

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA POLITÉCNICA  
CURSO DE CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

**A REALIDADE VIRTUAL EM SIMULADORES DE VOO: POSSIBILIDADE DE  
METODOLOGIA DE TREINAMENTO**

GOIÂNIA  
2022

LEONARDO DIOGO BITTENCOURT

**A REALIDADE VIRTUAL EM SIMULADORES DE VOO: POSSIBILIDADE DE  
METODOLOGIA DE TREINAMENTO**

Artigo Científico apresentado à Pontifícia  
Universidade Católica de Goiás como exigência  
parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Ciências Aeronáuticas.  
Professora Orientadora: Dr<sup>a</sup> Anna Paula  
Bechepeche.

GOIÂNIA  
2022

# A REALIDADE VIRTUAL EM SIMULADORES DE VOO: POSSIBILIDADE DE METODOLOGIA DE TREINAMENTO

## *VIRTUAL REALITY IN FLIGHT SIMULATORS: POSSIBILITY OF TRAINING METHODOLOGY*

Leonardo Diogo Bittencourt<sup>1</sup>  
Dra. Anna Paula Bechepeche<sup>2</sup>

**RESUMO** — A realidade virtual em simuladores de voo é um recurso presente na formação de pilotos, pois permite ao aluno treinar todo tipo de procedimento previsto e executar habilidades técnicas e não técnicas. A finalidade de um simulador é, portanto, intensificar a eficiência do aprendizado e diminuir gastos operacionais para que se possa oferecer um treinamento viável, seguro e confiável. Esse aparato tecnológico disponibilizado na área de formação de pilotos fez com que as empresas buscassem cada vez mais novas tecnologias de simulação disponíveis no mercado. Neste contexto, a intenção da presente pesquisa é discutir sobre as novas tecnologias que estão sendo implementadas em todas as áreas da aviação mundial, em específico na parte de formação de pilotos. O objetivo geral da pesquisa é compreender em que medida a realidade virtual em simuladores de voo pode ser eficaz como metodologia de treinamento. Para isso, pretende-se, como objetivos específicos, discutir a realidade virtual como inovação tecnológica no mercado de simuladores de voo e como metodologia de treinamento e relatar como algumas empresas de aviação — KLM, a gigante holandesa, e a fabricante Airbus, de origem francesa — têm utilizado a realidade virtual em simuladores de voos. Para tanto, adotou-se uma pesquisa de caráter exploratório e metodologia de natureza bibliográfica. Conclui-se que a realidade virtual em simuladores de voo possibilita uma total e diferenciada imersão do usuário, simulando, de forma realista, diversos eventos e cenários presentes nos voos reais, como situações climáticas variadas, a exemplo de mudanças de vento e de temperatura do ar, e até mesmo o peso da aeronave. Sobre a empresa KLM, percebe-se que ela vem investindo nessa tecnologia com resultados positivos, ao passo que a Airbus tem se dedicado, em especial, à inovação relacionada a sensores táteis a fim de melhorar a experiência do cliente.

**Palavras-chave:** Simulador de voo; Realidade Virtual; Metodologia; Treinamento.

**ABSTRACT** — *Virtual reality in flight simulators is a resource present in pilots formation, as it allows the student to train all types of foreseen procedures and to perform technical and non-technical skills. The simulator's purpose is, therefore, to intensify the learning efficiency and to reduce operational expenses so that a viable, safe and reliable training can be offered. This technological apparatus available in the pilot formation area made companies increasingly seek for new simulation*

---

<sup>1</sup>Graduando em Ciências Aeronáuticas, Piloto Privado. Endereço eletrônico: leonardobittencourt856@gmail.com.

<sup>2</sup>Doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Graduada em Física pela Universidade Federal de Goiás (1988). Mestre em Física pela Universidade de São Paulo (1991). Endereço eletrônico: abechepeche@yahoo.com.br.

*technologies available on the market. In this context, this research aims to discuss about the new technologies that are being implemented in all world aviation areas, specifically in pilot formation. The research general objective is to understand to what extent virtual reality in flight simulators can be effective as a training methodology. For this, it is intended as specific objectives to discuss virtual reality as a technological innovation in the flight simulator market and as a training methodology and to report how some aviation companies — KLM, the Dutch giant and the French manufacturer Airbus — have been using virtual reality in flight simulators. For that, an exploratory research and a methodology of bibliographical nature were adopted. It is concluded that virtual reality in flight simulators enables a total and differentiated user immersion, realistically simulating different events and scenarios present in real flights, such as varied weather situations, changes in the wind and air temperature, and even on the weight of the aircraft. About KLM, it should be noted that it has been investing in this technology with positive results, while Airbus has been dedicating, in particular, to innovation related to tactile sensors in order to improve the customer experience.*

**Keywords:** *Flight simulator; Virtual reality; Methodology; Training.*

## INTRODUÇÃO

A realidade virtual (VR, do inglês *Virtual Reality*) vem, cada vez mais, ganhando espaço devido à sua praticidade e gama de possibilidades (CASAGRANDE, 2021). Por meio de um óculos que possui a capacidade de reproduzir vários ambientes com diferentes situações, a realidade virtual faz com que o piloto-aluno possa treinar todo tipo de procedimento previsto e executar habilidades técnicas e não técnicas. Por consequência, tem-se treinamentos mais eficazes e operadores mais preparados para lidar com as diversas situações.

Tais equipamentos permitem, por exemplo, que sejam reproduzidos pousos e decolagens em todos os pontos de partida e destino, além de situações de emergência e outras inúmeras manobras utilizadas no cotidiano dos aviadores (SANTOS; SILVEIRA, 2019). De acordo com Moreno (2003), considerando todos esses benefícios, a finalidade de um simulador é intensificar a eficiência do aprendizado e diminuir os gastos operacionais para que se possa oferecer um treinamento viável, seguro e confiável.

