

CONEXÃO **SIPAER**

Revista Científica da Segurança de Voo



Revista Conexão SIPAER

Volume 15 - Número 1

Jan/Fev/Mar/Abr/Mai/Jun 2025

Conexão SIPAER

A Revista Conexão SIPAER é uma publicação científica periódica, editada eletronicamente pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos com o objetivo de promover a disseminação da informação técnico-científica produzida por pesquisadores e profissionais da área da Ciência Aeroespacial e ciências afins, voltada para a Segurança de Voo, com foco nas atividades de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos e espaciais.

Endereço postal

Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA
SHIS – QI 05 – Área Especial 12
VI COMAR – Lago Sul
Brasília – DF
BRASIL
CEP: 71.615-600

Contato

Telefone: +55(61)3364-8828
E-mail: conexaosipaer@gmail.com

WEBPAGE

conexaosipaer.com.br

O conteúdo e as opiniões expressas nos textos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. O periódico terá direitos autorais reservados sobre os trabalhos publicados sendo permitida a reprodução ou transcrição com a devida citação da fonte.

Nenhum conceito emitido deve ser utilizado diretamente na atividade aérea caso contrarie legislação, regulamentação ou manual de voo emitido ou certificado por autoridade competente.

R747

Revista Conexão SIPAER / Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. v. 15, n. 1 (Jan/Fev/Mar/Abr/Mai/Jun 2025), Brasília: CENIPA, 2025.

Semestral

Modo de acesso: conexaosipaer.com.br

ISSN: 2176-777 (versão on-line)

1. Ciências Aeroespaciais. 2. Segurança de Voo. I. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.

CDU 355.354

SUMÁRIO

Editorial

Apresentação	1
--------------	---

Diego Ribeiro Marques

Artigos Científicos

Levantamento de fauna presente no aeroporto internacional de Manaus – Eduardo Gomes (SBEG)	2-10
--	------

Fabricio Matheus Pacheco

O uso do georreferenciamento no gerenciamento do risco de fauna: um estudo de caso da base aérea de Porto Velho	11-34
---	-------

Daniel Bunchaft Souza Ribeiro

A saúde mental na aviação: lições da pandemia e desafios contemporâneos para a segurança operacional (2020–2025)	35-41
--	-------

Arenda Freitas de Oliveira

A importância dos anexos da Convenção de Chicago para a aviação civil internacional: uma análise dos anexos 17 e 19	42-47
---	-------

Marcello Guedes Virissimo

A fadiga humana no ambiente da manutenção de aeronaves no Brasil	48-62
--	-------

Julio Cesar Silva

A conexão entre a segurança da aviação civil (<i>security</i>) e as interseções entre os poderes cibernético e espacial	63-67
---	-------

Marcello Guedes Virissimo

A realização do LOFT em simulador de voo	68-76
--	-------

Antônio Ricardo Pinheiro Cintra

Sonolência e fadiga mental e sua influência sobre as funções cognitivas dos pilotos de aeronaves: uma revisão	77-91
---	-------

Paulo Galimberti

André Boff

Duradouro ou temporário: como os alunos valorizam o aprendizado do conhecimento aeronáutico na preparação para a prova teórica da agência nacional de aviação civil	92-115
---	--------

Renan Nathan dos Santos Silva

Apresentação

Diego Ribeiro Marques ¹

1 Editor da Revista Conexão SIPAER

Caros leitores,

É com grande satisfação que apresentamos a primeira edição de 2025 da Revista Conexão SIPAER. Esta publicação reafirma o compromisso de nosso sistema com a ciência como ferramenta essencial para a prevenção de acidentes aeronáuticos, um compromisso que, nas últimas décadas, consolidou o Brasil como referência internacional nesse campo. A segurança operacional não é resultado apenas de normas e procedimentos, mas, além de tudo, da produção e aplicação de conhecimento científico sólido, que nos conduz diante da complexidade da aviação.

A Conexão SIPAER é, por essência, multidisciplinar. Cada artigo aqui reunido demonstra a diversidade de olhares que sustentam a filosofia SIPAER, unindo pesquisadores, profissionais da aviação, militares e civis em um esforço conjunto, a fim de conduzir a aviação a patamares mais seguros. Esse diálogo entre áreas distintas, porém não concorrentes, é o que fortalece nossa capacidade de antecipar ameaças em um ambiente operacional cada vez mais exigente.

Nesta edição, trazemos uma rica variedade de estudos. O levantamento de fauna realizado no Aeroporto Internacional de Manaus – Eduardo Gomes apresenta um diagnóstico detalhado das espécies encontradas no sítio aeroportuário, propondo medidas práticas de manejo e controle que reduzem o risco de colisão com aves, um dos maiores desafios para a aviação em todo o mundo. Em complemento, o artigo sobre o uso do georreferenciamento no gerenciamento do risco de fauna, a partir do caso da Base Aérea de Porto Velho, mostra uma metodologia que reduziu em mais de 90% os índices de colisão.

A saúde mental dos profissionais da aviação também é destaque. O artigo que aborda as lições da pandemia e os desafios contemporâneos chama atenção para a necessidade urgente de políticas preventivas que tratem o bem-estar psicológico não apenas como questão individual, mas como pilar da segurança operacional. Ainda na esfera dos fatores humanos, outro artigo discute a sonolência e a fadiga mental como fatores que comprometem as funções cognitivas dos pilotos, reforçando a importância de políticas de mitigação que garantam operações seguras.

No campo normativo, temos a análise dos Anexos 17 e 19 da Convenção de Chicago, que ressalta a importância da harmonização entre safety e security para a aviação civil internacional. A relevância do Brasil nesse debate mostra-se ainda maior diante de nossa tradição em cooperação global e da participação ativa em organismos internacionais.

A dimensão humana aparece também no estudo sobre a fadiga na manutenção de aeronaves, que evidencia os riscos associados a jornadas extensas e condições insalubres, propondo medidas urgentes para mitigar impactos sobre a segurança. O mesmo enfoque é dado no artigo que relaciona segurança da aviação civil às interseções entre os poderes cibernético e espacial, apontando a necessidade de governança global e integração tecnológica frente a novos desafios como o New Space.

O treinamento de tripulantes é contemplado com a pesquisa sobre a realização do LOFT em simuladores de voo, destacando como a simulação pode potencializar o gerenciamento de recursos de cabine e fortalecer a cultura de segurança em diferentes organizações aeronáuticas. Por fim, destacamos a reflexão sobre a aprendizagem teórica na formação de pilotos, que revela a tendência de memorização mecânica para aprovação em exames, em contraste com a necessidade de uma aprendizagem mais sólida que prepare profissionais para desafios reais da aviação.

Cada um desses artigos traz contribuições práticas que reforçam o protagonismo do Brasil na prevenção de acidentes, não apenas em âmbito nacional, mas também como exemplo para a comunidade internacional. Nosso país, por meio do SIPAER, tem demonstrado que a integração entre ciência, instituições e profissionais é capaz de gerar resultados expressivos e inspirar outros sistemas de aviação ao redor do mundo.

Agradecemos profundamente a todos os autores que confiaram seus trabalhos a esta edição, aos avaliadores e colaboradores que garantiram a qualidade científica da revista, e à comunidade aeronáutica que, com seu engajamento, dá sentido à nossa missão. Convidamos cada leitor a mergulhar nas páginas seguintes, certos de que o conhecimento aqui reunido fortalecerá ainda mais a cultura de prevenção e o compromisso com um ambiente operacional seguro.

Aproveitem a leitura.

Diego Ribeiro Marques

Editor da Revista Conexão SIPAER

LEVANTAMENTO DE FAUNA PRESENTE NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE MANAUS – EDUARDO GOMES (SBEG)

Fabricio Matheus Pacheco¹

1 fabriciomatheus95@gmail.com

RESUMO: O risco de colisão com animais em área de pista de aeroportos torna-se um grande desafio, tendo em vista o crescimento do volume do tráfego aéreo diariamente. As colisões entre animais e aeronaves é um problema de segurança grave para a aviação em todo o mundo. O projeto de pesquisa do Laboratório de Interações Fauna e Floresta da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) levantou a fauna silvestre presente no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes – AM [SBEG] a fim de diagnosticar e quantificar a população de animais recomendando medidas de manejo e controle de fauna no sítio operacional trazendo segurança de voo aos usuários. Foram identificadas 32 espécies de aves na área operacional do SBEG durante o período amostral totalizando 1.765 avistamentos pelo método de amostragem em ponto fixo, sendo o Urubu-cabeça-preta (*Coragyps atratus*) o animal mais avistado durante o levantamento faunístico. A gestão ambiental dos aeroportos deve ser praticada por entidades públicas e privadas de modo a reduzir a espécie mais abundante e frequente neste estudo. Recomenda-se adesão de alternativas para afugentar espécies de aves presentes no SBEG como a prática de cães treinados, concomitantemente com a falcoaria a fim de reduzir a quantidade e diversidade de espécies no aeródromo. Tal pesquisa auxiliará os aeródromos e as companhias aéreas a evitar perigo em sítios aeroportuários prezando pela segurança de voo.

Palavras Chave: 1. Levantamento faunístico. 2. Aeroporto. 3. SBEG. 4. Urubu. 5. Gestão Ambiental. 6. monitoramento ambiental.

