

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA  
DIVISÃO DE ENSINO

**MODELOS DE AVALIAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DE TREINAMENTO DOS  
SIMULADORES DA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA<sup>1</sup>**

MATEUS FAVARELLI SCHIO<sup>2</sup>  
ISAIAS DE CASTRO MOURA NETO<sup>3</sup>

**RESUMO**

A aviação, em sentido amplo, tem evoluído constantemente, ao longo da história. As ferramentas e os equipamentos acompanharam essa evolução de forma a se adequarem às exigências do cenário aeronáutico. Dentre as inovações existentes, o simulador de voo destaca-se como uma ferramenta funcional no que tange ao treinamento e aperfeiçoamento do piloto. O objetivo deste estudo é compreender a importância que essas tecnologias possuem dentro do cenário de uma aviação militar moderna, voltado especificamente para o contexto da formação do Cadete Aviador da Academia da Força Aérea (AFA). Além disso, propor um método de diagnóstico e avaliação das qualidades e deficiências dos simuladores já existentes na AFA, permitindo identificar se há oportunidades de melhorias para a aplicação dos simuladores durante o treinamento para os Cadetes Aviadores. Dessa forma, o presente trabalho buscou embasamento teórico para descrever o funcionamento básico do simulador de voo e como ocorre uma transferência de treinamento positiva e negativa. Em seguida, foram propostos modelos de análise de desempenho para que seja possível ajustar a dinâmica do simulador com a realidade do voo, tendo em vista que a AFA atualmente carece de uma ferramenta de diagnóstico dos simuladores. Para o cumprimento desses objetivos, foram utilizadas referências bibliográficas relacionadas ao assunto, contemplando manuais, regulamentos, pesquisas e artigos científicos.

**Palavras-chave:** Simulador de Voo. Voo por Instrumento. Modelo de análise.

---

<sup>1</sup> Artigo apresentado para Avaliação Final do Trabalho de Conclusão de Curso, como pré-requisito para a conclusão do Curso de Formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea de Pirassununga/SP.

<sup>2</sup> Cadete do 4º Esquadrão do Curso de Formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea - Pirassununga / SP.

<sup>3</sup> Pós-graduação em Logística Empresarial, bacharelado em Ciências Aeronáuticas e Especialista em Segurança de Voo da Academia da Força Aérea.

## **TRAINING TRANSFER EVALUATION MODELS OF AIR FORCE ACADEMY SIMULATORS**

### **ABSTRACT**

*Aviation, in a broad sense, has constantly evolved throughout history. The tools and equipment have followed this evolution in order to adapt to the demands of the aeronautical scenario. Among the existing innovations, the flight simulator stands out as a functional tool for pilot training and improvement. The objective of this study is to understand the importance that these technologies have within the modern military aviation scenario, focusing specifically on the training context of the Cadet of Air Force Academy (AFA) . In addition, to propose a method to diagnose and evaluate the qualities and deficiencies of the simulators already existing in the AFA, allowing the identification of improvement opportunities for the application of simulators during the training of the Air Cadets. In this way, the present study sought a theoretical background to describe the basic operation of the flight simulator and how a positive and negative training transfer occurs. After that, performance analysis models were proposed in order to adjust the simulator dynamics to the reality of flight, considering that AFA currently lacks a diagnostic tool for simulators. To accomplish these objectives, bibliographic references related to the subject were used, including manuals, regulations, research, and scientific articles.*

**Keywords:** *Flight Simulator. Instrument Flight. Analysis Model.*

## INTRODUÇÃO

Na história da humanidade, os recursos tecnológicos permeiam a evolução e são empregados nas mais diversas esferas, incluindo nas Forças Armadas. A Força Aérea Brasileira, presente nesse contexto adaptativo, objetiva a modernização da infraestrutura de ensino para tornar-se um ente internacional referenciável do ponto de vista do Poder Aéreo. De acordo com o Plano de Modernização do Ensino da Aeronáutica (PCA 37-11, 2017), dentre as inovações tecnológicas citadas, a implementação de simuladores de voo constitui um dos objetivos contidos no plano. Portanto, este trabalho discorre sobre o tema a possibilidade da conciliação do voo mental e do treinamento em simulador de voo de maneira sinérgica para aprimorar as habilidades cognitivas e psicomotoras dos discentes na fase voo de instrumento do Estágio Básico do Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV). Portanto, o artigo irá abordar a área de Ciências Aeronáuticas com enfoque na parte de simulação aérea associada à fase do Voo por Instrumentos no Estágio Básico do CFOAV, realizado na aeronave T-27 M.

O simulador, neste trabalho, é observado como um Dispositivo de Treinamento para Simulação de Voo- o *Flight Simulation Training Device* (FSTD) que significa qualquer equipamento no qual as condições de voo podem ser simuladas no solo, sob a qualificação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC); são denominados como: Simulador de Voo (*Full Flight Simulator*) – FFS, Dispositivo de Treinamento de Voo (*Flight Training Device*) – FTD e Treinador de Voo por Instrumentos (*Aviation Training Device*) – ATD (RBAC nº 61, 2020). Entre as fases de voo que o cadete cumpre no Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV), a fase de Voo por Instrumentos foi destacada como objeto de pesquisa, pois ela possui: um paralelismo com o mesmo treinamento realizado por pilotos civis e, também, por permitir avaliar estímulos cognitivo, através do funcionamento dos instrumentos do simulador, e as respostas psicomotoras dos pilotos. Sendo assim, o uso simulador somado à criação de parâmetros de desempenho e de métodos de avaliação possibilita medir a influência do voo mental no desempenho do aluno

durante a prática simulada.