Isto porque, reforça-se, a realidade virtual possui uma ampla possibilidade de reproduzir muitos ambientes capazes de trabalhar com o piloto-aluno (AEROFLAP, 2022). A ideia é que esse aluno, no treinamento por realidade virtual, entenda, em retrospectiva, as decisões por ele adotadas durante o procedimento e perceba o seu

grau de aceitabilidade. A partir desse diagnóstico, é possível treinar e melhorar cada vez mais a sua tomada de decisão em um voo real.

Essa real possibilidade na área de formação de pilotos fez com que as empresas buscassem cada vez mais novas tecnologias de simulação disponíveis no mercado. Recentemente, a gigante holandesa KLM trouxe uma inovação para sua tripulação, implementando a realidade virtual como forma de treinamento (CASAGRANDE, 2021).

Considerado esse cenário, esta pesquisa pretende discutir sobre essa nova tecnologia que vem sendo implementada na aviação mundial, em específico na parte de formação de pilotos.

A escolha do tema se justifica por tratar-se de um objeto de estudo atual e relevante para a formação do aeronauta e, de efeito, para as ciências aeronáuticas.

A pesquisa desenvolve-se a partir da seguinte questão-problema: em que medida a realidade virtual em simuladores de voo pode ser eficaz como metodologia de treinamento? A partir da questão norteadora, o objetivo geral do estudo é mostrar que realidade virtual em simuladores de voo pode ser eficaz como metodologia de treinamento. Como objetivos específicos, pretende-se discutir a inovação no mercado de simuladores de voo por meio da realidade virtual; apontar essa nova tecnologia como metodologia de treinamento para os simuladores de voo; e relatar como empresas de companhias aéreas a têm utilizado em simuladores de voos.

A metodologia da pesquisa é de caráter exploratório, pois busca mais informações sobre uma temática relativamente nova, que é a realidade virtual em simuladores de voo como metodologia de treinamento. Nesse tipo de pesquisa, “podem ser encontradas tanto descrições quantitativas e/ou qualitativas quanto acumulação de informações detalhadas como as obtidas por intermédio da observação participante.” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 188).

É, ainda, um estudo de natureza básica de procedimento bibliográfico, vale dizer, “desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.” (GIL, 2008, p. 50), de abordagem qualitativa. Ainda de acordo com Gil (2008, p. 175), em tal abordagem “não há fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores. Assim, a análise dos dados na pesquisa qualitativa passa a depender muito da capacidade e do estilo do pesquisador.”

Tal escolha metodológica proporciona adentrar na temática do estudo: os simuladores de voo através da realidade virtual como metodologias de treinamento utilizadas por empresas de companhias aéreas.

## **1 HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA DOS SIMULADORES DE VOO**

A arte de voar sempre foi um anseio humano, como atesta o padre brasileiro Bartolomeu Lourenço de Gusmão, que, no início do século XVIII, gerou a concepção original de aviação ao construir o primeiro balão aeróstato do mundo. Este conceito tomou forma, e cientistas de diversas partes do mundo passaram a dedicar-se a essa nova tecnologia, possibilitando a criação de balões que pudessem ser controlados por pessoas (LAVENÈRE-WANDERLEY, 2017).

Quando as aeronaves começaram a operar em guerras, o índice de acidentes era muitíssimo elevado, e, conseqüentemente, os altos custos de voos. Assim, tornou-se necessário avaliar outras opções de treinamento que primassem pela segurança e adotassem uma nova perspectiva para a formação de novos aeronautas.

Assim, os simuladores de voo foram criados para adaptar o treinamento ao processo real e às operações, sem colocar em risco vidas humanas ou a própria aeronave, uma vez que esse sistema pode simular determinados cenários previstos pelos programas de treinamento e ser disponibilizado para aprendizado contínuo.

A ideia de criar dispositivos de simulação como metodologia de ensino já havia sido implementada por volta da década de 1910. Inicialmente, barris eram usados para simular movimentos e tendências relacionadas aos voos (Figura 1). Dessa forma, o avião teria que controlar o cenário em que estava envolvido (MACHADO, s.d.).

**Figura 1 – Treinamento em barril**



Fonte: Machado (s.d.).

Após a criação das aeronaves e simuladores mais simples, os *designers* ainda continuaram trabalhando para aprimorar a tecnologia através de maquinários com sistema de propulsão mecânica ou elétrica, a fim de melhorar a simulação de aeronaves sem a assistência humana, dando vida às emoções reais vividas pelos aeronautas.

Entre 1927 e 1929 (Figura 2), na cidade de Nova Iorque (EUA), Edwin Link projetou um novo modelo de simulador, o *Link Trainer*, com instrumentos pneumáticos. Sua finalidade principal era mostrar o resultado dos controles na postura de voo e treinar os estudantes em procedimento organizado. Uma inovação implementada foi a adição de uma bomba de sucção elétrica montada em um suporte fixado no chão (MACHADO, s.d.).

**Figura 2 – Treinamento por Link Trainer**



Fonte: Machado (s.d.).

O *Link Trainer* passou a ser utilizado no treinamento do Correio Aéreo do Exército dos EUA. Durante a Segunda Guerra, foram produzidos mais de 10.000 aparelhos, que equiparam os EUA e países aliados, entre eles o Brasil, dominando o setor de treinamento militar. No entanto, o equipamento não conseguia reproduzir as condições reais de voo, razão pela qual, com o tempo e as evoluções tecnológicas, caiu em desuso (MACHADO, s.d.). Com o avanço dos simuladores de voo, tornou-se possível replicar a experiência real para garantir um alto nível de envolvimento humano na atividade simulada. Significa dizer que, com os progressos da tecnologia, os usuários podem mergulhar em determinadas configurações de aeronaves, reduzir a abstração e tentar aumentar o nível de interação humana. O centro do simulador de voo passou então a ser a concepção de um molde dinâmico da superfície de voo, que permite cada vez mais introduzir o fator humano nesta verdade (MATSUURA, 1995).

