. São elas: Aviação de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), Aviação de Transporte, Asas Rotativas e Aviação de Caça (Brasil, 2022c).

Voar em formação não se resume apenas a aprender a voar próximo a outra aeronave, mas também é uma maneira excelente de aprimorar as habilidades psicomotoras de um piloto e construir uma confiança sólida em relação à sua habilidade de pilotar aeronaves (Brasil, 2022b).

#### 1.4 SIMULADORES DE VOO

De acordo com Rebelo (2010), os simuladores de voo são equipamentos compostos por um *hardware* e um *software* capaz de simular situações semelhantes ao voo real no ambiente virtual. A característica essencial da simulação de voo é a criação de uma representação dinâmica do comportamento de uma aeronave de maneira que permita o operador interagir com o simulador como uma parte da simulação (Rofle; Staples, 1986).

Ainda sobre os simuladores de voo, fica estabelecido pelo Comando da Aeronáutica que são:

Equipamento que produz com a maior fidelidade possível, o meio ambiente da cabine de pilotagem de um determinado tipo de aeronave e que simula as funções dos comandos, dos sistemas mecânicos, elétricos, eletrônicos e outros de bordo, bem como o desempenho e as características de voo desse tipo de aeronave, em situações normais e de emergência (Brasil, 2001, p. 139).

Ao analisar historicamente os simuladores, pode-se observar que, diante de um cenário marcado por diversos acidentes com vítimas fatais e grandes prejuízos financeiros, decorrentes da inexperiência e falta de habilidade específica dos pilotos, notou-se a necessidade de uma preparação inicial para o manuseio dos controles das aeronaves e para lidar com as condições presentes durante o voo (Machado, 2017).

Nesse contexto, surgiram os primeiros dispositivos, inicialmente chamados de treinadores de voo, que após passar por um longo processo de transformações, atualmente são conhecidos como simuladores de voo. Em 1910, iniciou-se a história dos simuladores com a construção de diversos modelos semelhantes que eram aeroplanos em articulações universais fixadas ao solo. A primeira evolução dos simuladores foi o “Barril de aprendizado de Antoniette”, uma estrutura sintética que não era baseada no vento (Machado, 2017).

Após esse período inicial, os envolvidos com a simulação buscaram aprimorar os equipamentos de uma forma constante, visando alcançar um nível de simulação de voo cada vez mais realística. De acordo com Martins e Oliveira (2011) os simuladores foram aperfeiçoados significativamente e têm sido utilizados de diversas formas como por exemplo:

Na instrução aérea, na prevenção de acidentes, através do treinamento de procedimentos de emergência, e até no desenvolvimento de doutrinas de emprego em combate. Na Força Aérea Brasileira (FAB), o treinamento em simuladores tem aumentado, bem como a diversidade de aeronaves utilizadas, e a execução da instrução tem ocorrido em simulador próprio ou através da contratação de serviços de terceiros (Martins; Oliveira, 2011, p. 2).

Muitos são os benefícios oferecidos pelos simuladores de voo, como a redução dos custos e do tempo de formação e treinamento de pessoal e a possibilidade de realizar treinamentos para estimular reações corretas a situações perigosas sem risco de vida ou perda de equipamentos. Além disso, possibilitam a instrução em aeronaves de um único assento sem a necessidade de construir ou adquirir aeronaves de dois lugares, e também a possibilidade de treinamento mesmo quando o espaço aéreo e as condições atmosféricas não são ideais para um voo real (Matsuura, 1995).

Algumas aplicações dos simuladores de voo que comprovam os benefícios trazidos por eles foram retratados em diversos artigos científicos como de acordo com Vidigal (2017), que demonstra a redução de gastos ao concluir o seguinte em seu trabalho:

Desta forma, percebe-se a importância do treinamento em simulador de voo como organizador prévio, provocando a elaboração de subsunçores que resultam numa aprendizagem significativa na formação dos pilotos [...]. Os resultados apresentados acima se mostram de extrema relevância para a FAB, pois levando em consideração os frequentes cortes no orçamento, a utilização de simuladores pode ser utilizada para evitar a perda de operacionalidade devido a corte de horas de voo [...] (Vidigal, 2017 p. 10).

É possível observar um dos outros benefícios dos simuladores ao ler um dos trechos da conclusão do trabalho de Braun e Buchaul pelo Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx):

Conclui-se que o uso dos simuladores favorece a segurança de voo por beneficiar diretamente outras áreas ligadas a ela, como a busca pela correção do erro, execuções constantes de forma segura e corretiva, aumento da autoconfiança dos alunos, meticulosidade, cautela e decisões rápidas e assertivas, fatores estes primordiais para a segurança, visto que o ser humano é o elo mais fraco desta cadeia e o que precisa de maior atenção, correção e preparação, justificando cada

vez mais o lema da segurança de voo “a cada decolagem um pouso” (Braun; Buchaul, 2020, p. 20).