Sendo o primeiro contato do cadete com o Voo por Instrumentos no Estágio Básico do Curso de Formação de Oficiais Aviadores, a produção deste trabalho está consubstanciada em demonstrar a importância do simulador para o primeiro contato do piloto com a fase de instrumentos, voltado especificamente para o contexto de formação do cadete aviador na Academia da Força Aérea. Além de elencar os aspectos relevantes, o trabalho estabelece modelos de análise que possam avaliar quais são os efeitos do simulador na atividade aérea e rastrear os pontos negativos que prejudicam o aprendizado do Cadete na atividade aérea.

Na Força Aérea dos Estados Unidos está sendo empregado o *Pilot Training Next* (PTN), que trata-se de um programa de treinamento baseado na aplicação de simuladores de voo conjugado com Óculos de Realidade Virtual (PENNINGTON, 2019). O programa também conta com a tecnologia de Inteligência Virtual, que é capaz de mensurar a função cognitiva do piloto através da leitura de pupila. Por meio dessas medições, o computador é capaz de identificar quais instrumentos estão sendo interpretados pelo piloto e com qual velocidade essa interpretação ocorre. O objetivo deste programa é o aprimoramento das técnicas de pilotagem por parte dos pilotos e a consequente redução dos custos que são empregados na atividade aérea.

Com o intuito de atender essa nova tendência, a Força Aérea Brasileira (FAB) propôs a implementação de um sistema de simulador de voo na Academia da Força Aérea (AFA), visando auxiliar na instrução aérea dos Cadetes. A plataforma T-2000, que foi modernizada para representar fidedignamente a aeronave T-27 M, contando com um cenário semelhante ao da área de instrução e uma interface que simula a dinâmica dos instrumentos da aeronave (FAB, 2020).

Dado tal elevado grau de utilização do simulador de voo, a motivação na execução deste trabalho está em contribuir com a melhoria dos simuladores da AFA através da proposição de modelos voltados para o diagnóstico de desempenho dos mesmos. Para atender o objetivo geral, o trabalho busca especificamente explicar conceito de simulador de voo e suas variações, detalhar como ocorre uso dessa

ferramenta na AFA pelos Cadetes, descrever alguns conceitos teóricos sobre ensino e aprendizagem através de referências bibliográficas, citar outros modelos de análise que já foram utilizados e por fim, propor modelos de medição e controle do desempenho dessa ferramenta de treinamento dos Cadetes Aviadores da Academia da Força Aérea.

Justifica-se a elaboração deste trabalho a partir da competência proposta no Perfil Profissional dos Oficiais da Aeronáutica (MCA 36-8, 2021), em que , entre outras importantes competências do Oficial Aviador, realizar com segurança e equilíbrio emocional um voo em condições de instrumento ou visual é um dos objetivos precípuos do Curso de Formação de Oficiais Aviadores. Sendo, portanto, a utilização do simulador de voo para o treinamento do piloto o objeto deste estudo.

## **2 SIMULAÇÃO VIRTUAL E APLICAÇÕES NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA**

### **2.1 Simuladores de voo**

Os simuladores, em suas mais diversas variações, têm se tornado ferramentas utilizadas com diferentes aplicações. Na vertente da aviação, o simulador possui uma ampla variedade de recursos, desde os mais simples até os mais completos que se aproximam da realidade. De acordo com o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC nº61, 2020) o dispositivo simulador de voo é qualquer equipamento em que as condições de voo podem ser simuladas em solo e que esteja qualificado pela ANAC, adotando como termo técnico: Dispositivo de Treinamento para Simulação de Voo (*Flight Simulation Training Device - FSTD*) .

Com a finalidade de verificar as características de desempenho e realismo, a ANAC criou três classificações para os diferentes tipos de simuladores. A primeira classificação trata-se do simulador de voo (*Full Flight Simulator - FFS*) que consiste numa réplica dos instrumentos, equipamentos, painéis e controles do modelo específico ou em série de determinada aeronave, possuindo todos os equipamentos e programas necessários para representar a aeronave no solo ou em voo. A segunda classificação é dispositivo de treinamento de voo (*Flight Training Device -*

FTD), que trata-se de um plataforma física que simula o funcionamento dos instrumentos, equipamentos, painéis e controles de uma aeronave em uma área confinada ou não na cabine de pilotagem. Neste caso não é requerido um sistema de movimento. Finalmente, a terceira classificação, a qual será utilizada como referência neste trabalho: o treinador de voo por instrumentos (*Aviation Training Device - ATD*) é o dispositivo com o qual é possível simular a operação de uma aeronave em voo por instrumentos e obter créditos para a concessão da habilitação IFR. Dentro desta classificação, existem duas divisões que são: *Basic Aviation Training Device* (BATD) e *Advanced Aviation Training Device* (AATD). O BATD é uma representação genérica de instrumentos e equipamentos de voo que não há a obrigatoriedade de estarem instalados nas posições específicas que estariam na aeronave real e não necessita de uma cabine fechada a fim de simular o *cockpit*. Já no AATD, os equipamentos devem estar necessariamente no mesmo posicionamento onde estariam na aeronave, com um leiaute de *cockpit* semelhante ao da aeronave. Em questão de horas previstas para o treinamento IFR no simulador, o BATD pode contemplar até 50% das horas previstas, enquanto o AATD pode creditar a quantidade de horas máxima prevista.

**Tabela 1** - Proporcionalidade de créditos e abatimentos em FSTD

FSTD utilizado	Abatimento máximo	Quantidade de horas requeridas para contabilizar 1 hora de abatimento
BATD	50% do permitido	2
AATD	100% do permitido	1,5
FTD nível 5, 6 ou 7	100% do permitido	1

Fonte: ANAC, 2020

## 2.2 Simulação do voo por instrumento

O voo por instrumento é definido como a arte de controlar o avião somente pelo uso de instrumentos. É utilizado em situações em que não há presença do horizonte natural (condições meteorológicas adversas), sendo a atitude e a trajetória da aeronave guiadas parcialmente ou totalmente por instrumentos (ANTAS, 1979).