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) regulamenta e remunera simuladores em diferentes classes com base na imersão, verificação e verdade. A ANAC constituiu padrões de categorização, construindo graus de autorização, além de utilizá-los para qualificar equipes. Os simuladores atualmente utilizados são, desse modo, certificados e adequados para replicar todos os acontecimentos e anomalias que podem ocorrer durante um voo real.

Contudo, problemas no procedimento de instrução podem surgir mesmo com o uso de simuladores contemporâneos. Por isso, é imprescindível discutir como vencer esses gargalos e usar simuladores em sala de aula.

## **2 REALIDADE VIRTUAL: CONCEPÇÃO E APLICABILIDADE NO TREINAMENTO DE PILOTOS**

Segundo Rodrigues e Porto (2013), a realidade virtual, conhecida também como VR, do inglês *Virtual Reality*, surgiu na indústria dos simuladores de voo, cujo avanço se deu logo após a Segunda Guerra Mundial. Em virtude desse acontecimento histórico, houve um grande investimento por parte da força aérea americana nas ciências aeronáuticas. Um dos primeiros protótipos de simuladores que dispunham da realidade virtual ficou conhecido como Sensorama, que possibilitava uma alta interação com seus usuários, permitindo ambientar o piloto-aluno com a cabine da aeronave, que podia, entre outras ações, explorar sua visão tridimensional e seu olfato através da liberação de aromas, além de sentir as vibrações mecânicas sofridas pelas



aeronaves. Esse tipo de simulador proporcionava ao usuário uma viagem multissensorial, trabalhando habilidades técnicas necessárias para o seu desenvolvimento no voo.

Os autores ainda relatam que, posteriormente, na busca por inovações, foram desenvolvidas novas pesquisas a fim de melhorar a realidade virtual. E, por volta de 1965, Ivan Sutherland apresentou uma ideia inovadora, na qual era possível utilizar computadores e uma caneta ótica para desenhar projetos diretamente em sua tela. Sutherland acabou sendo considerado o precursor da computação gráfica e, com essa ferramenta, o pesquisador conseguiu chegar a um projeto conhecido como *The Ultimate Display*, que possibilitava ao usuário, por meio de um vídeo-capacete, ter uma experiência em diferentes ângulos após movimentar a cabeça (RODRIGUES; PORTO, 2013).

Anos após, surgiram outros projetos inovadores e, em 1975, Myron Krueger conseguiu desenvolver um *videoplace*, consistente em uma câmera que reproduzia imagens em 2D em uma grande tela. Esse feito ficou conhecido como 'realidade virtual de projeção'. Com o aprimoramento dessa tecnologia, Thomas Furness, em 1982, apresentou um projeto inovador e ambicioso para a força aérea americana, o VCASS, *Visually Coupled Air Bone Systems Simulator*. Nele, capacetes e computadores dispunham de uma alta interação interligada em uma imagem 3D do *cockpit* de uma alta qualidade para a época, excelente resolução e alta taxa de atualização de imagens.

Contudo, o elevado custo dessa tecnologia tornou-se um grande problema, fazendo com que a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), em 1984, começasse a desenvolver projetos a fim de solucionar a questão (RODRIGUES; PORTO, 2013). Assim, em 1986, ainda segundo Rodrigues e Porto (2013), a NASA conseguiu desenvolver um ambiente totalmente virtual, o qual dispunha de imagem 3D, ordenação de comandos e interação por meio de sistemas de voz. Após esse grande passo, muitas empresas começaram a investir em *software*, a fim de comercializar a VR.

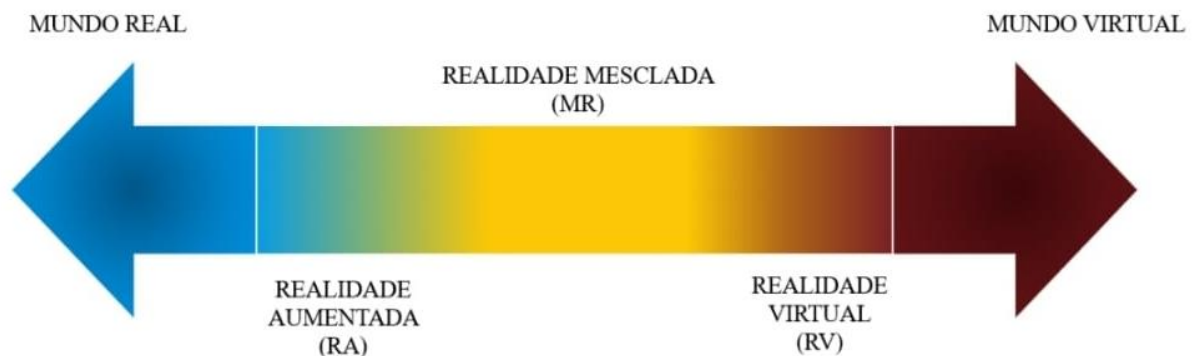
Kiger (2020) contribui com o histórico da VR ao explicitar que, no começo dos anos 1990, a Boeing desenvolveu um aplicativo de realidade aumentada para orientar os operadores de aeronaves no processo de instalação de fios. Desde então, os dispositivos VR tornaram-se cada vez mais miniaturizados e utilizáveis (KIGER, 2020).

O dispositivo de realidade virtual é um vocábulo extenso para tecnologias imersivas, possuindo tecnologias tradicionais, como realidade virtual (VR, de *Virtual Reality*, como já mencionado), ampliada e mista (MR). Por se tratar de tecnologias comparativamente novas e pouco conhecidas, é essencial destacar suas diferenças por meio de suas características e subdivisões (MARR, 2021).

A realidade virtual, ou verdade virtual, consiste em uma tecnologia completamente imersiva, que “engana” os sentidos humanos, fazendo-os acreditar que a pessoa está em um meio diferente ou mesmo em um universo diferente da realidade real. É uma tecnologia com três características principais: perspectiva do cliente inserido no cenário; interação em tempo real com um ambiente virtual; e imersão completa do usuário no entorno virtual (LOGESWARAN et al., 2021).