FAUNA SURVEY PRESENT AT MANAUS INTERNATIONAL AIRPORT – EDUARDO GOMES (SBEG)

ABSTRACT: The risk of collision with animals in airport runway area it become a big challenge, considering the volume of air traffic grow every day. The strikes between animals and aircraft is a serious flight safety issue for aviation around the world. The research project of Laboratory of Fauna and Forest Interactions surveyed the wild fauna present at Eduardo Gomes International Airport [SBEG] in order to diagnose and quantify the population of animals and determine the management measures and wildlife control targeting the aerodrome facilities bringing flight safety to users. 32 birds species were identified in the SBEG operational area during the sample period, totaling 1.765 sightings by the fixed-point sampling method, with the black-headed vulture (*Coragyps atratus*) being the most sighted animal during the fauna survey. The environmental management of airports should be practiced public and private entities in order to reduce the most abundant and frequent species in this study. It is recommended to use trained dogs to chase away bird species present at the SBEG, concomitantly with falconry in order to reduce the number and diversity of species at the aerodrome. Such research will help aerodromes and airlines to avoid danger at airport sites, valuing flight safety.

Key words: 1. Fauna survey. 2. Airport. 3. SBEG. 4. Black-headed vulture. 5. Environmental management. 6. Environmental monitoring.

Citação: Pacheco, FMP. (2025) Levantamento de fauna presente no aeroporto internacional de Manaus – Eduardo Gomes (SBEG). *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, Nº. 1, pp. 2-10.

1 INTRODUÇÃO

O risco de fauna é um problema crescente na aviação, uma vez que colisões envolvendo aeronaves e aves comprometem a segurança das suas tripulações e passageiros (Hoon & Oliveira, 2014 apud CONSTANTINI, 2019).

O encontro envolvendo aeronaves e fauna está presente desde os primeiros dias da aviação ceifando centenas de vidas e gerando perda bilionária à aviação civil anualmente (ALENCASTRO, 2014).

A fauna silvestre é atraída para o aeródromo em decorrência da oferta de alimento, água e habitat, que combinado com a alta velocidade das aeronaves modernas e cada vez mais silenciosas, constituem a base para o problema de impacto com a fauna cujo operadores de aeroportos enfrentam atualmente (VILLAREAL, 2008).

No Brasil, a maior parte dos incidentes envolve espécies favorecidas pela atividade humana, como urubus, carcarás, quero-queros, pombos e garças. Além de aves, outros animais como cervos, raposas e tartarugas estão envolvidos em incidentes em muitos aeroportos do mundo. Planos de manejo de fauna devem ser conduzidos nos aeroportos para reduzir o risco de colisão envolvendo animais, o qual deve envolver diversos setores da aviação, bem como órgãos governamentais e devem ser acompanhados por profissionais especialistas em manejo de animais silvestres (MORAIS, 2012; DOOLBER et al., 2000).

Assim como no restante do mundo, o risco de fauna também está presente no Aeroporto Internacional de Manaus / Eduardo Gomes (SBEG). Moraes (2016) realizou um estudo a fim de investigar as estratégias de gestão ambiental adotadas pela INFRAERO em relação ao risco de fauna e identificou que o SBEG apresentou números elevados de colisões tanto por ano quanto no período analisado ao segundo aeroporto estudado, o Aeroporto de Ponta Pelada (SBMN) em Manaus do âmbito da Aeronáutica; o que pode ser explicado pelo alto fluxo de voos do SBEG em comparação com o SBMN estabelecendo que o risco de colisão entre aeronaves e a fauna silvestre também seja elevado.

Diante disso, o presente estudo buscou diagnosticar a presença de fauna silvestre a fim de quantificar a população de animais dentro do Aeroporto Internacional de Manaus / Eduardo Gomes (SBEG) e sugerir determinadas medidas de manejo e controle de animais presentes no sítio operacional do aeródromo trazendo segurança de voo aos usuários.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento será conduzido nas dependências do Aeroporto Internacional de Manaus / Eduardo Gomes (SBEG), localizado na Zona Oeste, no Bairro Tarumã, município de Manaus (30° 02' 28" S; 60° 03' 02" W), capital do estado do Amazonas. O SBEG possui em seu sítio aeroportuário uma área total de 14.050.529m² e está em operação desde 1976 quando foi inaugurado. Sua pista de pouso e decolagem possui 2.700m de comprimento e 45m de largura. Em termos de capacidade de operação, o SBEG pode receber até 13,5 milhões de passageiros/ano.



Figura 1: Vista aérea do Aeroporto Internacional de Manaus / Eduardo Gomes [SBEG] (Fonte: Google Earth Pro, 2020)

O aeroporto é composto por dois terminais de passageiros, uma para atender a aviação regular nacional e internacional e o outro, a aviação regional. Um dos principais aeroportos da região Norte, tem a função estratégica de integrar a imensa região amazônica ao resto do país e às cidades dentro dela. Seu estacionamento tem capacidade de receber 3 mil automóveis. Manaus é um dos principais polos de transporte de carga do país e seu aeroporto possui três terminais (TECAs) voltados apenas a essa finalidade. Somente a área de importação tem capacidade para processar até 30 mil toneladas de carga por mês. Este complexo logístico está apto para atender as demandas do Polo Industrial de Manaus – PIM.

A ASA do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (SBEG) é formada pelos municípios de Manaus, Iranduba e Careiro da Várzea. A área abrangida pela ASA é superior a 125.000 hectares ou 1.250 km².

ANEXO B - MAPA DOS ATRATIVOS DE RISCO À AVIAÇÃO NA ÁREA DE SEGURANÇA AEROPORTUÁRIA DE MANAUS

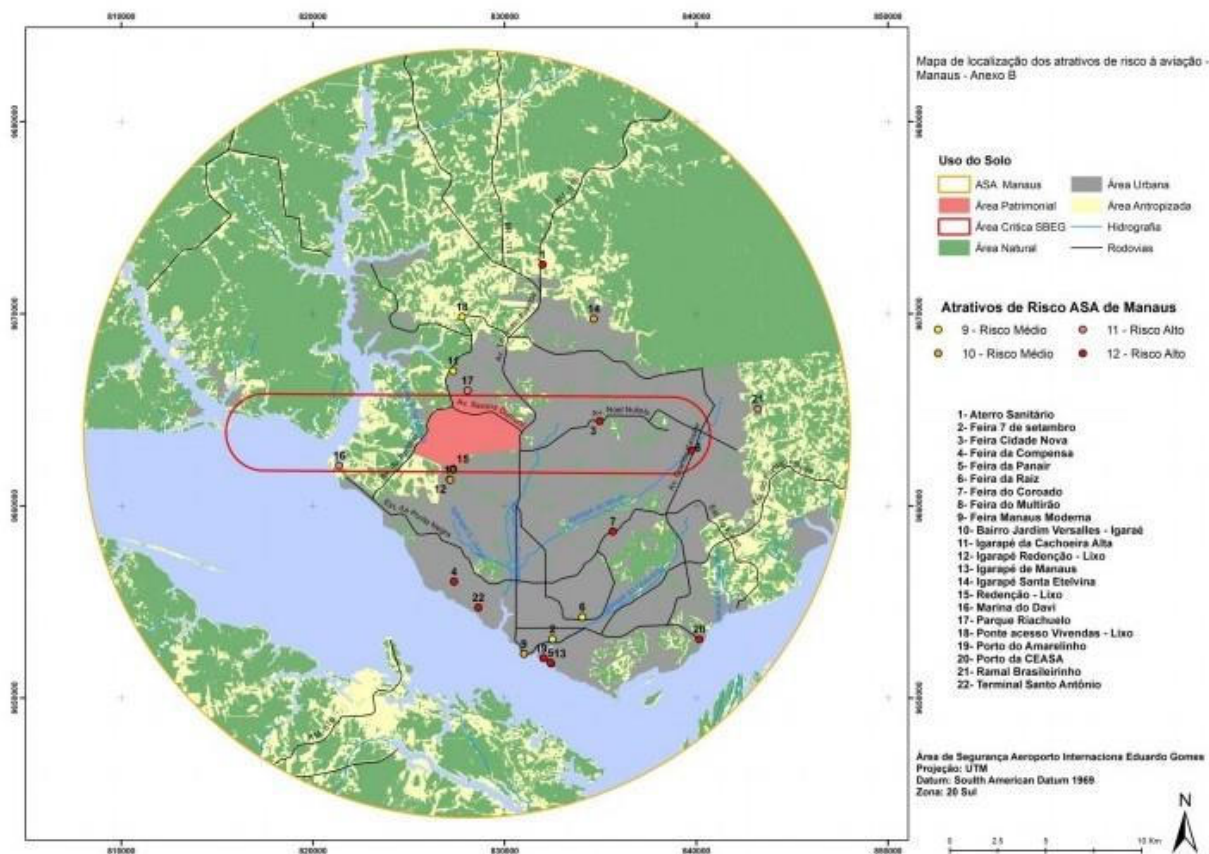


Figura 2: Área de Segurança Aeroportuária (ASA) do Aeroporto Internacional de Manaus / Eduardo Gomes (Fonte: Alencastro, 2014).

2.2 COLETA DE DADOS

A fauna da área operacional do aeródromo foi inventariada através do método de amostragem por pontos fixos (Viellard & Silva 1990 *apud* Constantini, 2019), que consiste no observador permanecer no local do ponto fixo, registrando as espécies faunísticas presentes na área do estudo de forma acústica ou visual.

O ponto de observação foi estrategicamente escolhido devido ao amplo campo visual tendo aproximadamente 120° de abertura da área operacional do SBEG. Essas áreas possuem potenciais atrativos de fauna, como: fragmento de vegetação nativa, presença de árvores frutíferas e valas de drenagem.