Aeronaves classificadas como homologadas para voo IFR (Regra de Voo por Instrumento), são capazes de navegar por meio de auxílios de rádio e *Global Navigation Satellite System* (GNSS) que orientam a aeronave sem que haja a necessidade de contato visual com o solo. Os auxílios rádio dividem-se em *Non Directional Radio Beacon* (NDB) e *Very High Frequency Omnidirectional Range* (VOR), os quais operam em frequências específicas de rádio que são captadas pelas aeronaves. Já os procedimentos de GNSS operam com auxílio de satélites, oferecendo maior precisão em comparação com os procedimentos convencionais citados anteriormente (BIANCHINI, 2014). Nesse mesmo contexto do voo por instrumentos, os simuladores possuem uma aplicação prática no treinamento desse tipo de procedimento. Como citado anteriormente, o *Flight Training Device* (FTD) é aplicado especificamente para o treinamento do Voo por Instrumento. Entretanto, critérios específicos devem ser atendidos para que o treinamento esteja devidamente homologado de acordo com as especificações da ANAC. Tanto o *Basic Aviation Training Device* (BATD) quanto o *Advanced Aviation Training Device* (AATD) devem atender requisitos específicos, sendo eles: comandos gerais, controles de voo, *inputs* de controles gerais, representação de informações, qualidade de imagem, atualizações de exibição, dinâmica de voo e estação do instrutor. Por meio desses requisitos, o nível de realidade do simulador é avaliado e o seus resultados também mensurados.

Para analisar quais são os resultados práticos da utilização dessa ferramenta, foi criado o conceito de transferência de treinamento que trata-se da efetividade do treinamento, propriamente dito, ou seja, quais foram os resultados obtidos na prática a partir de um treinamento prévio. De acordo com Baldwin e Ford (2002), a transferência de treinamento (*transfer of training*) é o processo pelo qual o conhecimento e as habilidades são adquiridos durante a fase de treinamento, sendo aplicados em uma situação real. Contextualizado no ambiente da aviação, o simulador de voo trata-se de uma ferramenta de treinamento e preparo para o voo. Avaliar sua efetividade consiste em mensurar quais são os resultados gerados na atividade de voo real.

Da mesma forma que existem aspectos positivos, o treinamento também pode gerar aspectos negativos. A transferência negativa de treinamento é quando aprender em uma situação interfere no conhecimento ou nas habilidades anteriores de outra situação (Borgvall et al., 2007). A simulação aérea, quando realizada de maneira inapropriada, pode dificultar a progressão da aprendizagem ou, até mesmo, criar hábitos que prejudicam a pilotagem real.

Outro aspecto associado com a transferência de treinamento é a variável *Cumulative Transfer Effectiveness Function* (CTEF) que define a economia total em horas de voo reais por meio da aplicação de treinamento em simulador de voo (ROSCOE, 1971). Basicamente essa variável demonstra a redução das horas de voos quando há a possibilidade de realizar um treinamento antecipado dos exercícios que serão executados na missão em questão. A redução na demanda por horas de voo implica diretamente na redução dos custos gerados pelo consumo de combustível, manutenção da aeronave, equipagens, entre outros.

### **2.3 Aplicação do simulador de voo no Estágio Básico T-27 do CFOAV**

A Academia da Força Aérea é responsável pela formação do Cadete Aviador conforme os parâmetros estabelecidos na ICA 37-863 que prescreve o Projeto Pedagógico de Curso para o Curso de Formação de Oficiais Aviadores (BRASIL, 2021). De acordo com o item 10.9.6, o Estágio Básico na aeronave T-27 contempla as seguintes fases: pré-solo (PS), manobras e acrobacias (MAC), voo por instrumentos (VI), subdividida em instrumento básico e avançado, voo noturno (NT), voo em formatura com 02 (dois) aviões (FR2), voo em formatura com 04 (quatro) aviões (FR4), navegação visual (NAV VFR) e navegação por instrumentos (NAV IFR).

Na atividade de instrução aérea, o Cadete deverá demonstrar habilidades psicomotoras e cognitivas específicas para cada missão de voo, que de acordo com o item 10.9.8 trata-se da “atividade prática ou procedimental em que o cadete deverá

executar exercícios de técnicas de voo, detalhados em Ficha de Voo” sendo o conceito de Ficha de Voo descrito como “documento relativo a cada missão da atividade aérea na qual o Instrutor (IN) registra os graus obtidos pelo cadete e descreve os comentários sobre o desempenho do discente na missão aérea”. Numa abordagem analítica, o Cadete deverá cumprir determinados exercícios que de acordo com o item 10.9.9.4 são definidos pela Ordem de Instrução (OI).

Todos os exercícios e níveis de desempenho esperados, ou seja, que o Cadete deve atingir através de demonstrações práticas em voo, constam detalhadamente no Programa de Instrução de Manutenção Operacional (PIMO), documento o qual são estabelecidas as padronizações da instrução de voo (BRASIL, 2022). Atualmente o Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV) da Academia da Força Aérea conta com plataformas de simulação virtual, sendo a aplicação das mesmas prevista no Programa de Instrução de Manutenção Operacional (PIMO). De acordo com os itens 4.1.5 e 4.1.6 do PIMO, a escala de voo simulado tem caráter preferencial, podendo ser ajustada de acordo com as dificuldades apresentadas pelos alunos. Além disso, o treinamento simulado possui caráter experimental, sendo os graus finais das missões apenas de caráter formativo e não somativo.