Dado os benefícios trazidos pelos simuladores, na Academia da Força Aérea, estes foram implementados com as intenções de, entre outras, promover reduções de custos, aumentar a mentalidade de segurança de voo e também trazer mais opções didáticas e de treinamento, melhorando assim a qualidade da formação do piloto militar.

## 2 MÉTODOS DE ANÁLISE

Para cumprir o objetivo de avaliar, do ponto de vista estatístico, se há ou não diferença significativa entre as notas de voo dos cadetes aviadores que tiveram instruções nos simuladores do ETS e daqueles que não as tiveram, foi realizada de acordo com Gil (2017), uma pesquisa de caráter explicativa, “as que têm como propósito identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos.” (Gil, 2017).

Além disso, a pesquisa teve abordagem qualitativa-quantitativa, relacionando as variáveis divididas em duas categorias: 1ª) Desempenho na fase de FR2 do 2º EIA, 2ª) Realização de instruções nos simuladores do ETS.

A análise qualitativa foi pautada na compreensão fenomenológica dos eventos retratados. Por outro lado, a análise quantitativa foi pautada na estatística descritiva, que, de acordo com Larson e Farber (2016), é: “o ramo que trata da organização, do resumo e da apresentação dos dados”.

Para fins da análise, foram utilizados como base uma amostra que contém um total de 6219 graus finais de missões aéreas da fase de FR2 do 2º EIA dos anos de 2014 a 2018 e de 2022 a 2023. Esses dados foram adquiridos por meio de solicitação formal à Seção de Estatística da Divisão de Operações Aéreas da AFA. 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.

Esses dados foram tabulados em planilha do programa *Microsoft Excel 2016*®. A análise foi realizada em três etapas: 1ª) Comparação da quantidade de graus deficientes, 2ª) Verificação de diferenças com os dados separados por esquadrões e 3ª) Verificação de diferenças com os dados separados em dois períodos (2014 a 2018 e 2022 a 2023).

Vale ressaltar que, nos anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018, não foram realizadas instruções nos simuladores do ETS. Já nos anos de 2022 e 2023, essas instruções passaram a ser

ministradas. Adicionalmente, no ano de 2018, o curso completo de FR2 não foi realizado, o que resultou em um número reduzido de voos comparado aos demais.

Ao término das análises, foram gerados boxplots, que possibilitam a visualização das principais medidas estatísticas para compreender não apenas a amplitude, mas também outras características importantes para a análise. Os cálculos estatísticos foram realizados por meio da linguagem R, utilizando a interface de visualização *RStudio Posit*.

## 2.1 COMPARAÇÃO DA QUANTIDADE DE GRAUS DEFICIENTES

Para a comparação da quantidade de graus deficientes, foi criado um gráfico de barras mostrando as quantidades de missões aéreas com grau 2 em cada um dos anos. Além disso, devido à quantidade de missões em cada ano não ser a mesma, foi criado outro gráfico de barras semelhante, porém mostrando o percentual de graus deficientes de cada ano. Adicionalmente, foi desenvolvido um último gráfico de barras que demonstra o percentual de graus deficientes totais, separados nos períodos de 2014 a 2018 e 2022 a 2023.

É importante esclarecer que a pesquisa não abordará a avaliação subjetiva individual de cada instrutor, focando exclusivamente nos resultados obtidos pelos cadetes. Por fim, vale ressaltar que, devido às características específicas da Força Aérea, a fase de voo em formatura com dois aviões durante o Estágio Primário do 2º EIA sofreu pequenas alterações ao longo dos anos avaliados.

## 2.2 VERIFICAÇÃO DE DIFERENÇAS COM OS DADOS SEPARADOS EM DOIS PERÍODOS

Após a verificação da normalidade dos dados, procedeu-se com a comparação das médias das notas considerando o período sem e com instrução no ETS. pelo teste *t-Student* para amostras independentes. De acordo com Larson e Farber (2016), esse teste é utilizado para construir intervalos de confiança das médias populacionais quando a variável aleatória é normalmente distribuída e seu desvio padrão é desconhecido. Para sua realização, são estabelecidas duas hipóteses sobre o resultado do teste:

- Hipótese Nula ( $H_0$ ): A média dos dois grupos são iguais.
- Hipótese Alternativa ( $H_1$ ): As médias dos dois grupos são diferentes.

Para isso, as notas de voo foram divididas em dois grupos distintos: "Com Instruções no ETS" e "Sem Instruções no ETS".

### 2.3 VERIFICAÇÃO DE DIFERENÇAS COM OS DADOS SEPARADOS POR ESQUADRÃO

Para a verificação de diferenças com os dados separados por esquadrões, os dados foram separados em: 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2022 e 2023, que foram os anos em que os esquadrões Tupã, Fenrir, Jaguar, Astérion, Chronos, Árion e Ártemis tiveram instruções no 2º EIA.

Para a escolha de qual seria o teste utilizado para comparar os grupos, foi necessário analisar se os dados coletados faziam parte de uma distribuição normal e uma vez que a menor amostra retirada da população, o ano de 2018, possui tamanho  $n=317$ , considerou-se a aproximação da distribuição amostral para todas as médias amostrais (Larson e Farber, 2016).