Figura 1: Área patrimonial e operacional do SBEG, respectivamente em vermelho e amarelo (Fonte: Google Earth Pro, 2020)

Neste íterim foi realizada a catalogação da fauna encontrada, bem como o número de indivíduos avistados para cada espécie, os seus respectivos horários de avistamentos e a localização. Os registros foram arquivados para uma futura identificação através de comparações em bancos de dados, fornecidas pela INFRAERO.

Os dados registrados na ficha de censo faunístico foram nome do pesquisador, data, período do dia (matutino ou vespertino), número do censo, hora de início da atividade, temperatura, sensação térmica, tempo climático, precipitação, umidade, velocidade do vento e direção do vento contemplavam o cabeçalho da ficha e nas colunas solicitava o nome popular da espécie avistada, nome científico, situação ou ação do animal (comportamento animal), hora (do avistamento), número de animais e quadrante (área amostral em que a fauna se encontrava no momento das observações conforme mapa de grade interno do SBEG).

A equipe de campo foi composta por membros do grupo de pesquisa Ecologia Transportes do Laboratório de Interações Fauna e Floresta da UFAM (LaIFF/UFAM) integrantes do Núcleo de Geotecnologias aplicas ao Meio Ambiente — NUGEA.

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Foi analisada a Abundância Relativa (AR) sobre as espécies levantadas na área de estudo utilizando a seguinte fórmula:

$$\%Spi = n \cdot (100/N)$$

Onde: (%Spi) = porcentagem da espécie,

(n) = número de indivíduos,

(N) = número total de indivíduos na amostra.

Foi calculada a Frequência Relativa (FR) dos avistamentos de avifauna no sítio aeroportuário conforme a fórmula abaixo:

$$FR = n / N$$

Onde: (FR) = Frequência Relativa

(n) = número de indivíduos,

(N) = número total de indivíduos de todas as espécies.

Foi processado o índice de Diversidade de Simpson (D) utilizado em análises quantitativas de comunidades biológicas baseado na teoria das probabilidades. Este índice nos mostra a probabilidade de se coletarem dois indivíduos da amostra e pertencerem a mesma espécie, obrigatoriamente. A fórmula do índice é:

$$D = \sum pi^2$$

Onde: (D) = Índice de Diversidade de Simpson,

(pi) = abundância relativa de cada espécie.

3 RESULTADO

3.1 FAUNA REGISTRADA NA ÁREA OPERACIONAL DO SBEG

O início das observações foi realizado no mês de março de 2020 contabilizando 9 censos no turno matutino e 10 censos no turno vespertino, totalizando 19 censos no SBEG, com o tempo amostral de 36h0min pela manhã e 40h0min pelo período da tarde, completando 76h00min de censo faunístico. A pesquisa teve que ser interrompida devido ao período crítico atípico de enfrentamento mundial do novo coronavírus, SARS-COV-2, até que medidas de segurança sanitárias fossem adotadas zelando pela saúde dos membros do grupo de pesquisa NUGEA do LaIFF/UFAM.

Foram identificadas 32 espécies de avifauna (Tabela 1) na área operacional do SBEG, no período de 05 de março ao dia 19 de março. Ao total foram registradas 1.765 aves pelo método de amostragem em ponto fixo e estão organizados do maior para o menor, sendo o Urubu-cabeça-preta o animal mais avistado durante o censo.

Nome científico	Nome popular	Qtd.	AR (%)	FR
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu-cabeça-preta	1500	84,99	0,850
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi	39	2,21	0,022
<i>Phaeoprogne tapera</i>	Andorinha-do-campo	34	1,93	0,019
<i>Cathartes burrovianus</i>	Urubu cabeça amarela	24	1,36	0,014
<i>Hirundinidae</i>	Andorinha	24	1,36	0,014
<i>Tyrannus savana</i>	Tesourinha	17	0,96	0,010

<i>Apodidae</i>	Andorinhão	14	0,79	0,008
<i>Turdus lawrencii</i>	Sabia	13	0,74	0,007
<i>Cathartes aura</i>	Urubu-cabeça-vermelha	12	0,68	0,007
<i>Charadrius collaris</i>	Batuíra-de-coleira	12	0,68	0,007
<i>Riparia riparia</i>	Andorinha-do-barranco	11	0,62	0,006
<i>Caracara plancus</i>	Gavião-carcara	10	0,57	0,006
<i>Platyrinchus platyrhynchos</i>	Patinho-de-coroa-branca	8	0,45	0,005
<i>Myiarchus swainsoni</i>	Irre	7	0,40	0,004
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri	5	0,28	0,003
<i>Columbina</i>	Rolinha	5	0,28	0,003
<i>Milvago chimachima</i>	Gavião-carrapateiro	5	0,28	0,003
<i>Sporophila americana</i>	Coleiro-do-norte	4	0,23	0,002
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	3	0,17	0,002
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião-carijó	2	0,11	0,001
<i>Accipiter superciliosus</i>	Gavião-miudinho	2	0,11	0,001
<i>Camptostoma obsoletum</i>	Risadinha	2	0,11	0,001
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Andorinha serradora	2	0,11	0,001
<i>Buteogallus meridionalis</i>	Gavião-caboclo	2	0,11	0,001
<i>Dedroncicla fuliginosa</i>	Arapaçu-pardo	1	0,06	0,001
<i>Streptprocne biscutata</i>	Andorinhão-de-coleira	1	0,06	0,001
<i>Progne chalybea</i>	Andorinha-doméstica-grande	1	0,06	0,001
<i>Myiozetetes luteiventris</i>	Bem-te-vi-barulhento	1	0,06	0,001
<i>Sporophila lineola</i>	Bigodinho	1	0,06	0,001
<i>Formicarius colma</i>	Pinto-da-mata-corado	1	0,06	0,001
<i>Crotophaga ani</i>	Anu-preto	1	0,06	0,001
<i>Ramphocaenus melanurus</i>	Chirito	1	0,06	0,001
Total	32	1.765	100,00	1

Tabela 1 - Espécies avistadas no levantamento faunístico do Aeroporto Internacional de Manaus / Eduardo Gomes

O cálculo de frequência relativa identificou as espécies mais avistadas no sítio aeroportuário do SBEG. A lista é liderada pelo urubu-cabeça-preta (*Coragyps atratus*) com índice de 84,9% de frequência relativa, seguida pelo bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) com 2,2%, andorinha-do-campo (*Phaeoprogne tapera*) com 1,93%, urubu cabeça vermelha (*Cathartes burrovianus*) com 1,36% e andorinha (Família Hirundinidae) com 1,36%. As espécies que apresentaram altas taxas de incidência foram classificadas como anomalias, conforme gráfico a seguir:

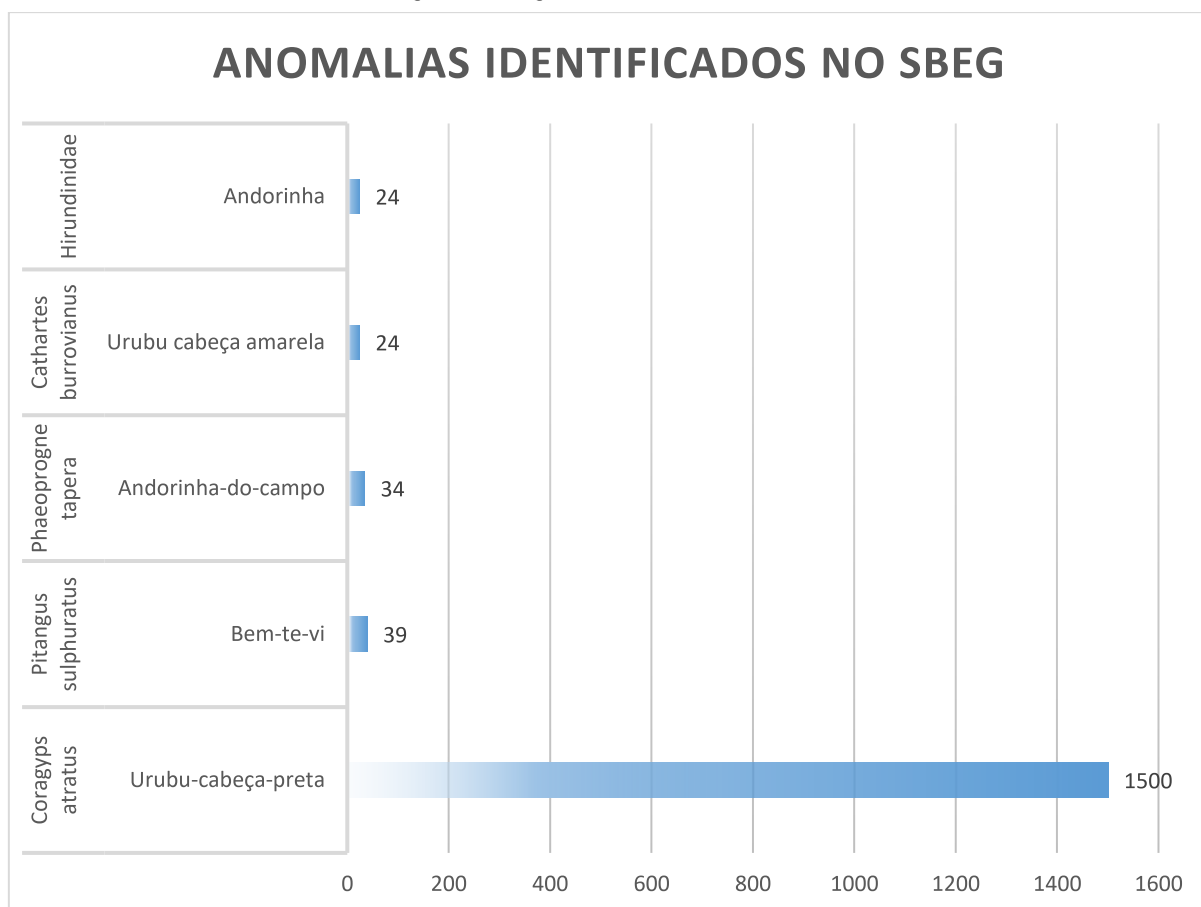


Figura 2: Espécies consideradas anomalias por ter abundância significativa acima de 1% (Fonte: Autor)