Segundo Logeswaran et al. (2021), a verdade ou realidade ampliada é a tecnologia que simula o ambiente real por meio de informações digitais, mantendo assim o mundo real no centro, mas acrescentando outros detalhes digitais e dando, assim, novos níveis de percepção que completam o realismo ou ambiente. A Figura 3 ilustra esses conceitos.

**Figura 3 – *Continuum* de Milgram et al.**



Fonte: Milgram et al. (1994).

Nas pontas estão representados o ambiente real, que corresponde à realidade sem o uso de tecnologias, e o ambiente virtual, que simboliza o uso robusto de ferramentas tecnológicas, sem relação com a realidade. Nesse ponto, a realidade aumentada é transferida para o ambiente real, pois tem a realidade como plano principal, embora tenha componentes virtuais. Já na virtualidade aumentada, por sua vez, elementos reais são inseridos em ambientes majoritariamente virtuais. A

intersecção da realidade aumentada e da virtualidade aumentada corresponde à realidade mista, em que elementos reais e virtuais são mesclados (MILGRAM et al., 1994).

Uma vez demarcadas as diferenças entre as modalidades de realidade virtual, cabe registrar a aplicabilidade dessa tecnologia no treinamento de voo, considerada eficaz em especial no treino de processos e de IFR.

Com efeito, há evidências conclusivas e empíricas de que as tecnologias de simulação mediante o uso da Realidade Virtual podem aprimorar a aquisição de conhecimento e aptidões mentais (SITZMANN, 2011), diminuindo as taxas de erro e melhorando a qualidade do aprendizado, além de economizar tempo (SMITH; SALMON, 2017).

A VR também amplia o engajamento do aluno, permite-lhe explorar o conteúdo sob novas perspectivas e facilita a aprendizagem interativa. De fato, a realidade virtual presenteia os educadores e os treinadores com uma modalidade robusta que pode diversificar o treinamento de simuladores físicos e máquinas no local para ambientes completamente virtuais, autorizando o treinamento em locais internos ou externos com extensões físicas menores, além de aliviar as inquietações de manutenção (MAKRANSKY; TERKILDSEN; MAYER, 2017).

A realidade virtual, desse modo, permite que os estudantes treinem suas aptidões em seu próprio ritmo, em seu próprio tempo e no local que lhes convier, sem prejuízo do desenvolvimento das habilidades técnicas necessárias, até mesmo em situações em que as instituições de ensino estejam passando por restrições ou cautelas, como, por exemplo, as vivenciadas durante os períodos mais sensíveis da pandemia de Covid-19. O uso da tecnologia evita, assim, o deslocamento para treino, preservando o currículo e as exigências do programa de treinamento (AEROFLAP, 2022).

De acordo com Jerald (2016), o uso de verdades imersivas como a realidade virtual na formação dos pilotos oferece oportunidades de treinamento e de prática, incentivando a aprendizagem ativa, a tomada de decisão intuitiva e a participação em atividades.

Os estudantes treinados em equipamentos de treinamento de voo de alta precisão têm maior aproveitamento na aquisição dos conhecimentos e no atendimento aos critérios de habilidades impostos pela aviação, pois se concentram na transferência de aprendizado positivo de um dispositivo (simulador físico) para outro

(óculos de realidade virtual). Além disso, eles próprios relatam a economia de gastos e um desempenho melhor do que outros aeronautas estudantes que não têm a mesma experiência com a VR (FUSSELL; TRUONG, 2022).

Cabe anotar que os simuladores têm graus variados de lealdade e de imersão, mas, independentemente dos graus, proveem cenários de treinamento realistas para aperfeiçoar a memória processual e a execução, diminuindo os gastos conectados ao treinamento em voo (MACCHIARELLA; BRADY; LYON, 2008). Sobre alguns desses benefícios, aprofunda-se a seguir.

### **3 AVANÇO TECNOLÓGICO: BENEFÍCIOS DA REALIDADE VIRTUAL COMO METODOLOGIA DE TREINAMENTO**

Com o avanço tecnológico e a modernização dos simuladores, é possível verificar, cada vez mais, a imersão do usuário nos instrumentos de tecnologia. Hoje os simuladores contam com a realidade virtual atrelada ao seu aprendizado:

Por meio de equipamentos imersivos e um software 3D, o simulador consegue criar um cenário bastante parecido com o da realidade e fazer seus usuários sentirem os impactos gerados por uma tomada de decisão errada. Assim, eles conseguem treinar virtualmente, sem precisar praticar na vida real (ONIRIA, s.d.-a).

Muitas escolas vêm se atualizando a fim de melhorar a experiência do aluno nos simuladores. O simulador de realidade virtual, como uma das mais recentes inovações tecnológicas no âmbito do treinamento, tem sido aos poucos introduzido nesses ambientes de aprendizagem, objetivando o melhor aproveitamento do aluno quando no ambiente real de uma aeronave. Segundo Oniria (s.d.(a), p. 1; s.d.(b), p. 3), os principais benefícios da VR para o aluno são:

- Possibilidade de simular situações de perigo ou de risco dentro de um ambiente controlado, preservando a integridade do aluno;
- Possibilidade de simular situações, inclusive de perigo, e condições a qualquer momento;
- Possibilidade de atender a um grande número de estudantes em locais variados;
- Abordagem interativa e prática, o que colabora o aprendizado;
- Possibilidade de *feedback* detalhado e, portanto, de avaliação contínua;

- Exploração de cenários virtuais variados como experiência para cenários do mundo real;
- Repetição e prática para ganho de eficiência;
- Familiarização com os painéis e instrumentos do cockpit do avião;
- Conhecimento das peculiaridades de aeronaves diversas;
- Absorção de técnicas de voo que só poderiam ser aprendidas na prática, em voo real; entre outros.