De acordo com a ICA 37-863, item 14.2.2, a Divisão de Operações Aéreas (DOA) conta com 3 simuladores T-2000, 4 simuladores T-3000. Tanto as estações T-2000 como T-3000 RV tratam-se de consoles genéricos de simulador que foram adaptados para aeronave T-27, com a diferença que a T-3000 RV conta com ferramenta de Realidade Virtual. No item 4.2.4 do PIMO, referente às recomendações específicas da aplicação do simulador no Estágio Básico do T-27, estão descritos os Procedimentos Normais e Emergência (PNE) e os exercícios das fases de Pré-Solo, Manobras e Acrobacias e Instrumento. Os PNE's devem ser realizados preferencialmente na plataforma T-4000, que trata-se de uma nacele real da aeronave T-27 modelo convencional com todos instrumentos com funcionamento dinâmico, além de possuir uma tela que simula a visão do exterior da aeronave e suas reações. As demais missões, denominadas Instruções de Simulador (IS), são

realizadas na plataforma T-2000 ou T-3000 RV.

**Figura 1** - simulador T-2000



Fonte: (revista Força Aérea, 2020)

### **3 MÉTODO DE ANÁLISE E MODELOS PROPOSTOS**

#### **3.1 Medição de transferência de treinamento nos simuladores da Academia da Força Aérea**

O presente trabalho possui um propósito de caráter exploratório na medida em que não existe atualmente uma ferramenta específica que possa ser utilizada para análise de desempenho dos simuladores da Academia da Força Aérea. Além disso, a análise dos dados obtidos será feita através de uma abordagem quantitativa, por meio do diagnóstico dos graus obtidos entre os grupos de controle que serão detalhados posteriormente neste trabalho. Partindo da necessidade de um modelo para análise de desempenho, será abordado novamente o conceito de transferência de treinamento para análise dos simuladores. Inserido nessa teoria, é possível estabelecer duas vertentes da transferência de treinamento: positivo e negativo. Quando a transferência positiva ocorre, considera-se que o objetivo do

treinamento foi alcançado de maneira efetiva. Entretanto, quando trata-se da transferência negativa, os conhecimentos que supostamente deveriam ser adquiridos com treinamentos não são adquiridos adequadamente. O indivíduo ao invés de estimular seu cognitivo para uma situação, acaba criando duas capacidades distintas: uma para situação simulada e outra para a situação real. Dessa forma, a transferência negativa trata-se da aplicação incorreta dos métodos de treinamentos com a conseqüente distorção da realidade.

Aplicando no contexto do simulador de voo, existe a necessidade de ser avaliado como determinada plataforma de simulação está impactando no desempenho do voo propriamente dito. Especificamente na AFA, tratando-se dos simuladores citados anteriormente, há uma carência de ser mensurado objetivamente a efetividade dos simuladores no desempenho dos Cadetes Aviadores na instrução de voo. Dessa forma, um método científico adequado para tal aplicação é a Razão de Efetividade de Transferência (ROSCOE e WILLIGES, 1980). Basicamente, esse método estabelece uma comparação matemática entre dois grupos distintos, sendo que um deles passa pelo treinamento e o outro não.

Para definir a fórmula matemática desse método, é necessário estabelecer quais são as variáveis. Basicamente, cada variável representa a quantidade de treinamento real necessária para que um nível de capacidade psicomotora específico fosse alcançado por um grupo amostral de pilotos. O grupo que não obteve um treinamento prévio (simulador de voo) é definido pela variável “Yc”, enquanto o grupo que obteve treinamento é definido pela variável “Yx”. A quantidade de treinamento simulado realizado pelo grupo “Yx” é representado pela variável “X”. O termo “TER” presente na fórmula trata-se da sigla de *Transfer Effectiveness Ratio* que traduzindo é a Razão de Efetividade de Transferência. Portanto, a fórmula possui a seguinte composição:

$$TER = \frac{Yc - Yx}{X} \quad (1)$$

Através da Razão da Efetividade de Transferência (1), é possível obter um parâmetro a respeito do treinamento simulado, permitindo avaliar se a transferência de treinamento está sendo positiva ou negativa. Em valores de “TER>0”, conclui-se que a utilização do simulador de voo está gerando resultados positivos, enquanto os valores de “TER<0” sugerem que o treinamento simulado não está atendendo seus objetivos. Quando obtêm-se valores de “TER=0”, a prática simulada revela-se indiferente ao voo real. Além disso, através da variável “X”, é possível obter a razão de quantas tentativas foram necessárias para obter o nível esperado de capacidade psicomotora.

Além da fórmula citada anteriormente, Roscoe e Williges (1980) apresentam também a *Percent Transfer* (Porcentagem de Transferência) (2), que basicamente traduz em termos de porcentagem o quão positivo ou negativo foi a transferência de treinamento do simulador em comparação com o grupo de pilotos que não passaram pelo treinamento em simulador de voo. A razão é feita com base no grupo “Yc”, em que quanto maior a porcentagem, maior são os efeitos positivos ou negativos da transferência de treinamento. Com base nessa linha de raciocínio, criou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Percent Transfer} = \frac{Y_c - Y_x}{Y_c} \quad (2)$$