3.2 ABUNDÂNCIA RELATIVA DA AVIFAUNA NO SBEG

A abundância relativa de avifauna apresentou as 5 espécies mais avistadas no levantamento faunístico do SBEG e somaram 91,84% de abundância relativa, enquanto as demais 27 espécies avistadas somaram 8,16% e representaram a biodiversidade de avifauna presente no aeroporto em estudo. O urubu-cabeça-preta (*Coragyps atratus*) ficou disparadamente no topo da lista com quase 85% de abundância relativa seguido pelo bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) com 2,21%. A discrepância pode ser observada pela tabela a seguir onde mostra os indivíduos com abundância acima de 1%:

Nome científico	AR (%)
<i>Coragyps atratus</i>	84,99
<i>Pitangus sulphuratus</i>	2,21
<i>Phaeoprogne tapera</i>	1,93
<i>Cathartes burrovianus</i>	1,36
<i>Hirundinidae</i>	1,36

Tabela 2: Espécies com abundância relativa acima de 1%.

3.3 DIVERSIDADE DE AVIFAUNA NA ÁREA OPERACIONAL DO SBEG

A diversidade encontrada no SBEG foi analisada através do índice de Simpson, no qual cabe ressaltar que quanto maior o valor para D, menos diversa é a comunidade amostrada. No presente estudo, o índice encontrado foi de 0,7239 de dominância e 0,2761 de diversidade.

Esses valores implicam dizer que o sítio aeroportuário do SBEG possui uma alta dominância de uma única espécie e baixa diversidade das demais aves. Conforme análise de abundância e frequência relativa podemos verificar que a dominância se faz pelo urubu-cabeça-preta (*Coragyps atratus*).

A diversidade de avifauna levantada no SBEG foi de 27 espécies detectadas apresentando uma baixa biodiversidade no sítio aeroportuário. O gráfico a seguir apresenta as espécies avistadas no período amostral deste estudo retirando-se as anomalias detectadas neste aeródromo:

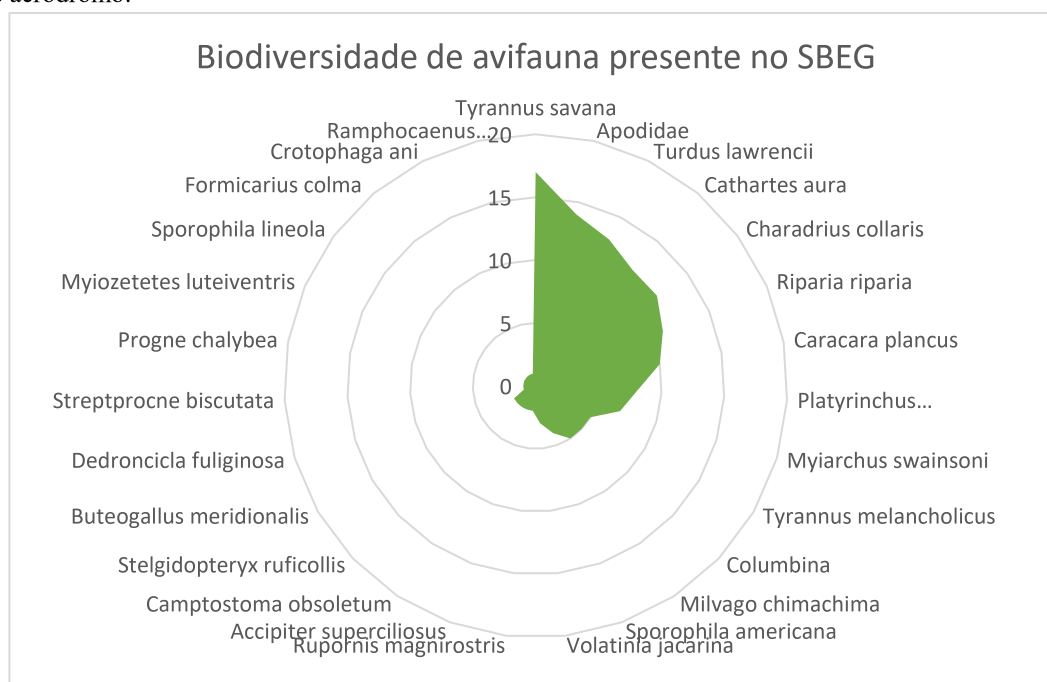


Figura 3: Biodiversidade encontrada no SBEG (Fonte: Autor).

Apesar da baixa biodiversidade, o número de espécies ainda é elevado considerando a segurança de voo de um aeroporto. Os valores encontrados para o SBEG foram mais satisfatórios comparado ao resultado encontrado por Constantini (2019) no Aeroporto Internacional de Salvador – Deputado Luís Eduardo Magalhães, onde avistou 65 espécies de aves no SBSV e 36.072 registros de avifauna na área operacional e patrimonial do SBSV.

4 CONCLUSÃO

O estudo e monitoramento ambiental de aeródromos é primordial para obter informações primárias relacionadas à quantidade de espécies presente no sítio aeroportuário.

A gestão ambiental dos aeroportos deve ser praticada por entidades públicas e privadas de modo a reduzir a espécie mais abundante e frequente neste estudo, o urubu-cabeça-preta (*Coragyps atratus*). A presença desse animal, que é carnívoro e necrófago, pode ser resultado de uma gestão inadequada de lixo e resíduos sólidos no entorno do local de estudo.

As demais espécies que compõe a lista de biodiversidade deste aeroporto devem ser estudadas caso a caso, e se possível, compor um conjunto de técnicas de afastamento potencializando o manejo de fauna no aeródromo.

Recomenda-se adesão de alternativas para afastar as demais espécies de aves presentes no SBEG como a prática de cães treinados, concomitantemente com a falcoaria a fim de reduzir a quantidade de espécies presentes no aeródromo. A eficiência do consórcio de práticas de manejo de fauna deve ser monitorada a fim de averiguar se as atividades implantadas estão obtendo resultado satisfatório ou não. Tal pesquisa auxiliará os aeródromos e as companhias aéreas a evitar perigo em sítios aeroportuários prezando pela segurança de voo.

5 MATERIAL COMPLEMENTAR

A INFRAERO registrou 26 animais terrestres no primeiro semestre de 2020 presentes na área operacional do aeroporto, abrangendo 12 espécies diferentes. Todos os resgates foram realizadas na área operacional do SBEG, e os indivíduos vivos foram realocados para uma zona segura tanto para o animal quanto para os usuários do aeródromo valorando a segurança de voo.

Animais	Quantidade
Bicho-Preguiça	7
Cachorro	4
Cobra	2
Cutia	1
Gato	1
Iguana	1
Jacaré	3
Jararaca	1
Jiboia	2
Sucuri	2
Tamanduá	1
Tatu	1
Total Geral	26

Tabela 3 - Quadro de captura do SBEG, 2020.

O registro oficial da INFRAERO é falho no quesito nomes científicos das espécies resgatadas por desconhecer ou não preencher a planilha corretamente dificultando assim a identificação precisa dos indivíduos registrados.

Observa-se que o número de animais encontrados na área operacional do SBEG é liderado pelo bicho-preguiça, podendo ser a *Bradypus tridactylus* ou a *Choloepus didactylus* ou ambas, com 7 indivíduos registrados, seguido do cachorro-doméstico (*Canis lupus familiaris*) com 4 registros. Diante disto, verifica-se a urgência na manutenção da cerca operacional para fauna, conforme dados do monitoramento de fauna deste aeroporto visto que o animal mais resgatado não é ágil, nem veloz. Considerando que o deslocamento de bicho-preguiça é realizado por meio das copas das árvores, deduz-se que esta cerca se encontra em altura e distância insuficiente para minimizar a entrada deste animal no sítio aeroportuário. Portanto, recomenda-se a implantação de um aceiro na cerca de segurança visando sanar a sua possível entrada no aeroporto.

A implantação de um aceiro no entorno da cerca operacional para fauna visa minimizar o acesso de animais que se deslocam por galhos e copas das árvores como o bicho-preguiça, as cobras e possivelmente o gato (*Felis catus*) registrado pela INFRAERO. Assim, estes indivíduos não terão rota livre por cima da barreira física trazendo funcionalidade ao bloqueio, restrição de acesso e entrada ao sítio operacional do aeroporto.

Considerando a entrada dos cães, a cerca de proteção apresenta uma falha em sua estrutura na altura do solo e que também pode ser explicada pela entrada de jacaré, iguana, cutia, tamanduá e tatu no aeroporto. Solucionando a problemática da cerca, é possível reduzir os danos com fauna terrestre em 42,3%, o que representa os 11 indivíduos registrados no SBEG.

As alternativas apresentadas de intervenção já são suficientes para o controle de animais terrestres registrados reduzindo significativamente o registro e a presença destes indivíduos no sítio aeroportuário. A manutenção e vistoria da cerca deve ser feita regularmente em conformidade com os registros de fauna feito pela INFRAERO.