Após confirmada a normalidade dos dados, foi utilizada, com um nível de confiança de 5%, a Análise de Variância (ANOVA - *Analysys of Variance*) que é uma ferramenta para comparação de vários grupos ou estratos de interesse (Montgomery, 1991). A ANOVA permite investigar a existência de diferenças significativas entre as médias das notas de voo dos esquadrões estudados. Para tal é pressuposto duas hipóteses estatísticas sobre o resultado do teste:

- Hipótese Nula ( $H_0$ ): Não existe diferença na média dos 7 grupos.
- Hipótese Alternativa ( $H_1$ ): Existe ao menos uma média diferente das demais.

Após identificada a rejeição da hipótese nula, foi realizado o teste *post-hoc Tukey HSD* para detectar entre quais médias dos grupos existem diferenças.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados serão agora apresentados e analisados utilizando gráficos e figuras, a fim de contribuir para a solução do problema de pesquisa em questão. Inicialmente, foram reunidos no quadro a seguir para permitir a visualização de todo o espaço amostral, facilitando a interpretação e comparação dos dados do mesmo.

**Quadro 1** Quantidade de graus (1 a 6) nos voos de formatura do Estágio Primário do 2º EIA nos anos de 2014 a 2018 e 2022 a 2023.

	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
<b>GRAUS 6</b>	18	21	8	6	1	5	13
<b>GRAUS 5</b>	758	626	458	375	173	563	464
<b>GRAUS 4</b>	450	385	360	397	120	248	339
<b>GRAUS 3</b>	23	17	23	25	13	11	14
<b>GRAUS 2</b>	57	51	59	65	10	24	39
<b>GRAUS 1</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	1306	1100	908	868	317	851	869

Fonte: Elaboração própria.

Dado que cada turma realizou um número diferente de voos em seus Estágios Primários, é necessário considerar não apenas os totais absolutos de cada grau (1 a 6), mas também a proporção em relação ao total de voos em cada ano, conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2** - Quadro de proporções dos graus dos anos pesquisados.

	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
<b>GRAUS 6</b>	1.38%	1.91%	0.88%	0.69%	0.32%	0.59%	1.50%
<b>GRAUS 5</b>	58.04%	56.91%	50.44%	43.20%	54.57%	66.16%	53.39%
<b>GRAUS 4</b>	34.46%	35.00%	39.65%	45.74%	37.85%	29.14%	39.01%
<b>GRAUS 3</b>	1.76%	1.55%	2.53%	2.88%	4.10%	1.29%	1.61%
<b>GRAUS 2</b>	4.36%	4.64%	6.50%	7.49%	3.15%	2.82%	4.49%
<b>GRAUS 1</b>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fonte: Elaboração própria.

Além disso, com base nos dados fornecidos pelas análises realizadas no R, foi realizada a estatística descritiva dos dados separados por anos e por grupos "Com Instruções no ETS" e "Sem Instruções no ETS". Isso permite a visualização de alguns conceitos estatísticos importantes para a análise.

**Quadro 3** Estatística descritiva dos dados separados por anos.

	2014	2015	2016	2017	2018	2022	2023
<b>Média</b>	4,5	4,5	4,41	4,3	4,45	4,63	4,48
<b>Desvio Padrão</b>	0,76	0,77	0,83	0,85	0,73	0,65	0,77
<b>Mediana</b>	5	5	5	4	5	5	5

Fonte: Elaboração própria.

**Quadro 4** Estatística descritiva dos dados divididos em "Com Instruções no ETS" e "Sem Instruções no ETS".

	COM INSTRUÇÕES NO ETS	SEM INSTRUÇÕES NO ETS
<b>Média</b>	4,56	4,45
<b>Desvio Padrão</b>	0,72	0,80
<b>Mediana</b>	5	5

Fonte: Elaboração própria.

Diante de uma visualização mais detalhada dos dados, prossegue-se para a comparação dos dados em busca de uma resposta para o problema de pesquisa. O que será feito por meio de testes e análises de estatística inferencial.