Em conformidade com os resultados da enquete formulada por Socha et al. (2016), o simulador com VR também é recomendado como incremento para praticar aptidões de voo, bem como monitorar com precisão a execução do piloto, entregando ao profissional a habilidade de fazer alterações no procedimento e avaliar novos parâmetros. Assim, cada manobra pode ser considerada em seus múltiplos detalhes, o que propicia a diminuição gradual da taxa de equívoco da execução do procedimento bem-feito, gerando, com isso, mais exatidão no desempenho das tarefas dos tripulantes durante o voo real.

Esse avanço com relação aos simuladores vem trazendo, como dito, vários benefícios aos aeronautas. Cabe, porém, reforçar alguns mais relevantes. Entre eles, o baixo custo dos simuladores que dispõem de realidade virtual facilita o acesso ao período de formação, além de otimizar o processo de aprendizagem. Outro fator que merece destaque é a eficiência nos quesitos voltados para segurança operacional do voo propiciada pelo uso da realidade virtual como simulador de voo.

A seguir, são apresentados, de modo detalhado, esses considerados principais benefícios da realidade virtual em simuladores de voo como metodologias de treinamento: diversidade na formação; facilidade para a infraestrutura; e baixo custo.

### **3.1 Diversidade na formação e segurança operacional**

Com a atualização dos simuladores de voo, grandes mudanças foram observadas. A realidade virtual é uma delas e vem como uma proposta de solucionar e melhorar a experiência do usuário, uma vez que, por meio de softwares, é possível criar diversos ambientes e cenários, que normalmente são mais limitados no voo real por uma questão lógica, a fim de explorar e desenvolver o profissional. Certamente, a diversidade da formação é um importante benefício relacionado ao uso da realidade virtual e reflete no aumento da cultura da segurança operacional na aviação. O diretor

do Centro de Instrução da Aero Time, em entrevista para a Aeroflap (2022), atesta essa afirmação:

O foco na Segurança Operacional é o principal pilar da Aero Time e ao trazer esta ferramenta de realidade virtual para o curso de piloto privado estamos permitindo ao aluno treinar a mesma manobra inúmeras vezes e deixá-lo preparado para a prática em ambiente real. (Gil de Paula, entrevista – AEROFLAP, 2022, p. 2).

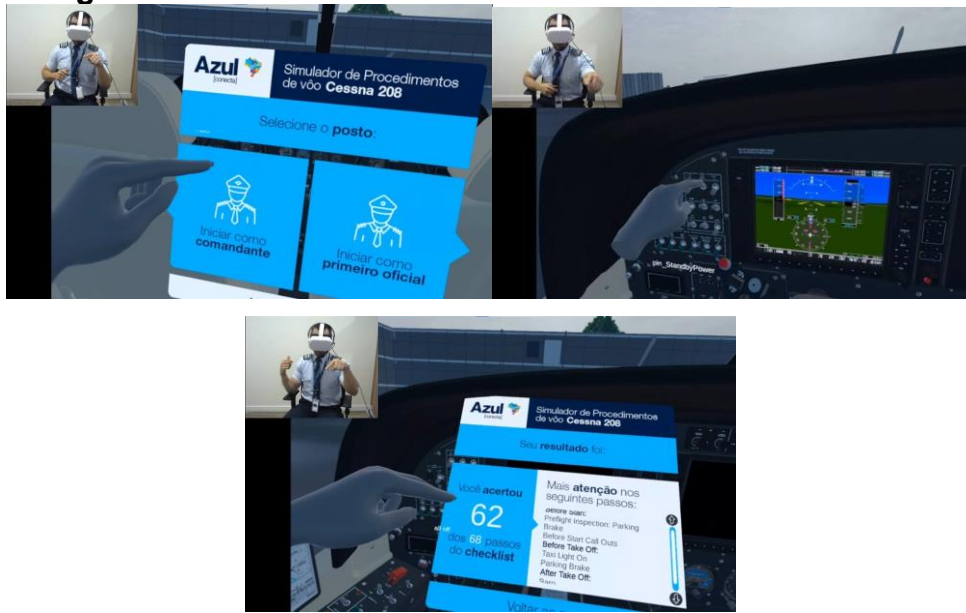
A fala do diretor do Centro de Instrução para pilotos fortalece o argumento da desejável diversidade na formação do piloto por meio da realidade virtual, pois nela é possível treinar uma mesma manobra várias vezes, preparando esse aluno para uma diversidade de situações que podem acontecer em sua prática em ambiente real. A diretora de Qualidade de Novos Negócios da Aero Time, Rita Magalhães, em entrevista dada a AEROFLAP, reforça essa ideia:

A realidade virtual se mostra extremamente vantajosa para o aluno em formação, pois permite o treinamento em um ambiente controlado, resultando funcionalmente em potencial redução de repetições de voo, capacitando o aluno para experiências diversas. (Rita Magalhães, entrevista – AEROFLAP, 2022, p. 3).

É consenso, portanto, que a realidade virtual como ferramenta de simulação de voo pode proporcionar ao aluno um melhor aprendizado e a fixação do conteúdo exigido. Isto porque o aluno inserido no treinamento com realidade virtual poderá ter uma visão maior do seu ambiente de trabalho real, passando por diversas situações que reproduzem o ambiente real, além de receber um *feedback* geral dos procedimentos executados ao longo do treinamento.

A Figura 4 traz algumas imagens de pilotos em treinamento com VR:

**Figura 4 – Pilotos em treinamentos com a realidade virtual**



Fonte: Fernandes (2022).

Uma dessas situações que podem ser exemplificadas devido à sua complexidade é a de emergência, cenário em que a realidade virtual do simulador de voo pode auxiliar o aluno em possíveis procedimentos relacionados à essa situação — como treinamento de pannes diversas, de perda de motor, de perda de painéis, de depressurização, de *checklist* de pane, de falha de comunicação — e, de efeito, melhoram a assertividade na tomada de decisão.