Os animais capturados pela equipe da INFRAERO foram manejados pelo método de manejo direto, o qual consiste em o operador deste aeródromo fazer a captura e translocação das espécies diminuindo os riscos da aviação. Sugere-se que o SBEG execute atividades preventivas, com enfoque na Educação Ambiental, no intuito de implantar uma cultura de segurança de voo, além de expor as variáveis inerentes ao risco de fauna, como descarte incorreto do lixo, abandono de animais nas proximidades do aeródromo, dentre outros.

Conclui-se que deve haver a integração das atividades não só por parte da Administração do SBEG, como também da Prefeitura, Secretarias do Meio Ambiente e a comunidade manauara, uma vez que todos estão inseridos no mesmo contexto social de modo a propagar informações acerca da importância da segurança de voo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido esta oportunidade de execução deste experimento e à Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) por apoiar este trabalho, em especial ao Sr. Superintendente Odone Bizz, ao Sr. Edinei Avilez, Sr. Afrânio Mar, a Srta. Thaíse Leandro, ao Sr. Walmensy Nilber e a todos os envolvidos pela confiança, colaboração e por me cederem os dados de censo faunístico desta unidade aeroportuária SBEG.

O autor agradece ainda aos Biólogos da Infraero por colaborarem na realização deste estudo, ao meu orientador Dr. Rogério Fonseca pela oportunidade de conduzir esta pesquisa e, por final, aos meus seguintes colegas de equipe pelo apoio prestado durante o experimento: Fabrício Pacheco, Leandra Goudinho, Emerson Simões, Eduardo Oliveira, Victória Sabino e Suene Pacheco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL - ANAC. **Anuário do Transporte Aéreo**. Brasília: Agência Nacional de Aviação Civil, 2018.
- ALENCASTRO, F. B. **Aplicação de Ferramentas de Geotecnologias para Análise Multitemporal do Risco de Acidentes Aeroaviários por Colisão com Fauna em 4 Aeroportos Brasileiros**. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- Assessoria Estatística ; Aeródromos - Sumário Estatístico 2010-2019. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília. 2021.
- BRASIL OCUPA A 3ª POSIÇÃO NO RANKING DE PAÍSES COM MAIS ACIDENTES AÉREOS FATAIS, 2018. Disponível em: <<https://forbes.uol.com.br/listas/2018/02/brasil-ocupa-a-3a-posicao-no-ranking-de-paises-com-mais-acidentes-aereos-fatais/>> Acesso em abril de 2019.
- CENIPA DISPONIBILIZA SUMÁRIO ESTATÍSTICO DE AERÓDROMOS, 2018. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/slideshow/1216cenipa-disponibiliza-sumario-estatistico-de-aerodromos>> Acesso em abril de 2019.
- Costantini, L. Composição e distribuição da avifauna no Aeroporto Internacional de Salvador, sob o foco do gerenciamento de risco de fauna. **Revista Conexão SIPAER**, Vol. 10, N°. 3, pp. 39-54, 2019.
- DOLBEER, R. A.; CLEARY, E. C. **Ranking the hazard level of wildlife species to aviation**. Wildlife Society Bulletin, 28: 372-378, 2000.
- MENDONÇA, Flávio Antonio Coimbra. **GERENCIAMENTO DO PERIGO AVIÁRIO EM AEROPORTOS**, 2009.
- MORAES, F. M. **AVES E AERONAVES: UM ENCONTRO INCONVENIENTE: GESTÃO AMBIENTAL APLICADA À MITIGAÇÃO DO RISCO AVIÁRIO EM MANAUS/AM**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.
- MORAIS, F. J. A. Evolução do risco aviário no Brasil entre 2006 e 2010: estatísticas e probabilidades. **Revista Conexão SIPAER**, v. 3, n. 2, mar-abr, 2012.
- SANTOS, L. C. B.; SOUZA, M. D. S. Análise do risco de colisão entre aeronaves e fauna. **Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA)**. Brasília. 2021.
- VILLAREAL, I. M. A. **Programa Nacional de Limitación de Fauna em Aeropuertos**. Republica de Colombia - Unidad Administrativa Especial de Aeronautica Civil, Colómbia. 2008.

O USO DO GEORREFERENCIAMENTO NO GERENCIAMENTO DO RISCO DE FAUNA: UM ESTUDO DE CASO DA BASE AÉREA DE PORTO VELHO

Daniel Bunchaft Souza Ribeiro ^{1,2}

1 Capitão Aviador, Bacharel em Ciências Aeronáuticas e Administração, com ênfase em Administração Pública [Academia da Força Aérea]; Especialista em Relações Internacionais, com ênfase em Geopolítica e Defesa [UFRGS]; Oficial de Segurança de Voo e Facilitador de CRM [CENIPA]. Atualmente exerce a função de Chefe da Assessoria de Segurança de Voo da Base Aérea de Porto Velho.

2 <https://www.linkedin.com/in/danielbunchaft/>

RESUMO: O presente estudo analisa o uso do georreferenciamento como ferramenta de apoio ao gerenciamento do risco de fauna, tendo como estudo de caso metodologia adotada na Base Aérea de Porto Velho (BAPV). Essa metodologia consistiu na construção de uma sistemática abrangente de coleta e tratamento de dados georreferenciados, englobando os reportes de eventos com fauna e mapeamento dos focos atrativos de fauna. Com base nessas informações, foi possível implementar ações mitigadoras, de natureza operacional e ambiental. Como resultado, **observou-se, entre 2021 e 2024, uma redução de 90,66% no índice de colisões das aeronaves militares da BAPV**. O formato mostrou-se eficiente para a análise e visualização do risco, facilitando a correlação entre áreas críticas e medidas adotadas, bem como subsidiando a atuação junto ao Poder Público. O trabalho conclui com a proposta de aplicação nacional da metodologia, por meio de adaptações simples diretamente nas ferramentas de notificação, com inclusão do dado de georreferenciamento e geração automática de mapa de risco de fauna, o que traria um impacto potencialmente transformador para o gerenciamento do risco de fauna na aviação brasileira.

Palavras Chave: 1. Risco de fauna. 2. Georreferenciamento. 3. Gerenciamento de Risco de Fauna. 4. Colisões com Aves. 5. Gestão Operacional. 6. Gestão Ambiental.

THE USE OF GEOREFERENCING IN WILDLIFE HAZARD MANAGEMENT: A CASE STUDY OF THE PORTO VELHO AIR BASE

ABSTRACT: This study analyzes the use of georeferencing as a support tool for wildlife hazard management, having as a case study the methodology adopted at the Porto Velho Air Base (BAPV). This methodology involved the development of a comprehensive system for the collection and processing of georeferenced data, encompassing both wildlife hazard reports and the mapping of wildlife attractant sources. Based on this information, it was possible to implement mitigation actions of both operational and environmental nature. As a result, **between 2021 and 2024, an 90,66% reduction was observed in the wildlife collision index for BAPV military aircraft**. The format proved effective for risk analysis and visualization, facilitating the correlation between critical areas and the measures adopted, as well as supporting institutional engagement with public authorities. The study concludes by proposing the national application of the methodology, through simple adaptations to existing reporting platforms, including the addition of georeferenced data and the automatic generation of wildlife hazard risk maps — a potentially transformative tool for improving wildlife hazard management in Brazilian aviation.

Key words: 1. Wildlife Risk. 2. Georeferencing. 3. Wildlife Hazard Management. 4. Bird Strikes. 5. Operational Management. 6. Environmental Management.

Citação: Ribeiro, DBSR. (2025) O uso do georreferenciamento no gerenciamento do risco de fauna: um estudo de caso da base aérea de Porto Velho. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, N°. 1, pp. 11-34.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O risco de colisão de aeronaves com fauna representa uma séria ameaça à segurança operacional no contexto da aviação. Ocorrências deste tipo tem causado, em diversas partes do mundo, desde danos materiais até mesmo vítimas fatais. Até o final de 2021, observou-se um alto índice de ocorrências envolvendo fauna na Base Aérea de Porto Velho (BAPV), evidenciando a necessidade de adoção de medidas eficazes para mitigação do risco, a partir de quando o uso do georreferenciamento passou a ser utilizado como ferramenta primária no gerenciamento do risco de fauna.

1.2 OBJETIVO

Nesse contexto, o objetivo principal desta pesquisa é analisar os resultados do uso do georreferenciamento como ferramenta para aprimorar o gerenciamento de fauna, na BAPV. Serão observados os pontos positivos, desafios e limitações, e então analisada a viabilidade de adoção dessa metodologia em âmbito nacional, assim como os meios de fazê-lo.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa consiste em realizar um estudo de caso do método de gerenciamento de risco de fauna adotado na BAPV, a partir do final de 2021. O trabalho envolverá as seguintes etapas:

- a) Estudo bibliográfica da relevância do tema;
- b) Análise do Risco de Fauna na BAPV, anterior à implementação do método de gerenciamento supracitado;
- c) Exposição do trabalho realizado na BAPV, e das ações mitigadoras decorrentes do produto informacional advindo da adoção do georreferenciamento, como mudanças nas políticas públicas e adoção de *Standard Operating Procedures* (SOP) nas Unidades Aéreas subordinadas (UAe);
- d) Análise dos resultados, após a adoção do método de gerenciamento supracitado, comparando-se o *status quo* atual ao período passado, por meio de dados históricos estatísticos sobre ocorrências de fauna, obtidos a partir de registros oficiais;
- e
- e) Análise dos pontos positivos e limitações, bem como da viabilidade técnica e de custo-benefício de adoção da metodologia no escopo nacional.