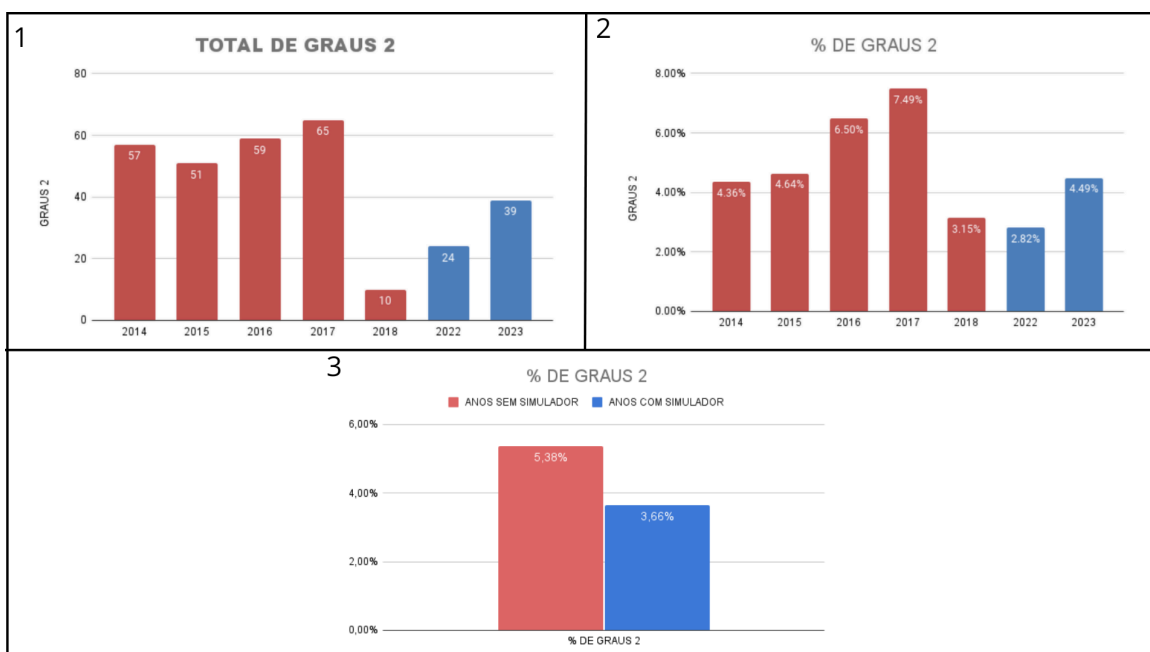
Em relação ao desempenho na fase de FR2 do 2ºEIA, a análise apresentou os seguintes resultados:

### 3.1 COMPARAÇÃO DA QUANTIDADE DE GRAUS DEFICIENTES

A análise foi realizada entre 8 turmas diferentes que realizaram o Estágio Primário no 2º EIA nos anos de 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2022 e 2023. Além de observar as quantidades de graus 2 em cada ano, também foi calculado o percentual, já que o número total de voos não foi o mesmo em todos os anos. Além disso, os dados foram separados em dois grupos: os anos de 2014 a 2018 (anos sem missões no ETS) e os anos de 2022 e 2023 (anos com missões no ETS), permitindo observar a proporção de graus 2 quando separados dessa forma.

Nos gráficos de barras, cada ano é representado por uma barra de cores distintas. Essa diferenciação permite identificar facilmente os anos sem missões nos simuladores do ETS (em vermelho) e os anos com simuladores (em azul). Além desses, foi desenvolvido um terceiro gráfico

que agrupa os dados em dois conjuntos: “Anos sem simulador” e “Anos com simulador”, mantendo a mesma diferenciação de cores.



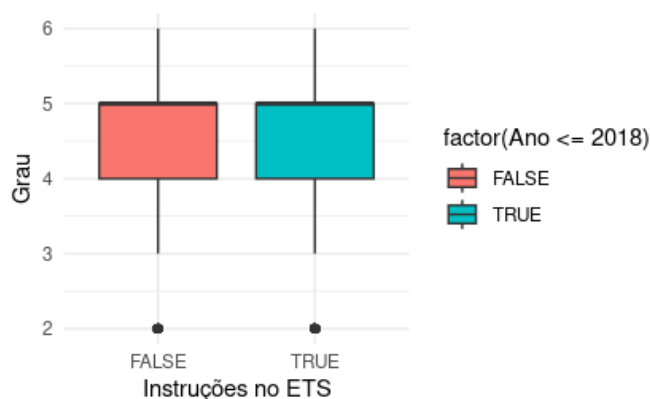
**Figura 1** Gráficos de barras de: total de graus 2 em cada ano analisado (1), percentual de graus 2 em cada ano analisado (2) e percentual de graus 2 agrupados em anos com e sem instruções no ETS (3).

Fonte: Elaboração própria

Observando o gráfico de barras de análise dos percentuais de graus deficientes na fase de FR2 ao longo dos anos analisados foi possível observar até 2017 um aumento de 4,36% até 7,49%, em 2018 uma queda para 3,15%, em 2022 para 2,82% e após em 2023 um aumento para 4,49%. Já quando dividido em dois grupos, pode-se observar uma queda de 5,38% nos anos sem instruções nos simuladores para 3,66% nos anos com instruções.

### 3.2 VERIFICAÇÃO DE DIFERENÇAS COM OS DADOS SEPARADOS EM DOIS PERÍODOS

Para facilitar a visualização dos dados e das características estatísticas importantes à análise foram, também feitos boxplots para cada grupo, “Com instruções no ETS” e “Sem Instruções no ETS” representados na Figura 4 por TRUE e FALSE respectivamente.



**Figura 2** Boxplots representando os dados agrupados em anos com e sem instruções no ETS.  
Fonte: Elaboração própria

A interpretação dos boxplots é feita exatamente da mesma forma que descrita no tópico anterior. Observa-se semelhança entre as distribuições dos dados para os grupos com e sem instrução, sendo que o valor da mediana para os dois grupos é igual.