### 3.2 Estudos acerca do desempenho do simulador

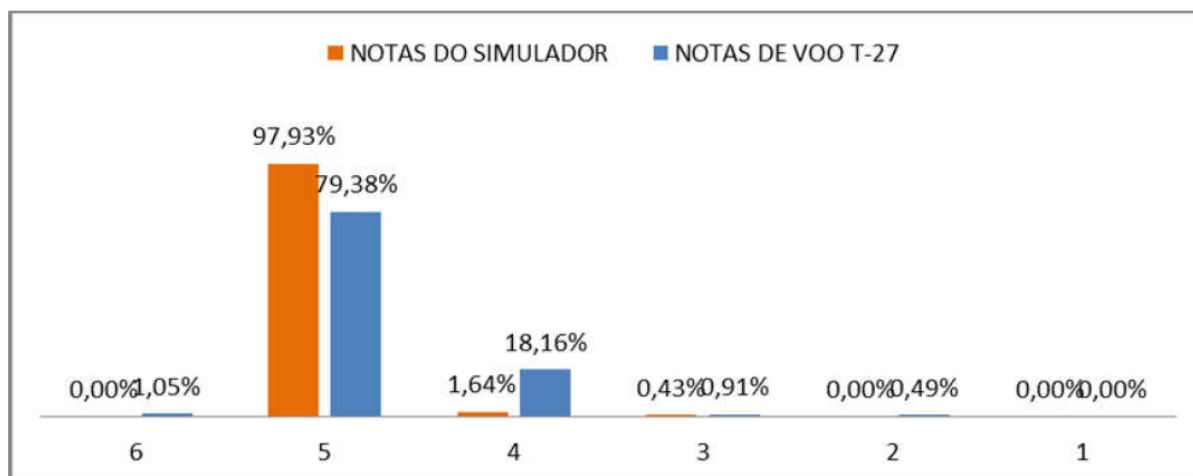
Como forma de contextualização de modelos que foram utilizados para análise do desempenho do simulador, dois estudos serão destrinchados neste trabalho. O primeiro estudo “A influência da diferença de parâmetros entre o simulador e a aeronave T-27 Tucano, no processo de aprendizagem do Cadete do 4º ano da AFA” (HERCULIAN, 2017) faz uma abordagem comparativa entre a realidade oferecida pela simulação virtual e o voo propriamente dito.

“Assim, com base nos objetivos, ele foi classificado como descritivo, buscando relacionar a influência da diferença de parâmetros do simulador em relação à aeronave T-27 TUCANO, no processo de

aprendizagem do cadete do 4º ano nos voos de instrumentos, por meio das percepções dos instrutores e dos cadetes da AFA.” (HERCULIAN, 2017, p.11)

O autor se baseou em dois modelos de análise distintos. O primeiro deles trata-se da verificação documental das notas de voo dos cadetes das missões de simulador e voo por instrumento. As notas foram divididas em uma escala de 1 a 6, tanto para as missões simuladas como para as reais. Dessa forma, foi feita uma análise do percentual de concentração das notas dos Cadetes em cada missão. Através dessa modelagem de dados, o autor confeccionou um gráfico que agrupava as notas de voo e dividia as porcentagens das notas de simulador e de voo no T-27. Por meio desse gráfico, é possível identificar as similaridades e discrepâncias nas avaliações e comparar o desempenho por partes dos Cadetes nos dois cenários (simulado e real).

**Gráfico 1** – Notas de voo do simulador e da aeronave T-27 em missões de instrumento



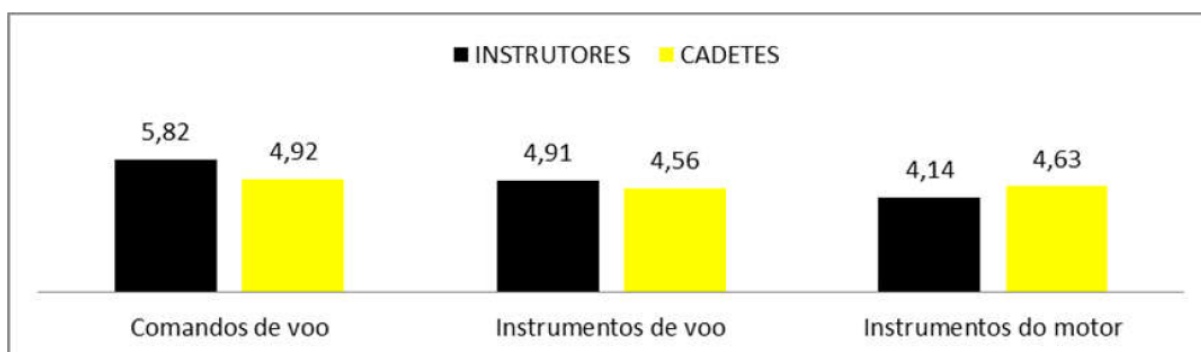
Fonte: HERCULIAN, 2017

O segundo modelo de análise trata-se de um levantamento de dados realizado através de um questionário com instrutores de voo da AFA e os Cadetes do 4º ano. O espaço amostral contou com um total de vinte e seis instrutores orgânicos do 1º EIA noventa e sete Cadetes do 4º ano. Por meio desse

levantamento, o autor buscou avaliar a perspectiva por parte dos instrutores e dos alunos com relação aos parâmetros do simulador em comparação à aeronave T-27. Esse questionário é composto por três perguntas que são divididas em: comandos de voo, instrumentos de voo e instrumentos do motor. As respostas foram medidas através da Escala de Likert, em que é avaliado o grau de satisfação dos participantes da pesquisa nominalmente.

“Para a interpretação das respostas do questionário, foi utilizado a Escala de Likert, onde, segundo Gil (2002), os participantes puderam manifestar suas opiniões acerca do problema estudado, aferindo o grau de concordância com o questionamento em uma escala graduada da seguinte forma: discordo totalmente (1), passando por indiferente (4) e chegando a concordo totalmente (7). Seu uso possibilitou analisar e quantificar as percepções dos alunos e dos instrutores, em relação à influência da diferença dos parâmetros dos três grupos de gerenciamento, no que se refere ao processo de aprendizagem do cadete” (HERCULIAN, 2017, p. 13)

**Gráfico 2 – Média das percepções dos instrutores e cadetes por grupo de gerenciamento**



Fonte: HERCULIAN, 2017

Analisando a percepção do autor na conclusão de seu artigo, foi possível verificar que em 2017 o simulador ainda apresenta diversas lacunas e que há uma transferência de treinamento negativa na aprendizagem dos Cadetes Aviadores.

“Os simuladores da aeronave T-27 não possuem condições técnicas de fornecer uma transferência positiva de treinamento, sendo que, na verdade, estes estão fornecendo uma transferência, indesejável, negativa de treinamento” (HERCULIAN, 2017, p.18).