2 RISCO DE FAUNA E A SEGURANÇA DE VOO

2.1 O IMPACTO DO RISCO DE FAUNA PARA A SEGURANÇA DE VOO E A VIABILIDADE ECONÔMICA DO SETOR

A colisão entre aeronaves e aves representa uma séria ameaça à aviação, causando impactos diretos na segurança operacional e ameaçando a viabilidade econômica do setor. Esses eventos, principalmente durante as fases críticas de pouso (PSO) e decolagem (DEP), podem resultar em acidentes aéreos, implicando em perdas humanas e materiais. (ANAC; UFMG, 2022) (ANDERSON et al., 2015)

2.1.1 IMPACTO ECONÔMICO

As colisões com fauna geram custos diretos de reparo e indiretos relacionados a atrasos e cancelamentos de voos. Estimar esses custos é complexo, pois depende de fatores como o tipo de aeronave, a fase do voo e a extensão dos danos (ANDERSON et al., 2015). Infelizmente, essa é uma realidade enfrentada em aeroporto brasileiros, um exemplo recente e preocupante ocorreu em Guarulhos, um dos aeroportos mais movimentados do Brasil, quando 02 (dois) aviões da LATAM Airlines foram atingidos por pássaros em um intervalo de apenas 50 minutos (MARTINS, 2025).

Em estudo realizado em 2002, John R. Allan buscou quantificar o impacto financeiro das colisões de aves na aviação global, chegando a uma estimativa de 39.705 USD (73.000 USD em valores de 2023, considerando a inflação), de prejuízo médio por colisão, e **1.255.726.475 USD por ano em prejuízos totais (aproximadamente 2.300.000.000 USD em 2023)**, levando-se em conta a frota global de aeronaves. Essa estimativa, que inclui custos diretos e indiretos decorrentes de reparo, atrasos e cancelamentos, implica no **custo médio aproximado de 64,50 USD (118 USD em 2023) para cada voo realizado** (ALLAN, 2002).

Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), **a tarifa média de um bilhete aéreo nacional, em 2023, foi de R\$ 636,22, ou 126,38 USD**, considerando-se a cotação do dólar ao final desse ano (ABEAR, 2024). Diante do exposto, com base no estudo mencionado, e assumindo-se que o Brasil se encontra dentro da média global, de forma simplória poderíamos dizer que, **em cada voo doméstico, o faturamento bruto aproximado de 01 (um) assento é destinado exclusivamente para as despesas decorrentes de eventos com fauna**.

Cumpra ressaltar que há presença de outros custos indiretos, não levados em consideração pelo autor, como a implementação de medidas de gerenciamento de fauna, sistemas de detecção de aves e programas de controle populacional, que também representam um investimento significativo para o setor. Além do exposto, a elevação do grau do risco em decorrência da alta incidência de eventos com fauna pode resultar no aumento dos prêmios de seguro para as companhias aéreas (ANAC; UFMG, 2022).

2.1.2 RISCOS PARA SEGURANÇA DE VOO

Colisões com fauna representam uma ameaça real à segurança das operações aéreas, extrapolando os prejuízos materiais e alcançando, infelizmente, perda de vidas humanas (CENIPA, 2017). De acordo com dados da *Federal Aviation Administration* (FAA), **entre 1988 e outubro de 2024, foram contabilizadas 499 mortes e 361 aeronaves destruídas em acidentes envolvendo fauna**. Nesse mesmo período, apenas nos Estados Unidos, a aviação civil registrou 357 pessoas feridas em decorrência desses eventos (FAA, 2024).

Um episódio emblemático da gravidade desse tipo de ocorrência **foi o acidente com um Boeing 737-800 da companhia Jeju Air**, ocorrido em dezembro de 2024. A aeronave se aproximava do Aeroporto Internacional de Muan, na Coreia do Sul, quando colidiu com pássaros logo após a tripulação ser alertada sobre a presença de aves na área, danificando os motores e diversos sistemas relacionados. A colisão levou a uma arremetida seguida de um pouso de emergência sem o trem de pouso, no sentido oposto ao da pista em uso (a favor do vento), implicando em uma excursão de pista e levando a colisão da aeronave com um muro, e consequente explosão, **vitimando 179 pessoas** (ARAIB, 2025).

Vale destacar que **este acidente não está contabilizado nos dados da FAA. Ao incluir as 179 mortes do voo 7C2216 às 499 fatalidades já registradas por eventos com fauna, o número total de óbitos chega a 678** — uma estatística que evidencia a urgência de uma abordagem mais eficaz e coordenada para mitigar esse risco.



Figura 1: Acidente da Jeju Air 7C2216.

Fonte: Disponível em <https://erbol.com.bo/mundo/al-menos-179-muertos-en-una-de-las-peores-tragedias-a%C3%A9reas-de-la-historia-de-corea-del-sur>.

Para efeito de comparação, estima-se que, entre 1988 e 2024, 47.156 pessoas tenham perdido a vida em acidentes aeronáuticos ao redor do mundo (B3A, 2025). Considerando-se os 678 óbitos registrados em decorrência de colisões com fauna nesse mesmo período, **podemos afirmar que acidentes com fauna são responsáveis por cerca de 1,44% de todas as fatalidades na aviação civil** — uma proporção expressiva, especialmente levando-se em conta que grande parte desses acidentes poderiam ser evitados por meio de ações preventivas coordenadas, de baixo custo e alta efetividade.

2.1.3 IMPORTÂNCIA DA NOTIFICAÇÃO E ELABORAÇÃO DE BANCOS DE DADOS

A notificação de eventos com fauna, sejam colisões, quase colisões ou avistamentos, é crucial para a gestão eficiente do risco. Informações detalhadas sobre o evento, como espécie da ave, altura e principalmente, o local do evento, são fundamentais para a análise do risco e a implementação de ações mitigadoras eficazes. A confecção de relatórios específicos, como o a Identificação do Perigo de Fauna (IPF) e o Plano de Gerenciamento de Risco de Fauna (PGRF), também fornece dados importantes para a identificação de áreas de risco, espécies envolvidas e padrões de comportamento. (ANAC; UFMG, 2022)

A sistematização dessas informações contribui para a criação de um banco de dados nacional, fundamental para a compreensão da dinâmica do risco de fauna e para a implementação de medidas preventivas mais eficazes (CENIPA, 2017). A utilização de bancos de dados sobre colisões com fauna, como o *National Wildlife Strike Database*, gerenciado pela FAA, o Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA), gerenciado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) e o PAINEL DE SAFETY, gerenciado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), permitem a análise de tendências e a identificação de aeroportos prioritários para intervenção (ANDERSON et al., 2015).

Contudo, os sistemas citados ainda possuem deficiências quanto ao tratamento e apresentação dos dados, para os principais clientes, os operadores, tendo em vista que não apresentam um mapeamento de risco específico para cada aeródromo. Há, portanto, um amplo potencial de melhoria, que pode ser explorado com reduzido esforço por meio da adoção do georreferenciamento diretamente nas ferramentas de reporte.

2.2 RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA: PAPEL DO PODER PÚBLICO

A gestão de fauna em áreas aeroportuárias exige uma abordagem integrada, com a participação de diferentes atores, principalmente do poder público, dos operadores de aeródromos e das comunidades do entorno. A fiscalização e o cumprimento da legislação ambiental, especialmente no que se refere à gestão de resíduos sólidos e ao licenciamento de atividades que possam atrair fauna, são essenciais para mitigar o risco de colisões. A alocação de recursos financeiros e humanos para a gestão de fauna, incluindo a capacitação de pessoal e a aquisição de equipamentos, é fundamental para garantir a eficácia das medidas preventivas e de mitigação, o que só é possível por meio da conscientização dos atores públicos envolvidos, que muitas vezes desconhecem

a relevância do tema. A conscientização da população sobre a importância da gestão de fauna para a segurança da aviação também é crucial para o sucesso das ações implementadas (ANAC; UFMG, 2022) (SANTOS, 2024).

Neste diapasão, o artigo do Sr. Juiz Federal Marcelo Honorato analisa a gestão do risco aviário no contexto brasileiro, com foco na responsabilidade civil do Estado. O autor argumenta que a legislação brasileira, embora bem estruturada, frequentemente não é cumprida, especialmente pelo poder público municipal, o que contribui para a ocorrência desses acidentes (HONORATO, 2010). Nesse sentido, o uso do georreferenciamento pode fornecer subsídios cruciais para que os agentes interessados direcionem a atuação do poder público de forma mais efetiva na mitigação dos riscos, uma vez que permite o mapeamento preciso dos focos atrativos e das ocorrências, e a vinculação dos focos atrativos identificados aos eventos com fauna.

2.2.1 MARCO LEGAL E VINCULAÇÃO DO PODER PÚBLICO

A responsabilidade do Estado em casos de colisões com fauna se baseia em duas vertentes:

- a) **Responsabilidade Objetiva:** Configurada quando o próprio Estado é o agente poluidor, como no caso de lixões a céu aberto em áreas próximas a aeroportos, atraindo aves e configurando omissão na gestão de resíduos sólidos. Essa responsabilidade é amparada pela Constituição Federal, em seu Artigo 37, § 6º, que determina a reparação integral do dano causado por ação ou omissão de agente público (HONORATO, 2010) (POZZETTI; FONTES; CROMWELL, 2020).
- b) **Responsabilidade Subjetiva:** Ocorre quando o Estado, por meio de seus órgãos, falha na fiscalização do cumprimento da legislação ambiental, como na concessão de licenças para empreendimentos nocivos à aviação em áreas de segurança aeroportuária. Nesse caso, é necessário comprovar a negligência, imprudência ou imperícia do agente público para a configuração da responsabilidade, conforme o Artigo 186 do Código Civil Brasileiro (HONORATO, 2010) (POZZETTI; FONTES; CROMWELL, 2020).