Além disso, familiariza o piloto com a aeronave o qual ele vai trabalhar. Berredo (2022), em entrevista com o comandante e instrutor dos simuladores Conecta, Tadeu Primo, que diz: “[...] A ideia é que, com o óculos, [o treinamento] seja mais proveitoso possível’, [...] Ou seja, o piloto chegue no simulador e já esteja familiarizado com o painel do avião, e aí aproveite o máximo para treinar as emergências”.

Outro elemento de benefício da realidade virtual de simulador de voo é a facilidade para a infraestrutura da escola de formação de pilotos, a seguir exposta.

### 3.2 Infraestrutura mínima

Como já visto, no início do século XX, os simuladores evoluíram significativamente, levando à criação de várias tecnologias em termos de *software* e *hardware*. A partir disso, foi possível implementar um sistema de simulação de computador de alta execução. Anote-se, por outro lado, que a criação de uma tecnologia de simulação capaz de exibir gráficos realistas de alta resolução exigiu um

aumento na capacidade de processamento e memória dos computadores, o que leva a uma demanda por ambiente e estruturas físicas mais adequadas. Isso impede os desenvolvedores de estruturas de simulação a adotarem estratégias computacionais para melhorar o desempenho dessas máquinas (REBELO, 2010).

Desse modo, um dos principais fatores que influenciam no aproveitamento da tecnologia é dispor, de antemão, de um espaço apropriado para a simulação (EISHIMA, 2020), o que pode limitar o seu uso. Como solução, alguns treinamentos e óculos de VR permitem aproveitar toda a experiência simulada, mesmo em um limitado espaço, diferentemente dos simuladores convencionais, como demonstrado na Figura 5 a seguir.

**Figura 5 – Infraestrutura para simulador atual e para simulador com VR**



Fontes: Satoshi (2016); Viana (2022).

### **3.3 Baixo custo**

Os gastos operacionais do treinamento de aeronautas civis são considerados dispendiosos (DUNN et al., 2022). Por isso, a utilização de técnicas de simulação como alternativas aos voos reais torna-se viável e desejável em determinadas etapas do treinamento. Isto porque o custo de “voo” para uma hora em um simulador é muito menor do que em um avião real, especialmente se for multimotor (REWETI; GILBEY; JEFFREY, 2017). Certamente, uma alternativa eficaz à utilização de ferramentas tradicionais de treinamento é o uso de aparelhos baseados em computação em algumas etapas do treinamento (WU; SUN, 2014). A realidade virtual, como uma dessas ferramentas, vem para reduzir esses valores, criando os ambientes necessários para o aprendizado eficiente do aluno, sem que sejam necessários grandes investimentos, sem prejuízo da segurança.



Em virtude dessa realidade, algumas empresas já vêm se utilizando dessa tecnologia com intuito de melhorar o desempenho do seu profissional e diminuir o custo dessa formação, mantendo, frisa-se, um alto grau de segurança. É o caso da *All Nippon Airways (ANA)*, companhia aérea que introduziu treinamentos para seu pessoal com base na realidade virtual. Tatsuniko Mitsukura, vice-presidente executivo da ANA, coloca:

Principais prioridades da ANA, e a incorporação da mais recente tecnologia de realidade virtual em nossos procedimentos de treinamento é o próximo passo para criar um ambiente mais seguro para nossos funcionários' [...] Sempre adotamos tecnologias avançadas para treinar nossos funcionários, porque acreditamos que é importante permanecer na vanguarda quando se trata de segurança (FERREIRA, 2020).

Com efeito, a realidade virtual tem representado um avanço tecnológico de custo-benefício interessante para empresas ligadas à aviação, que a têm incorporado em suas metodologias de treinamento para pilotos em formação, a exemplo da companhia aérea KLM e da fabricante *Airbus*. É o que se mostra a seguir.

## **4 EMPRESAS QUE JÁ UTILIZAM A REALIDADE VIRTUAL COMO TREINAMENTO**

### **4.1 KLM**

Algumas empresas da aviação têm utilizado a realidade virtual a fim de melhorar e otimizar os seus serviços. Uma delas é a KLM, grande companhia holandesa de aviação, que já vem obtendo alguns resultados positivos com o uso da tecnologia em questão:

Esse sistema possibilita que todos os tripulantes e funcionários da empresa possam se beneficiar desse treino virtual, como as equipes de limpeza, os arrumadores das malas, técnicos e outros podem receber formação.

[...]

Segundo a KLM, os treinos através de sistemas de realidade virtual são quatro vezes mais rápidos do que uma sala de aula, que costumava exigir a presença física de uma aeronave. E como os aviões no solo são “prejuízo” para as empresas, é necessário que estejam no ar o máximo de tempo possível. A KLM afirma que depois desse treino a equipe conseguiu limpar o avião 15 minutos mais rápido do que o previsto e sem erros. (ISTOEDINHEIRO, 2020, p. 2).

Existem outras melhorias atestadas. Atualmente os simuladores de voo são usados para reproduzir alguns *cockpits* de aeronaves utilizadas pela KLM.

O treinamento em VR é oferecido pela empresa holandesa para os aeronautas se familiarizarem com o Embraer 175 e 190, que fazem parte de sua frota, conforme atesta Martins (2020). Essa nova abordagem de treinamento visa familiarizar o piloto e melhorar as suas habilidades técnicas e não técnicas (BASSETO, 2020).

O equipamento permite o treino de procedimentos em variadas situações com o intuito de capacitar o piloto para todo tipo de cenário adverso real que possa vir a acontecer durante as operações (MARTINS, 2020). Os procedimentos de emergência são os mais executados com vistas a preparar e capacitar os aeronautas para conduzir a aeronave com segurança.

## 4.2 Airbus

A gigante francesa Airbus, aderindo às tendências tecnológicas do mercado, igualmente vem investido na realidade virtual a fim de melhorar a experiência de pilotos:

A fabricante europeia de aviões que atualmente lidera o setor, acabou de lançar o seu simulador de realidade virtual (VR). A tecnologia permite que o usuário tenha uma imersão máxima no ambiente de uma cabine de um avião ao ter uma visão 360° através do uso de óculos especiais. A ideia é que isso venha facilitar o treinamento de diversas situações.