Dessa forma, seria de grande valia que essa mesma forma de análise fosse aplicada novamente para verificar se desde 2017 houve alguma evolução nos parâmetros que o simulador possui e também verificar quais as novas percepções por parte dos Cadetes e instrutores.

O segundo estudo “A influência do treinamento em simulador de voo na fase instrumental do curso de formação do piloto de T-27 na FAP” (PALACIO, 2008) traz uma abordagem voltada para a Força Aérea do Paraguai (FAP), indicando a viabilidade financeira dos pilotos paraguaios de realizarem treinamento no simulador de voo do T-27 na AFA. Essa análise é feita comparando o investimento monetário despendido para treinar os pilotos sem o auxílio do simulador em detrimento das despesas/esforços para transportá-los até o Brasil na AFA para realizarem o treinamento. O autor basicamente separou dois grupos de pilotos diferenciando aqueles que passaram pelo treinamento no simulador e os que não vivenciaram essa experiência. “Serão objeto de pesquisa os alunos que realizaram o treinamento em simulador de voo na AFA desde o ano de 1994 até 2001, e os que não treinaram desde 2001 até o ano de 2008” (PALACIO, 2008, p.8). Após a divisão desses dois grupos, o autor selecionou determinados exercícios das fases básica e avançada de instrumento para tomar como parâmetro as notas obtidas pelos pilotos. Os graus dos exercícios foram divididos em uma escala de 1 a 6, idêntico ao outro estudo citado anteriormente. O grau 6 representa o voo excelente enquanto o grau 1 representa o voo perigoso. Além disso, os mesmos exercícios foram extraídos de 5 missões distintas, aumentando o espaço amostral.

**Tabela 2 - Desempenho do Aluno 1 (Sem treinamento)**

	EXERCICIOS	MISSÃO 1	MISSÃO 2	MISSÃO 3	MISSÃO 4	MISSÃO 5
1	"S" Vertical "A"	4	4	4	4	4
2	"S" Vertical "B"	4	3	4	4	4
3	"S" Vertical "C"	4	3	4	4	4
4	"S" Vertical "D"	4	4	3	4	4
5	Interceptação de Radiais	4	4	4	3	4
6	Procedimento de Descida	4	4	3	4	4

Fonte: PALACIO, 2008

De forma mais objetiva, o autor comparou numericamente entre dois grupos de controle quais foram os efeitos do simulador da AFA na instrução dos pilotos da FAP, chegando a duas conclusões distintas: a primeira, que o simulador promoveu uma melhora significativa no desempenho dos pilotos da FAP; a segunda, que os custos para o treinamento com simulador são superiores ao treinamento sem simulador.

“No quinto e último capítulo foram comparados os resultados obtidos do desempenho dos alunos, verifica-se que os que treinaram no simulador foram mais eficientes. (...) Posteriormente foram analisados e comparados os custos das horas de voo do simulador e do T-27, resultando que a fase instrumental é mais onerosa para os que treinaram em simulador” (PALACIO, 2008, p. 34).

### 3. 3 Modelos para análise

Através do embasamento teórico e da necessidade de criar-se um modelo de análise das plataformas de simulador da AFA, serão propostas possíveis alternativas para que haja uma aferição objetiva do desempenho desses simuladores. Em um primeiro momento, é necessário considerar o Projeto Pedagógico de Curso para o Curso de Formação de Oficiais Aviadores 2022 (ICA 37-863), em que no item 10.9 está previsto a Avaliação do Domínio Psicomotor. Sendo assim, o contexto de análise dos grupos amostrais de Cadetes deve ocorrer sem que haja prejuízo ou favorecimento na aprendizagem em algum dos grupos, não interferindo no aspecto

classificatório da formação. Dessa forma, foram pensadas algumas alternativas para a construção de um modelo de análise da efetividade dos simuladores.

### **3.3.1 Estudo randomizado com cadetes**

Souza (2009), descreve que o Estudo Clínico Randomizado (ECR) é um tipo de estudo experimental, aplicado em seres humanos, com o objetivo de conhecer os efeitos de uma intervenção invasiva ou não invasiva. Além disso, o ECR pode ser caracterizado como a ferramenta mais robusta na apuração das evidências científicas nos estudos.

A primeira alternativa está em iniciar os estudos a partir de Cadetes do 4º ano de formação do CFOAV que já concluíram o Estágio Básico do T-27. Esse grupo de controle seria separado em dois grupos, sendo que o primeiro grupo realizaria treinamento no simulador disponibilizado pela Divisão de Operações Aéreas (DOA) da AFA, e o segundo não teria o referido treinamento.

A partir da divisão desses dois grupos distintos de Cadetes, seriam aplicados exercícios específicos em voo, semelhantes ao "Tráfego Alpha" presente no Manual de Procedimentos do 1º Esquadrão de Instrução Aérea e referentes à fase de Voo por Instrumentos da fase Básica.

Nessa missão, os Cadetes devem ser colocados em uma situação inédita, se comparada com as demais missões que já realizou no curso. Serão estabelecidos critérios que devem ser atingidos pelos Cadetes para que sejam considerados aptos, como por exemplo:

- Variações de altura;
- Variações de proa;
- Variações de velocidade; e
- Capacidade de comunicação com o Controle de Tráfego Aéreo.

O número de tentativas e o tempo necessário até que esses critérios sejam alcançados seriam contabilizados, o que possibilitaria a criação de parâmetros de comparação entre os dois grupos de controles e, conseqüentemente, ficaria evidente

se há transferência positiva ou negativa do simulador para a atividade de voo real.

Em complemento, poderia ser aferido se há diferenças de pilotagem, no aspecto motor do uso dos controle de voo, entre os que realizaram o treinamento simulado e os que não realizaram.