A análise das médias dos dois grupos foi realizada por meio do teste *t-Student* para amostras independentes, com a execução do teste, chegou-se ao “p-value” =  $3.164 \cdot 10^{-7} \approx 0$ . Como esse valor é menor que o nível de significância estabelecido, 5%, pode-se rejeitar a hipótese nula e concluir que há uma diferença estatística significativa entre a média das amostras.

```
t.test(dt2$Grau,dt1$Grau,paired="FALSE",var.equal = FALSE)
```

Welch Two Sample t-test

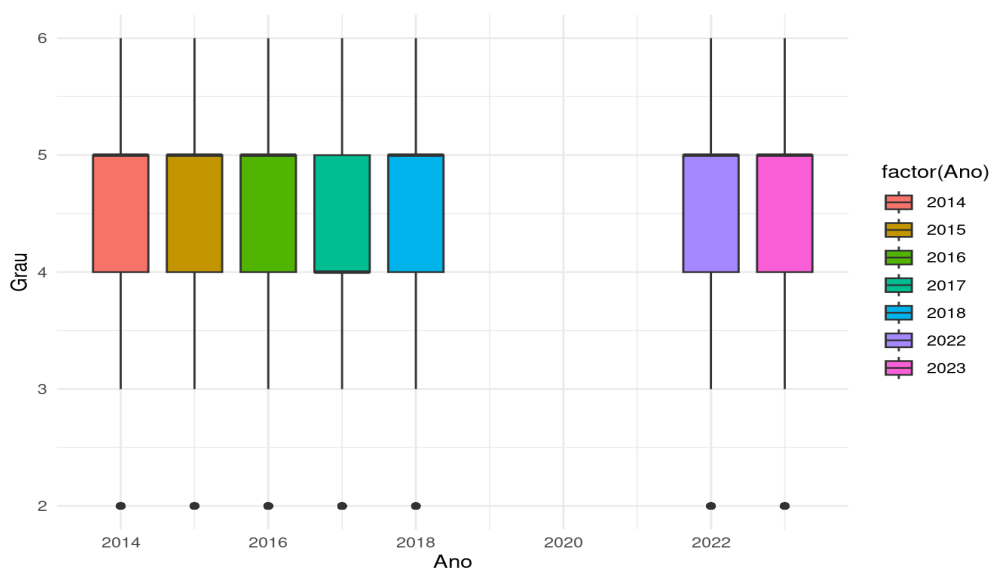
```
data: dt2$Grau and dt1$Grau
t = 5.1241, df = 3249.1, p-value = 3.164e-07
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.06794905 0.15217993
sample estimates:
mean of x mean of y
 4.555487  4.445423
```

**Figura 3** Execução e resultado do teste *t-Student* na plataforma R.  
Fonte: Elaboração própria

No teste *t-Student*, o grupo “x” representando os 1720 dados dos anos em que foram ministradas instruções nos simuladores de voo do ETS, apresentou uma média de 4.555487 com desvio padrão de 0.72. Enquanto o grupo “y”, referente aos dados dos anos em que não foram ministradas essas instruções, apresentou uma média de 4.445423 com desvio padrão de 0.8.

### 3.3 VERIFICAÇÃO DE DIFERENÇAS COM OS DADOS SEPARADOS POR ESQUADRÃO

Para facilitar a visualização de algumas características dos dados de cada ano, como o maior e o menor valor, os quartis, o intervalo interquartil, a mediana e valores discrepantes, foram criados boxplots para cada ano e dispostos lado a lado, representados na Figura 4, permitindo uma comparação facilitada.



**Figura 4** Boxplots representando os dados separados por anos.  
Fonte: Elaboração própria

Pode-se observar de acordo com a legenda da Figura 4 a cor correspondente ao boxplot de cada ano. As linhas mais grossas em cada boxplot representam o valor da mediana de cada grupo, é possível observar que apenas a do ano de 2017 foi o valor 4, as demais apresentaram o valor 5.

Nesta etapa da análise, foi realizado o teste ANOVA com o intuito de verificar se, quando os dados são separados por ano de voo, continua a existir uma diferença significativa entre as médias das notas de voo dos 7 grupos.

Após a realização do teste chegou-se ao valor  $p = 5.7 \cdot 10^{-15} \approx 0$ . Como esse resultado está abaixo do nível de significância de  $\alpha = 0.05 = 5\%$  pode-se rejeitar a hipótese nula, indicando que pelo menos uma das médias é estatisticamente diferente das outras.