[...]

Com o VR da Airbus além dos óculos serão inclusos dois controladores, para simular os comandos no sidestick, manetes de potência e também qualquer botão que tenha que ser apertado, alavanca que tenha que ser manuseada ou interruptor que tenha que ser acionado durante o voo nos painéis. (MARTIN, 2019).

A empresa objetiva, ainda, melhorar a experiência de compradores e usuários de seus serviços. Com isso, vem desenvolvendo um projeto para que o cliente consiga ter uma imersão dentro da aeronave com o intuito de proporcionar um avião ou uma poltrona totalmente personalizada por meio dos óculos de VR (AIRBUS, 2016).

Com essa inovação, o cliente terá total autonomia para escolher a iluminação mais adequada da cabine, tipos de carpetes, além de reproduzir alguns possíveis acessórios em resolução 3D (Figura 6).

**Figura 6 – Personalização de alguns itens da aeronave**



Fonte: Airbus (2016).

A empresa tem focado, ainda, nos sensores táteis para o incremento da experiência. Em uma entrevista veiculada no site Defesanet, Guerra (2016) aponta que Michael Lau (à época gestor do programa de design de cabine da Airbus) relata que a Airbus almeja “adicionar sensores táteis, para que o cliente possa testar o conforto dos assentos que escolher para a sua cabine personalizada.”

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho se propôs a compreender em que medida a realidade virtual em simuladores de voo pode ser eficaz como metodologia de treinamento. A ideia de explorar o tema surgiu a partir da percepção de necessidade de mais estudos acerca da realidade virtual em simuladores de voo como possibilidade metodológica para a formação dos pilotos em treinamento.

Uma primeira consideração da pesquisa é que esses simuladores trazem inovações importantes em termos de reprodutibilidade do ambiente real de voo e autorizam a exploração da ocupação em uma ampla gama de situações operacionais.

Desse modo, compreende-se que esta ferramenta tem a capacidade de imergir o aluno no ambiente de simulação, na medida em que reproduz uma variedade de eventos reais, como situações climáticas variadas, mudanças de vento, temperatura do ar e peso da aeronave, além de preparar o piloto, por meio de simulação de cenários complexos, para manobras de emergência.

Diante disso, a inovação da realidade virtual já vem sendo absorvida no mercado de simuladores de voo e, em especial, no treinamento de pilotos, com o

intuito de incrementar a formação do aeronauta, otimizar sua atuação dentro do *cockpit* e contribuir para a segurança da operação no todo, além de reduzir custos da formação.

O advento da pandemia e as dificuldades econômicas a ela inerentes, que assolaram diversos ramos e, em particular, as empresas da aviação, apontaram para a necessidade de diminuir custos em seus treinamentos, otimizar e qualificar a sua tripulação. Nesse sentido, a KLM e a Airbus são exemplos de empresas que já adotam a VR em suas práticas: a primeira vem obtendo alguns resultados positivos no treinamento de pilotos e a segunda tem focado na introdução de sensores táteis para melhorar a experiência de seus clientes.

## REFERÊNCIAS

AEROFLAP. **Realidade virtual traz um salto de qualidade e segurança na formação de pilotos de aeronaves**. 2022. Disponível em: <<https://www.aeroflap.com.br/realidade-virtual-traz-um-salto-de-qualidade-e-seguranca-na-formacao-de-pilotos-de-aeronaves/>>. Acesso em: 14 ago. 2013.

AIRBUS. **Virtual Reality**. 2016. Disponível em: <<https://www.airbus.com/en/newsroom/news/2016-12-virtual-reality>>. Acesso em: 18 set. 2022.

BASSETO, M. **KLM lança treinamento por realidade virtual para pilotos dos aviões Embraer**. Aeroin, 2020. Disponível em: <<https://aeroin.net/klm-treinamento-realidade-virtual-piloto-embraer/1>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

BERREDO, L. Azul **Conecta vai adotar realidade virtual em treinamento para pilotos**. Olhardigital, 2022. Disponível em: <<https://www.google.com/amp/s/olhardigital.com.br/2022/03/25/carros-e-tecnologia/azul-conecta-vai-adotar-realidade-virtual-em-treinamento-para-pilotos/amp/>> Acesso em: 14 ago. 2022.

CASAGRANDE, V. Realidade virtual será usada no treinamento de pilotos de aviões Embraer, *Economia*uol, 2020. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/todos-a-bordo/2020/10/28/realidade-virtual-treinamento-pilotos-embraer-klm.htm>>. Acesso em: 14 ago. 2013.

DUNN, G. J. et al. Chain and silk: alternative futures of blockchain governance in Kyrgyzstan. **European Journal of Futures Research**, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2022.

EISHIMA, R. **O que você precisa saber sobre óculos de realidade virtual antes de comprar um**. Canaltech, 2020. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/jogos-para-pc/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-oculos-de-realidade-virtual-antes-de-comprar-160953/>>. Acesso em: 25 ago. 2022.

FERNANDES, V. **Azul Conecta implementa realidade virtual para treinar pilotos.** Panrotas, 2022. Disponível em: <<https://m.panrotas.com.br/aviacao/empresas/2022/03/azul-conecta-implementa-realidade-virtual-para-treinar-pilotos/188339>>. Acesso em: 15 set. 2022.

FERREIRA, C. ANA treinará mecânicos de avião usando óculos e software de realidade virtual. Aeroin, 2020. Disponível em: <<https://aeroin.net/ana-treinara-mecanicos-de-aviao-usando-oculos-e-software-de-realidade-virtual/?amp>>. Acesso em: 18 set. 2022.

FUSSELL, S. G.; TRUONG, D. Using virtual reality for dynamic learning: an extended technology acceptance model. *Virtual Reality*, v. 26, p. 249-267, 2022.