A gestão do risco de fauna nos aeródromos encontra respaldo em um conjunto normativo robusto e interdependente, que vai desde a Constituição Federal até leis infraconstitucionais específicas. Esse ordenamento impõe não apenas diretrizes operacionais, mas sobretudo responsabilidades jurídicas aos entes públicos e operadores aeroportuários. Outrossim, a segurança da aviação, em sua interface com o meio ambiente, não é apenas uma questão técnica, mas também um dever legal e institucional.

- a) **Constituição Federal de 1988:** O artigo 225 consagra o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao Poder Público o dever de protegê-lo e preservá-lo. A presença de fauna silvestre em áreas aeroportuárias, ainda que decorrente de desequilíbrios externos ao sítio aeroportuário, insere-se nesse escopo de responsabilidade ambiental. Ademais, o artigo 37, § 6º, estabelece a responsabilidade civil objetiva do Estado, o que significa que, diante de um acidente aéreo causado por omissão administrativa — como a não eliminação de lixões atrativos de fauna — basta a comprovação do nexo causal para que haja responsabilização, ainda que ausente a culpa direta do agente público (BRASIL, 1988).
- b) **Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional de Meio Ambiente):** Essa lei institui instrumentos como o licenciamento ambiental e o controle da poluição, conferindo ao órgão licenciador a obrigação de avaliar e mitigar riscos. O artigo 4º, inciso VII, estabelece expressamente a obrigação de recuperar e/ou indenizar danos causados ao meio ambiente. (POZZETTI; FONTES; CROMWELL, 2020)
- c) **Lei nº 7.565/1986 (Código Brasileiro de Aeronáutica):** O artigo 43 desta norma determina restrições especiais ao uso de propriedades vizinhas aos aeródromos, incluindo o controle da fauna, com o fim de garantir a segurança das operações aéreas (BRASIL, 1986a). Tal dispositivo reforça a ideia de que a segurança da navegação não se limita ao perímetro da pista, mas abrange também o entorno urbanístico.
- d) **Lei nº 12.305/2010:** Prevê a responsabilidade compartilhada entre os municípios, os geradores de resíduos e o setor privado, visando à destinação ambientalmente adequada de resíduos. A má gestão de resíduos sólidos, como a manutenção de lixões ou vazadouros clandestinos, é reconhecidamente um dos principais fatores de atração de fauna de risco para áreas aeroportuárias, o que estabelece uma vinculação direta entre a política de resíduos e a segurança da aviação (BRASIL, 2010a).
- e) **Lei nº 12.725/2012:** Esta norma representa um marco específico e estruturante no combate ao risco de fauna. Ela institui a Área de Segurança Aeroportuária (ASA), definida como uma zona de 20 km de raio a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo. Nessa área, o uso e ocupação do solo são condicionados a critérios ambientais e de segurança operacional. A lei define ainda o Programa Nacional de Gerenciamento do Risco da Fauna (PNGRF), com metas conjuntas para aeródromos, autoridades civis e militares, além dos entes ambientais e municipais (BRASIL, 2012; POZZETTI; FONTES; CROMWELL, 2020).

2.2.2 RESPONSABILIDADE DO PODER PÚBLICO MUNICIPAL

A ASA, estabelecida pelo Art. 3º da Lei nº 12.725/2012, compreende um raio de até 20 km a partir do centro da pista de pouso e decolagem dos aeródromos. Essa delimitação visa mitigar riscos à segurança operacional, considerando que diversas espécies de fauna, especialmente aves, transitam por essa faixa em busca de recursos, aumentando o potencial de colisões com aeronaves.

Neste contexto, a atuação do poder público municipal ganha protagonismo. A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) destaca que a segurança da aviação depende diretamente da colaboração dos entes federativos, sendo os municípios responsáveis

por adotar políticas públicas que evitem a proliferação de focos atrativos de fauna dentro da ASA (ANAC, 2025). Trata-se de uma corresponsabilidade legal e funcional, em que a omissão municipal pode configurar, inclusive, responsabilidade civil do Estado — notadamente quando demonstrado o nexo entre a negligência do ente local e o agravamento do risco operacional. As principais competências municipais relacionadas à mitigação desse risco incluem:

- Gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos, conforme a Lei nº 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), prevenindo a formação de lixões ou pontos de descarte clandestino que atraíam fauna;
- Controle do uso e ocupação do solo, nos termos da Lei nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade), evitando a instalação desordenada de atividades como granjas, feiras livres e abatedouros em áreas próximas ao aeroporto;
- Fiscalização sanitária e ambiental de atividades potencialmente atrativas à fauna, como mercados e hortas urbanas, que, se mal conduzidas, podem criar nichos ecológicos indesejáveis dentro da ASA; e
- Manutenção da limpeza urbana e do saneamento básico, com atenção especial à drenagem de águas estagnadas, roçada de áreas públicas e gestão adequada de entulhos e resíduos vegetais.

Além disso, os Art. 4º ao 6º da própria Lei nº 12.725/2012 impõe aos entes federativos o dever de colaborar com os operadores de aeródromos na implementação de medidas preventivas. A Constituição Federal, em seu Art. 30, também confere aos municípios competência para legislar sobre assuntos de interesse local e suplementar a legislação federal, abrangendo o regramento do espaço urbano em favor da segurança coletiva.

Importa salientar que a Lei nº 12.725/2012 também tipifica infrações administrativas no caso de instalação ou manutenção de atividades atrativas de fauna no interior da ASA — como aterros, matadouros ou hortas mal manejadas — prevendo sanções que vão de advertência até multa de R\$ 1,25 milhão, além de interdição de estabelecimentos e embargo de obras (BRASIL, 2012).

No caso específico de Porto Velho, estudo realizado por Santos (2024) demonstrou de forma concreta a interface entre gestão ambiental e risco operacional. O município, que até 2023 convivia com diversos focos atrativos de fauna dentro da ASA — como lixões, matadouros, feiras livres e resíduos dispostos a céu aberto —, registrava altos índices de ocorrências envolvendo aves, com destaque para o urubu-preto (*Coragyps atratus*). Segundo dados do SIGRA, foram 45 registros com esta espécie apenas no entorno imediato do Aeroporto Internacional Jorge Teixeira. Tais focos, além de colocarem em risco a operação aérea, estavam em total desconformidade com os princípios e obrigações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A omissão do município na erradicação desses passivos ambientais demonstrava como a ausência de uma política efetiva de gestão de resíduos pode repercutir diretamente na segurança de voo. Mais do que um problema urbano, trata-se de um fator de risco sistêmico e persistente que, se não enfrentado de forma integrada e com amparo legal, tende a se agravar (SANTOS, 2024).

Em síntese, a participação ativa do poder público municipal no gerenciamento do risco de fauna é essencial para a segurança operacional. A negligência nesse aspecto compromete a aviação civil e militar, expõe a população a riscos desnecessários e configura descompromisso institucional com a preservação da vida.

2.2.3 JURISPRUDÊNCIA E JULGADOS RECENTES

A jurisprudência tem reconhecido que colisões entre aeronaves e fauna configuram risco previsível à atividade aérea, de modo que não se amolda, em regra, à excludente do caso fortuito ou força maior. Tal entendimento foi consolidado pelo Superior Tribunal de Justiça (STJ), no Recurso Especial nº 401.397/SP, ao julgar ação relativa à colisão com urubus durante a decolagem, que ocasionou o atraso e posterior cancelamento de um voo comercial. O STJ firmou posição no sentido de que esse tipo de ocorrência se insere no escopo dos riscos assumidos pela empresa aérea, devendo esta responder objetivamente perante os passageiros, à luz do Código de Defesa do Consumidor (JUSBRASIL, 2002).

Neste diapasão, embora recaia sobre a companhia aérea o ônus da reparação imediata aos usuários do serviço — independentemente de culpa —, isso não impede o exercício do direito de regresso contra o ente público responsável pela condição que ensejou o sinistro. Quando demonstrada a omissão do poder público, especialmente quanto à fiscalização ambiental ou à manutenção de lixões em zonas críticas, torna-se possível à empresa aérea pleitear judicialmente o ressarcimento dos valores indenizados aos passageiros, bem como de outros prejuízos de ordem material, como avarias na aeronave, custos operacionais, reacomodação de passageiros, hotelaria, entre outros (HONORATO, 2010).

Casos como o ocorrido em Belém (PA) evidenciam com clareza a responsabilização do poder público municipal em face da negligência quanto à gestão ambiental no entorno aeroportuário. Em 2015, a Justiça Federal **condenou o então prefeito e dois secretários municipais por manterem depósitos de lixo em desacordo com as normas ambientais e sanitárias nas imediações dos aeroportos** Internacional de Belém e Brigadeiro Protásio de Oliveira. A decisão judicial foi motivada, entre outros fatores, por um acidente ocorrido com uma aeronave da TAM, que colidiu com aves durante aproximação ao aeroporto — fato que trouxe à tona a conexão direta entre a existência de lixões no entorno e o aumento do risco aviário. **As multas impostas ultrapassaram R\$ 1,5 milhão, sendo R\$ 1 milhão ao município de Belém, R\$ 300 mil ao ex-prefeito, R\$ 150 mil ao secretário de Saneamento e R\$ 100 mil à secretária de Meio Ambiente.** A sentença destacou que a omissão dos gestores contribuiu de forma direta e mensurável para o agravamento do risco à segurança de voo, afrontando o dever constitucional de proteção ao meio ambiente e à vida humana (ECODEBATE, 2015).