A Figura 5 mostra os resultados do Teste das Diferenças Honestas de *Tukey* (*tukeyHSD*) que é um teste *post-hoc* utilizado para identificar entre quais grupos está a diferença detectada pelo ANOVA.

```
Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Grau ~ as.factor(dados$Ano), data = dados)

$`as.factor(dados$Ano)`
      diff      lwr      upr    p adj
2015-2014 -0.003971878 -0.097229738 0.089285982 0.9999997
2016-2014 -0.088933676 -0.190429026 0.012561673 0.1308736
2017-2014 -0.200498685 -0.303618904 -0.097378465 0.0000002
2018-2014 -0.048517333 -0.192865204 0.095830539 0.9560217
2022-2014 0.126068180 0.024420388 0.227715971 0.0047873
2023-2014 -0.021490306 -0.123253260 0.080272649 0.9961024
2016-2015 -0.084961798 -0.190061462 0.020137866 0.2053203
2017-2015 -0.196526807 -0.303196451 -0.089857162 0.0000012
2018-2015 -0.044545455 -0.191449986 0.102359077 0.9735160
2022-2015 0.130040058 0.024793173 0.235286943 0.0050392
2023-2015 -0.017518428 -0.122876542 0.087839687 0.9989810
2017-2016 -0.111565008 -0.225506618 0.002376602 0.0595311
2018-2016 0.040416344 -0.111850589 0.192683277 0.9866386
2022-2016 0.215001856 0.102391091 0.327612621 0.0000004
2023-2016 0.067443371 -0.045271356 0.180158098 0.5721125
2018-2017 0.151981352 -0.001373441 0.305336145 0.0539219
2022-2017 0.326566864 0.212489443 0.440644286 0.0000000
2023-2017 0.179008379 0.064828331 0.293188427 0.0000786
2022-2018 0.174585512 0.022216925 0.326954100 0.0129336
2023-2018 0.027027027 -0.125418412 0.179472466 0.9985335
2023-2022 -0.147558485 -0.260410500 -0.034706471 0.0022341
```

**Figura 5** Resultado numérico do teste Tukey na plataforma R.

Fonte: Elaboração própria

Após a execução do teste *Tukey* é possível observar diferenças estatisticamente significantes entre os anos 2017 e 2014, 2022 e 2014, 2017 e 2015, 2022 e 2015, 2022 e 2016, 2022 e 2017, 2013 e 2017 e por último 2022 e 2023. É interessante observar que mesmo entre os anos com e sem instrução simulada, há evidências em favor das diferenças entre as médias dos graus.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da instrução aérea no 2º EIA, o objetivo desta pesquisa foi verificar, por meio da análise das médias das notas de voo, se as instruções nos simuladores do ETS contribuem para a instrução no voo de formatura. A partir dos resultados dessa análise, seria possível alcançar três cenários: o primeiro indicaria que as instruções nos simuladores foram indiferentes; o segundo, que houve um impacto negativo; e, por último, que o impacto obtido foi positivo.

Observando a análise dos percentuais de graus deficientes na fase de FR2 ao longo dos anos analisados foi possível observar, iniciando com 4,36% um aumento para 7,49% até 2017. Em 2018 uma queda para 3,15%, e em 2022, para 2,82% e após em 2023 um aumento para 4,49%. Entende-se que um provável motivo para a grande variação do ano de 2017 para o ano de 2018 foi devido à redução da quantidade de missões e redução do PIMO e conseqüentemente a quantidade de exercícios avaliados que eram realizados, diminuindo assim a probabilidade de grau deficiente.

Ao observar o gráfico de barras com os percentuais dos dois grupos, anos com simulador e anos sem, é evidente uma redução nos percentuais de graus deficientes. Uma das razões associadas a essa diminuição pode ser a implementação das instruções dos simuladores. No entanto, outros fatores também são relevantes, como o uso de material de estudo via *Computer Based Training* (CBT), a menor incidência de deficientes em missões em 2018, entre outros fatores subjetivos. Por esse motivo os testes estatísticos foram importantes, pois fornecem uma resposta baseada em análise matemática, indo além da simples descrição dos dados.

Diante dos resultados do teste *t-Student*, observa-se um aumento médio de 0.110064 nas notas de voo nos anos com instruções nos simuladores. Acredita-se que um possível motivo para essa diferença relativamente pequena entre os grupos seja o fato de que um cadete que, sem as instruções nos simuladores, receberia uma nota de grau 2, possa com elas alcançar um grau 3 ou 4. No entanto, isso pode não ter o mesmo impacto na média que receber um grau 5 ou 6.

De acordo com os resultados dos testes realizados, há evidências de que, comparado com os períodos em que não havia instruções nos simuladores, os graus médios dos voos são maiores nos períodos com essas instruções. Além disso, é notório que houve uma diminuição no percentual de notas deficientes. Nesse contexto, a instrução nos simuladores é um dos elementos que podem ter influenciado os graus obtidos; entretanto, não é o único fator, visto que os dados não são provenientes de experimentos com controle de variáveis, mas sim de uma avaliação ao longo dos anos. Esta, por sua vez, pode ser influenciada por mudanças de instrutores, condições climáticas,

utilização do CBT, entre outros fatores. Portanto, é possível inferir que, entre outros fatores, a aplicação das instruções nos simuladores de voo T-2000 teve um impacto positivo no cenário da instrução aérea. Dessa maneira, é de suma importância que, aliados ao desenvolvimento tecnológico, esses simuladores sejam constantemente aprimorados.