### **3.3.2 Fase de instrumento formativa**

A segunda alternativa possível de ser aplicada encontra-se no próprio Projeto Pedagógico de Curso para o Curso de Formação de Oficiais Aviadores 2022 (PPC). A fase de voo por instrumentos prevista como formativa e somativa teria sua modalidade de avaliação modificada sendo apenas como formativa.

A desvantagem desse método é a queda no nível de controle das variáveis de voo (meteorologia, ordem dos exercícios, cansaço dos alunos) e amostragem do grupo, uma vez que, não seria possível e nem mesmo necessária a coleta de todos os dados de voo. Entretanto, dessa forma, o estudo poderia ser feito sem que a desigualdade nas condições de instrução entre os Cadetes prejudicasse o quesito classificatório.

Sendo assim, o grupo de cadetes do estágio básico seria selecionado para participar dessa pesquisa de forma que uma parte desse grupo receberia o treinamento no simulador oferecido pela DOA, enquanto o outro grupo não teria contato com o treinamento nessas ferramentas. Os critérios de avaliação seriam os mesmos previstos no PIMO 2022, bastando que o piloto seja considerado apto para avançar para a próxima missão.

Caso o Cadete tenha necessidade de repetir a missão, serão contabilizadas as quantidades de tentativas necessárias para que o mesmo consiga concluir a fase de instrumentos. Além de incluir como escopo da pesquisa a quantidade de tentativas, o tempo de voo gasto na fase e a média dos graus obtidos pelos dois grupos de controles (Cadetes que treinaram no simulador e Cadetes que não treinaram) também seriam explorados a fim de se obter resultados mais detalhados acerca da pesquisa.

Destaca-se que, como fator negativo dessa opção de pesquisa, tem-se a redução do repertório de avaliação e classificação de voo dos Cadetes nessa fase. Uma vez que os graus obtidos na fase de instrumentos deixariam de ser contabilizados para a classificação final do Curso de Formação de Oficiais Aviadores.

### **3.3.3 Comparação dos históricos de nota de voo**

Como opção, pode-se tentar estabelecer um histórico comparativo das turmas anteriores que realizaram o Estágio Básico do T-27 sem o auxílio dos simuladores de voo com as turmas que já contam com essa ferramenta.

Basicamente, haveria um levantamento da média das notas de voo na fase de instrumento referente a cada turma. A partir desse banco de dados, uma análise estatística possibilitaria avaliar se a introdução das plataformas de simulação virtual gerou uma transferência de treinamento positiva ou negativa na instrução aérea.

Entretanto, vale ressaltar que o contexto e as condições são distintas para ambos os cenários. As aeronaves T-27 passaram por modificações com a modernização nos sistemas de aviônicos e comunicação, mudando significativamente os recursos disponibilizados pelo avião.

O projeto T-27 modernizado conta com o *glass cockpit*, que possibilita realizar o voo e as aproximações baseados no posicionamento satelital, oferecendo maior grau de precisão comparado aos sistemas convencionais. Além disso, a aeronave conta com o sistema ADS-B que basicamente possibilita a visualização do posicionamento de outras aeronaves a partir dos próprios instrumentos do T-27 (FAB, 2021).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os simuladores são ferramentas que estão inseridas na realidade da aviação moderna. A própria Força Aérea Brasileira possui em seu Plano de Modernização do Ensino da Aeronáutica o simulador de voo como uma das implementações

necessárias para o avanço da instrução aérea. Além do Brasil, países como os Estados Unidos já possuem programas que utilizam do simulador como ferramenta base de treinamento: o *Pilot Next Training (PTN)*. Dessa forma, infere-se que não há como considerar a evolução do ensino e aprendizagem dos Cadetes Aviadores na Academia da Força Aérea (AFA) sem considerar a utilização dos simuladores como um instrumento didático e eficiente nessa etapa da formação dos aviadores da Força Aérea Brasileira

Porém, existe uma dualidade que pode transformar o simulador em uma ferramenta que contribui para a aprendizagem assim como uma ferramenta que dificulta esse processo. Sendo assim, verifica-se a necessidade de planejar e controlar a utilização dessa ferramenta através de medições da transferência de treinamento produzida na aprendizagem dos Cadetes Aviadores.

Um exemplo da necessidade das medições, com base científica, ocorre após a análise dos trabalhos de Herculian (2017) e Palácio (2008) em que os dois estudos chegam em conclusões antagônicas, ou seja, para o primeiro há transferência negativa do simulador para a aeronave, e para o segundo o contrário.

Em “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” (HERCULIAN, 2017), foi possível inferir que em 2017, de acordo com a análise do autor, os simuladores disponibilizados pela AFA estavam gerando uma transferência de treinamento negativa para os Cadetes.

“Os simuladores da aeronave T-27 não possuem condições técnicas de fornecer uma transferência positiva de treinamento, sendo que, na verdade, estes estão fornecendo uma transferência, indesejável, negativa de treinamento” (HERCULIAN, 2017, p.18).

Dessa forma, verifica-se a necessidade de avaliar as condições que os simuladores utilizados pelo 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA) estão sendo empregados na instrução aérea, principalmente tomando como base o grau de realismo dessas plataformas.

Como tal necessidade está diretamente associada com o objetivo deste

trabalho, foram propostos os possíveis modelos de análise que pudessem fornecer os subsídios necessários para o emprego das melhorias.

Esses modelos não se limitam apenas em concluir se há transferência positiva ou negativa dos simuladores, mas também apontar quais são os aspectos a serem melhorados, ou seja, na identificação das virtudes e fraquezas dos modelos de simulação empregados na AFA.

Portanto, qualquer apontamento sem a medição e o controle da performance do treinamento simulado na execução do voo real, é apenas uma opinião. Algo que não se conhece em detalhes, dificilmente, pode ser melhorado, logo, a pesquisa e a medição dos parâmetros de desempenho dos simuladores da AFA é fundamental para que o objetivo estratégico de modernizar o ensino seja atingido. Nas palavras do físico irlandês William Thomsom (1824 -1907) isso pode ser resumido na seguinte frase:

“Se você medir aquilo de que está falando e expressar em números, você conhece alguma coisa sobre o assunto; mas, quando você não o pode exprimir em números, seu conhecimento é pobre e insatisfatório.”