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

GUERRA, Ana Rita. **Airbus lança tecnologia de realidade virtual 3D power-wall.** Defesanet, 2016. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/tecnologia/noticia/22482/Airbus-lanca-tecnologia-de-realidade-virtual-3D-Power-wall/>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

JERALD, J. **The VR book: human-centered design for virtual reality.** New York: ACM Books, 2016.

KIGER, P. J. What is extended reality (XR), **The Franklin Institute**, 2020. Disponível em: <<https://www.fi.edu/tech/what-is-extended-reality>>. Acesso em: 26 out. 2022.

LAVENÈRE-WANDERLEY, N. F. **Os Balões de Observação na Guerra do Paraguai.** Rio de Janeiro: Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica (INCAER), 2017.

LOGESWARAN, A. et al. The role of extended reality technology in healthcare education: Towards a learner-centred APPROACH. **Future Healthcare Journal**, v. 8, n. 1, p. e79-84, 2021.

MACCHIARELLA, N. D; BRADY, T.; LYON, B. S. An application of high fidelity FTDs for ab initio pilot training: the way ahead. **Collegiate Aviation Review**, v. 26, 2008.

MACHADO, J. E. S. **Os primórdios dos simuladores de voo.** Museu Aeroespacial da Força Aérea Brasileira. s.d. 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: 1 set. 2022.

MAKRANSKY, G.; TERKILDSEN, T. S; MAYER, R. E. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning, **Amsterdã, Elsevier Ltda.**, v. 60, p. 225-236, April 2019.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARR, B. **Extended reality in practice: 100+ amazing ways virtual, augmented and mixed reality are changing business and society.** Hoboken: Wiley, 2021.

MARTINS, C. **Veja como funciona o treinamento de realidade virtual da KLM nos jatos Embraer.** Aeroin. 2020. Disponível em: <<https://aeroin.net/veja-como-funciona-o-treinamento-de-realidade-virtual-da-klm-nos-jatos-embraer/>>. Acesso em: 18 set. 2022.

MATSUURA, J. P. **Aplicação dos simuladores de voo no desenvolvimento e avaliação de aeronaves e periféricos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Computação) Centro Tecnológico Aeroespacial, Instituto Tecnológica de Aeronáutica, São José dos Campos, 1995.

MILGRAM, P. et al. **Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum.** 1994.

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

ONIRIA. **Como Usar Realidade Virtual (VR) Para Treinamentos?** Oniria. s.d (a). Disponível em: <<https://oniria.com.br/como-usar-realidade-virtual-vr-para-treinamentos/>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

ONIRIA. **Por que pilotos de avião e Fórmula 1 treinam em simuladores?** Oniria, *online*. s.d.(b) Disponível em: <<https://oniria.com.br/por-que-pilotos-de-aviao-e-formula-1-treinam-em-simuladores/#:~:text=Por%20meio%20de%20equipamentos%20imersivos,precisar%20praticar%20na%20vida%20real>> Acesso em: 18 set. 2022.

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

ISTOEDINHEIRO. **Pilotos e Comissários da KLM Utilizam Realidade Virtual para Treinamento.** 2020. Disponível em: <<https://www.istoedinheiro.com.br/pilotos-e-comissarios-da-klm-utilizam-realidade-virtual-para-treinamento/>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

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

REWETI S.; GILBEY A.; JEFFREY L. Efficacy of low-cost PC-based aviation training devices. **Journal of Information Technology Education Research**, v. 16, p. 127, 2017.

RODRIGUES, G. P.; PORTO, C. M. **Realidade Virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações.** Interfaces Científicas — Educação. Aracaju, v. 01, n. 3, p. 97-109, 2013.

SANTOS, V. C.; SILVEIRA, G. A. A efetividade dos simuladores de voo no treinamento de pilotos para tarefas processuais específicas e aquisição de habilidades. **Revista Conexão SIPAER**, v. 10, n. 1, p. 15-30, 2019.

SATOSHI, R. **Como se preparar para o voo IFR no Simulador?** Canalpiloto, 2016. Disponível em: <<http://canalpiloto.com.br/como-se-preparar-para-o-voo-ifr-no-simulador/>>. Acesso em: 1 set. 2022.

SITZMANN, T. A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computerbased simulation games. **Pers Psychol**, v. 64, p. 489-528. 2011.

SMITH, J. W.; SALMON, J. L. Development and analysis of virtual reality technician-training platform and methods. In: **Proceedings of the Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC)**. 2017. p. 1-12.

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

WU, L. N.; SUN, Y. P. Desenvolvimento de um dispositivo de treinamento de simulação de voo de baixo custo para pesquisa e ensino. In: **Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Technologies and Engineering Systems**. Springer International Publishing, DOI: 10.1007/978-3-319-04573-3\_55, p. 445-452, 2014.

VIANA, P. **KLM apresenta sistema de treinamento de pilotos por óculos de realidade virtual**. Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/www.aeroflap.com.br/klm-apresenta-sistema-de-treinamento-de-pilotos-por-oculos-de-realidade-virtual/amp>. Acesso em: 22 out. 2022.

e-mail para contato: [leonardobittencourt856@gmail.com](mailto:leonardobittencourt856@gmail.com)





PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário  
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010  
Goiânia • Goiás • Brasil  
Fone: (62) 3346.1000  
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

## RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

### ANEXO I

#### APÊNDICE ao TCC

#### Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Leonardo Diego Bittencourt  
do Curso de Ciências Aeronáuticas, matrícula 2019.10047007-3  
telefone: 62981070036 e-mail \_\_\_\_\_,  
na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado insorção da realidade virtual em Simuladores de Voo, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 21 de Setembro de 2022.

Assinatura do autor: Leonardo Diego Bittencourt

Nome completo do autor: Leonardo Diego Bittencourt

Assinatura do professor-orientador: Anna Paula Beehpache

Nome completo do professor-orientador: Anna Paula Beehpache