Por fim, para obter uma resposta mais precisa, será necessário, elaborar artigos focados na exploração dos aspectos subjetivos e qualitativos inerentes à instrução aérea. Isso permitirá um aprofundamento no estudo das ferramentas que desenvolvem as capacidades cognitivas dos Cadetes Aviadores e conseqüentemente, influenciam em seu desempenho nas missões aéreas.

Além disso, é essencial realizar mais análises, incluindo as próximas turmas que receberem instruções nos simuladores do ETS. Dessa forma, será possível utilizar um banco de dados mais amplo e, juntamente com o estudo dos aspectos subjetivos, chegar a uma resposta mais precisa sobre a influência dos simuladores no desempenho nas missões de FR2 no 2º EIA.

## REFERÊNCIAS

BRAUN, D. **A utilização do sistema de simulador de voo na segurança de voo**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Programa de Pós-graduação Lato Sensu em Logística de Aviação, Centro de Instrução de Aviação do Exército, Taubaté, 2020. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/8956>

BRASIL. **Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria no 2/3SC2, de 30 de janeiro de 2001. Aprova a reedição do manual que dispõe sobre padronização do uso dos termos, palavras, vocábulos e expressões de uso corrente no âmbito do Comando da Aeronáutica (MCA10-4)**. Boletim Externo Ostensivo [do EMAER], Brasília, DF, n. 2, p. 12, 16 fev. 2001.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2014.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2015.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2022a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Manual de Procedimentos do 2º Esquadrão de Instrução Aérea**, Pirassununga, 2022b.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. ICA 37-863. **Projeto Pedagógico do Curso de Formação de Oficiais Aviadores**, Brasília, DF, 2022c.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional**, Pirassununga, SP, 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

INFORZATTO, M. F. **FAB inaugura novo sistema de simulador de voo para instrução dos Cadetes Aviadores**. Agência Força Aérea, 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: 27 jun. de 2023

LARSON, R. F.; FARBER, B. **Estatística aplicada**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

MACHADO, J. E. S. **Os Primórdios dos Simuladores de Voo - MUSAL**. Agência Força Aérea, 2017. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/musal/index.php/projeto-av-hist/62-projeto-av-hist/470-os-primordios-dos-simuladores-de-voo>. Acesso em: 2 jul. 2023.

MARTINS, A.; OLIVEIRA, B. F. **Impacto financeiro da implantação de simulador de voo na instrução aérea do 1o/11o GAv**, 2011. Disponível em: [https://www.sige.ita.br/edicoes-antiores/2011/st/VII\\_3.pdf](https://www.sige.ita.br/edicoes-antiores/2011/st/VII_3.pdf). Acesso em: 27 jun. 2023.

MATSUURA, J. P. **Aplicação dos simuladores de voo no desenvolvimento e avaliação de aeronaves e periféricos**. Relatório Final de Trabalho (Graduação) – Centro Tecnológico Aeroespacial – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, 1995.

MONTGOMERY, D.E. **Design and Analysis of Experiments**. New York: John Wiley and Sons, 1991.

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.

RAMALHO, M. M. U. **A relevância da fase de formatura na instrução aérea do cadete aviador da Academia da Força Aérea**. Pirassununga: Academia da Força Aérea (AFA), 2020.

ROLFE, J. M.; STAPLES, K. J. **Flight Simulation**. [S.l.]: Krieger Publishing Company, 1986.

VIDIGAL, P. V. de A. **A influência do período de realização do simulador de voo no desempenho dos pilotos de H-36 do 1º/8º GAV, durante a formação operacional**. Monografia (Pós-Graduação), Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica (EAOAR), Rio de Janeiro, 2017.

## APÊNDICE A – NÍVEIS DE APRENDIZAGEM E CARACTERÍSTICAS PARA ATRIBUIÇÃO DE GRAU EM MISSÃO AÉREA

De acordo com o PPC, os níveis de aprendizado empregados na instrução aérea são:

- a) **PREPARAÇÃO (PR)**
  - neste nível, o cadete faz o ajustamento preparatório para determinada ação, estando contidos aí o preparo mental, o preparo físico e o preparo emocional;
  - cabe ao IN levar o cadete a obter uma percepção simulada e ajustá-lo a responder corretamente a essa percepção, otimizando a resposta reduzindo a surpresa e a novidade; e
  - O cadete não deve operar, mas apenas observar.
  
- b) **RESPOSTA ORIENTADA (RO)**
  - o cadete age sob orientação do IN, desenvolvendo habilidades motoras simples, cabendo a este servir como modelo, de modo que leve o cadete a atingir, através da orientação e da repetição, a resposta desejada.
  
- c) **RESPOSTA MECÂNICA (RM)**
  - o cadete adquiriu certa confiança e um adequado grau de proficiência quanto a resposta, sendo 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.
  
- d) **RESPOSTA ABERTA COMPLEXA (RC)**
  - ao atingir esse nível o cadete 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 (Brasil, 2022c, p. 96).