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Por meio da análise feita no presente trabalho, observa-se que o nível de incerteza no Projeto de Modernização da Força Aérea ficaria aumentado ao desconsiderarmos a utilização de novas tecnologias. Dentro das competências que são esperadas no perfil do Oficial Aviador da Força Aérea Brasileira, a constante melhoria na formação técnico-específica do piloto é um ponto relevante e considerável nesse escopo de análise.

Pontua-se que, através da pesquisa realizada, a humanidade utiliza cada vez mais a simulação como forma de melhorar a qualidade do treinamento dos funcionários ou reduzir os custos operacionais de seus sistemas de produção. Na Academia da Força Aérea, o investimento no desenvolvimento e utilização dessas tecnologias segue a tendência dos outros concorrentes no Mercado de Defesa. Entretanto, observou-se que na AFA não há um instrumento de medição sendo

aplicado para verificar a Taxa de Transferência do Treinamento realizado no Simulador e replicado em Voo.

Sendo assim, o presente trabalho buscou estabelecer propostas de possíveis modelos de análise que pudessem oferecer bons resultados e que se adequassem com as condições que o contexto do Curso de Formação de Oficiais Aviadores oferece. Dessa forma, os resultados obtidos podem ser utilizados como embasamento para um estudo mais aprofundado, dando início para a implementação de tais métodos de análise.

## REFERÊNCIAS

AERONAVE T-27 modernizada receberá nova pintura. **FAB, 2021**. Disponível em: <<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/37705/AERONAVE%20-%20Aeronave%20T-27%20Tucano%20modernizada%20receber%C3%A1%20nova%20pintura>>. Acesso em: 01 jun. 2022

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **IS 141-007A Programas de Instruções e Procedimentos e Manual de Instruções e Procedimentos**. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-141-007>>. Acesso em 11 mai. 2022.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Qualificação de Dispositivos de Treinamento – Simuladores de voo. 2020**. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/empresas/simuladores-de-voo-fstd/qualificacao-de-dispositivos-de-treinamento-simuladores-de-voo-fstd>>. Acesso em: 17 mai. 2021.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº N°61, de 1 de abril de 2020**. Ementa 13. [S. l.], 20 mar. 2020.

ANTAS, Luiz Mendes. **Glossário de termos técnicos**. São Paulo: Traço, 1979. 756 p. (Coleção Aeroespacial; t. 1.).

BALDWIN, Timothy T.; FORD, J. Kevin. **Transfer of Training: A Review and Directions for Future Research**. *Personnel Psychology*, [s.l.], v. 41, n. 1, p.63-105, mar. 1988.

BIANCHINI, Denis. **Regulamento de tráfego aéreo VFR e IFR**. Editora Bianch, 2016

BIANCHINI, Denis. **Navegação Aérea por Instrumentos**. Editora Bianch, 2014.

BORGVALL, Jonathan et al.b. **Command and control systems**, Swedish defence research agency (FOI), 2007.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Comando Geral de Pessoal. Academia da Força Aérea. Portaria AFA Nº 190/AFA, de 7 de janeiro de 2022. Aprova a edição do Programa de Instrução e Manutenção Operacional PIMO 2022. **Boletim Ostensivo**, Pirassununga nº 08, de 12 de janeiro de 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da

Aeronáutica. Comando Geral de Pessoal. Diretoria de Ensino. Portaria DIRENS Nº 143/SDTP, de 16 de março de 2017. Aprova a reedição do Plano de Modernização do Ensino da Aeronáutica PCA 37-11. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro nº 239, de 30 de dezembro de 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Comando Geral de Pessoal. Diretoria de Ensino. Portaria DIRENS Nº 175/SDTP, de 26 de dezembro de 2021. Aprova a reedição do Projeto Pedagógico de Curso para o Curso de Formação de Oficiais Aviadores – ICA 37-863. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro nº 056, de 05 de abril de 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Comando Geral de Pessoal. Portaria COMGEP Nº 179/3SC2, de 5 de agosto de 2021. Aprova a edição do Perfil Profissional dos Oficiais da Aeronáutica. MCA 36-8. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro nº 158, de 26 de agosto de 2021.

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**. Artigo Científico. Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Rio de Janeiro. 2017.

PALACIO, E.G. **A Influência do Treinamento em Simulador na Fase Instrumental do Curso de Formação de Piloto do T-27 na AFA**. Artigo Científico. Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Rio de Janeiro. 2008.

PENNINGTON, Elizabeth et al. Integration of advanced technology in initial flight training. In: **2019 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)**. IEEE, 2019. p. 1-5.

ROSCOE, Stanley N. Incremental transfer effectiveness. **Human Factors**, v. 13, n. 6, p. 561-567, 1971.

SAAB, 2018. **Pilotos se preparam para voar**. Disponível em: <<https://www.saab.com/pt-br/markets/brasil/historias/2018/pilotos-brasileiros-se-preparam-para-voar>>. Acesso em: 18 mai. 2021

SAAB, 2018. **Pilotos se preparam para voar**. Disponível em: <<https://www.saab.com/pt-br/markets/brasil/historias/2018/pilotos-brasileiros-se-preparam-para-voar>>. Acesso em: 18 mai. 2021

SOUZA, Raphael F. O que é um estudo clínico randomizado?. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 42, n. 1, p. 3-8, 2009.

SIPAER. **Manual do Instrutor de Voo**. CENIPA, 2016. Disponível em: <<https://www2.fab.mil.br/cenipa/images/Anexos/MIV-rev-2016.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2021.