E de acordo com o PIMO, o grau final das missões e dos exercícios serão assim definidos:

- a) **Grau 1 (um) - PERIGOSO:**

Será atribuído a qualquer item avaliado da ficha de voo sempre que ocorrer alguma das duas situações especificadas abaixo:

  - Quando as normas da atividade aérea forem violadas sem qualquer razão;
  - 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; e/ou
  - O Grau da missão será 1 (um) (perigoso), sempre que o AL obtiver Grau 1 (um) em um ou mais itens da ficha de voo. [...].
  
- b) **Grau 2 (dois) - DEFICIENTE:**

Poderá ser atribuído a qualquer item avaliado da ficha de voo, 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.

O Grau da missão será 2 (dois) (deficiente), sempre que o AL obtiver Grau 2 (dois) em um ou mais itens da ficha de voo, sendo considerado reprovado na missão, devendo repeti-la, de acordo com o PIMO e limitado às quantidades previstas em cada Fase/Estágio. [...].

c) Grau 3 (três) - SATISFATÓRIO NOS MÍNIMOS:

Será atribuído, de acordo com os níveis de aprendizagem, a qualquer item avaliado da ficha de voo, 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. [...].

d) Grau 4 (quatro) - SATISFATÓRIO:

Será atribuído a qualquer item avaliado da ficha de voo 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.

e) Grau 5 (cinco) - BOM:

Será atribuído a qualquer item da ficha de voo 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.

f) Grau 6 (seis) - EXCELENTE:

Será atribuído a qualquer item da ficha de voo quando o aluno demonstrar excelente domínio da aeronave e atingir com facilidade ou superar o nível previsto para o exercício.

Obs.: O IN poderá propor a atribuição do Grau 6 (seis) como grau final da missão, sempre que o desempenho geral do aluno justificar a proposição, cabendo ao Cmt do EIA a homologação do Grau proposto (Brasil, 2023, p. 27-28).

**ANEXO A – ORDEM DE INSTRUÇÃO DA FASE DE VOO EM FORMATURA COM 2  
AVIÕES PREVISTA NO PIMO DE 2023**

FORMATURA 02 ANV T-25 (FR2)													
ITENS AVALIADOS	MISSÕES											R1	R2
	01	02	03	04	05	06	X1	08	X2	X3			
Partida	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
Táxi	P	O	M	M	C	C	C	C	C	C			
Posição para decolagem	P	O	M	M	C	C	C	C	C	C			
Decolagem isolada	P	O	O	M	M	C	C	C	C	C			
Reunião após a decolagem	P	O	O	M	M	C	C	C	C	C			
Escalonamentos	P	O	O	M	M	C	C	C	C	C			
Básica - tobogã e curvas	P	O	O	M	M	M	C	C	C	C			
Básica - oito 30° a 45°	P	O	O	M	M	M	C	C	C	C			
Básica - oito 45° a 60°	P	O	O	M	M	M	C	C	C	C			
Básica - oito 60° a 90°	P	O	O	O	M	M	C	C	C	C			
Cobrinha - dispersão	P	O	O	M	M	M	C	C	C	C			
Cobrinha - oito preguiçoso	P	O	O	M	M	M	C	C	C	C			
Cobrinha - acrobacias	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Cobrinha - reversões	P	O	O	M	M	M	C	C	C	C			
Cobrinha - reunião	P	O	O	M	M	M	C	C	C	C			
Cobrinha - espirrada	P	O	-	M	-	M	C	-	C	C			
Ataque 2 - dispersão	P	-	O	O	M	M	M	-	M	M			
Ataque 2 - oito preguiçoso	P	-	O	O	M	M	M	-	M	M			
Ataque 2 - acrobacias	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-			
Ataque 2 - reversões	P	-	O	O	M	M	M	-	M	M			
Ataque 2 - reunião	P	-	O	O	M	M	M	-	M	M			
Falha de comunicação simulada	-	-	-	-	-	M	-	-	-	-			
Formatura Escalão	P	O	O	M	M	C	-	-	C	C			
Formatura Rota	P	O	O	M	M	C	C	C	C	C			
Dispersão no tráfego	P	O	O	M	M	C	C	C	C	C			
Enquadramento de pista	P	O	M	C	C	C	C	C	C	C			
Final	P	O	M	C	C	C	C	C	C	C			
Pouso	P	O	M	C	C	C	C	C	C	C			
Estacionamento	O	M	M	C	C	C	C	C	C	C			
Corte do motor	O	M	M	C	C	C	C	C	C	C			
Inspeções e cheques	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
Fraseologia	P	O	M	C	C	C	C	C	C	C			
Sinais Visuais	P	O	M	M	C	C	C	C	C	C			
Correções	P	O	M	M	C	C	C	C	C	C			
Uso dos comandos	P	O	M	M	C	C	C	C	C	C			
Uso dos compensadores	P	O	M	M	C	C	C	C	C	C			
Uso do motor	P	O	M	M	C	C	C	C	C	C			
Equipagem	DC						SL	DC					
Número de pousos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Tempo de voo	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	1:00	
Código da missão 05II05D...	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10			