Anos depois, em 2022, nova condenação foi imposta também a outro ex-prefeito e sua equipe, por descumprimento das determinações estabelecidas na sentença anterior. A decisão reconheceu que, mesmo após a ordem judicial de 2015, imposto à administração anterior, o município manteve-se inerte quanto à adoção das medidas saneadoras necessárias. Foram aplicadas multas individuais de R\$ 585.619,43 ao ex-prefeito, R\$ 222.642,32 ao ex-secretário de Meio Ambiente e R\$ 333.963,48 ao ex-secretário de Saneamento. Ademais, foi homologada uma multa diária de R\$ 1.114.097,56, posteriormente inscrita em Dívida Ativa da União, a ser apurada solidariamente entre os condenados (O LIBERAL, 2022). A decisão reforçou o entendimento de que o descumprimento reiterado de obrigações judiciais em matéria ambiental, especialmente em áreas críticas como a ASA, implica não apenas em infração administrativa, mas em responsabilização pessoal dos gestores públicos envolvidos.

Tais julgados demonstram que, embora o passageiro acione diretamente a companhia aérea, a cadeia de responsabilização pode — e deve — alcançar os agentes públicos que, por ação ou omissão, tenham contribuído para a criação ou manutenção das condições de risco. Nesse cenário, o georreferenciamento surge como ferramenta estratégica, não apenas para subsidiar medidas preventivas, mas também como elemento técnico de prova em eventuais ações regressivas.

Outrossim, a consolidação de jurisprudência nesse sentido representa avanço importante para o fortalecimento da governança interinstitucional sobre o risco de fauna. Não se trata de transferir responsabilidades, mas de reconhecer que a segurança da aviação depende de uma atuação articulada, eficaz e sustentada por evidências técnicas — sobretudo quando o bem jurídico tutelado é a vida humana.

3 UTILIZAÇÃO DO GEORREFERENCIAMENTO NO GERENCIAMENTO DE RISCO DE FAUNA NA BAPV

3.1 HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS COM FAUNA NA BAPV

Conforme destacado anteriormente, a ASA abrange um raio de 20 km a partir do centro geométrico da pista principal, o que no caso do Aeroporto Internacional de Porto Velho (SBPV), engloba uma extensa faixa urbana e rural do município. No âmbito do Programa de Gerenciamento do Risco da Fauna (PGRF), levantamento conduzido pela SAMA Consultoria Ambiental, em 2020, revelou uma série de focos atrativos no interior da ASA (Figura 2 e Tabela 1), com destaque para matadouros, vazadouros de resíduos sólidos e o então lixão da Vila Princesa — este último localizado a 15,4 km do aeroporto, em clara desconformidade com a PNRs, tendo em vista a ocupação inadequada de áreas críticas com atividades incompatíveis com a segurança aeronáutica (SANTOS, 2024).



Figura 2: Georreferenciamento dos focos atrativos observados pela SAMA.

Fonte: SANTOS (2024). Produzido pelo autor.

A ausência de critérios técnicos na definição do uso e ocupação do solo nessas regiões, conforme previsto no Plano Diretor Urbano e nas diretrizes do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), favoreceu a consolidação de práticas de risco — como o consumo de alimentos a céu aberto e o descarte inadequado de resíduos —, atraindo fauna sinantrópica, com destaque para o urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*) (SANTOS, 2024), conforme pode-se observar nas fotos extraídas dos Relatos de Prevenção (RELPREV) (Figura 3).

Local	Principal atividade desenvolvida no local	Distância do aeródromo (km)	Coordenadas
Frigorífico JBS	Abate de gado	1,4	08°42'37.90"S 63°54'54.40"O
Frigorífico Areia Branca	Abate de gado	10,6	08°48'17.10"S 63°54'03.90"O
Frigorífico Frigo 10	Abate de gado	15,6	08°50'22.10"S 63°57'23.70"O
Lixão Municipal Vila Princesa	Depósito de Lixo	15,4	08°50'19.00"S 63°57'07.20"O
Vazadouros/Resíduos Sólidos 1	Vazadouro de resíduos sólidos	2,7	08°42'06.50"S 63°52'43.20"O
Vazadouros/Resíduos Sólidos 2	Vazadouro de resíduos sólidos	3,6	08°44'23.30"S 63°54'48.90"O
Vazadouros/Resíduos Sólidos 3	Vazadouro de resíduos sólidos	6,2	08°42'48.00"S 63°50'45.50"O
Vazadouros/Resíduos Sólidos 4	Vazadouro de resíduos sólidos	6,5	08°42'40.00"S 63°50'33.10"O
Vazadouros/Resíduos Sólidos 5	Vazadouro de resíduos sólidos	5,9	08°42'38.20"S 63°50'10.30"O
Vazadouros/Resíduos Sólidos 6	Vazadouro de resíduos sólidos	2,7	08°44'58.10"S 63°49'07.20"O
Vazadouros/Resíduos Sólidos 7	Vazadouros/Resíduos Sólidos 6	15,3	08°49'00.00"S 63°48'47.00"O

Tabela 1: Descrição dos focos atrativos observados pela SAMA.

Fonte: SAMA, Consultoria Ambiental. Programa de Gerenciamento de Risco de Fauna – PGRF. Adaptado por SANTOS (2024).



Figura 3: RELPREV de Urubus – RWY 01 SBPV.

Fonte: Extraído do Sistema de Gerenciamento de Segurança de Voo (SGSV).

Ademais, observou-se outras falhas de ordenamento territorial urbano no interior da ASA de SBPV, além das observadas pela SAMA. É o caso das Avenidas Jorge Teixeira (Espaço Alternativo) e Lauro Sodré, utilizados rotineiramente como espaços públicos de lazer, ainda que localizados no eixo de aproximação da Pista (RWY) 01 (Figura 3).

A gravidade desse cenário era agravada pelo perfil operacional das UAe subordinadas à BAPV, que conta com um Esquadrão de Caça, o 2º/3º Grupo de Aviação (GAV), que voa a aeronave de caça A-29 Super Tucano, e outro de Asas Rotativas, o 2º/8º GAV, que operava o Helicóptero de Ataque AH-2 Sabre. A natureza das missões dessas UAe exige um perfil de voo em baixa altitude, rotineiramente até 500 pés (ft) acima do nível do solo (AGL), e em velocidades elevadas, elevando substancialmente o risco de colisões com fauna. Consequentemente, **observou-se uma tendência ascendente nas colisões com**

fauna envolvendo as aeronaves militares da BAPV, que pôde ser constatada comparando-se o seu Índice de colisões com fauna reportadas por 10.000 movimentos (IC10) em SBPV, relativo ao ano de 2021, com os das aeronaves civis, no mesmo aeródromo, e com o da média dos 53 aeródromos (AD) mais movimentados do Brasil (Figura 4).

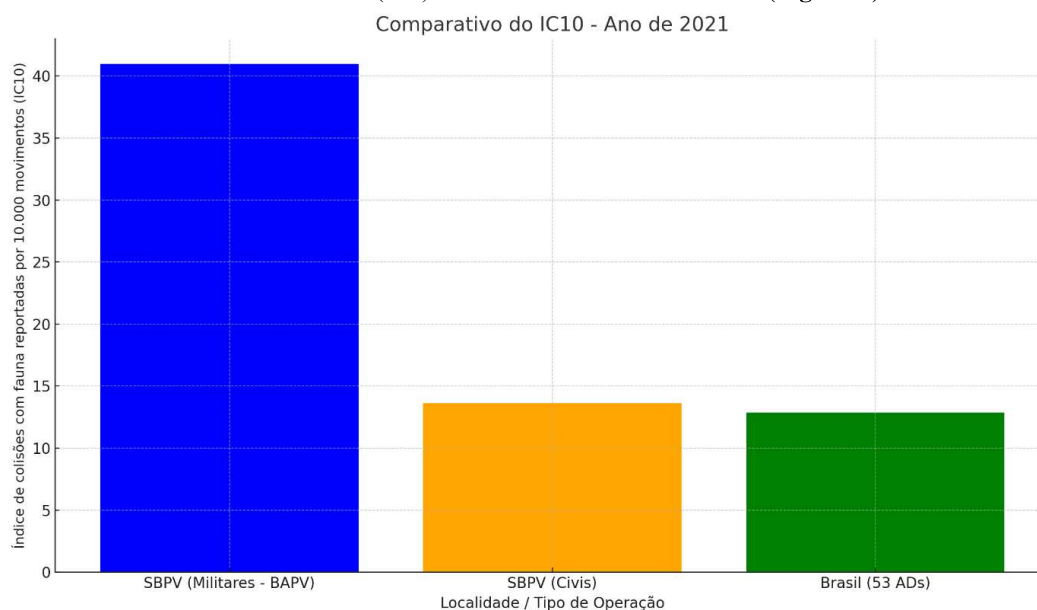


Figura 4: Gráfico Comparativo IC10 - 2021.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do Anuário de Risco de Fauna (2021), do SIGRA e do SGSV.

Em resposta ao agravamento do quadro, os Oficiais de Segurança de Voo (OSV) da BAPV intensificaram ações mitigadoras, como a promoção de campanhas educativas e o estímulo à realização de reportes voluntários via Ficha Cenipa 15 (FC15), no seio das UAe, a intensificação das Vistorias de Segurança de Voo (VSV) e o estreitamento do diálogo com a administração do SBPV, então em processo de transição da INFRAERO para a VINCI AIRPORTS.

Nesta temática, em 2021 a Seção de Segurança de Voo (SSV) do 2º/8º GAV assumiu a responsabilidade de gestão e mitigação do risco de fauna da BAPV, com objetivo de buscar adoção de abordagens inovadoras para este problema, sendo a responsável pela implementação das políticas descritas neste artigo até 2023, quando a SSV do 2º/3º GAV deu andamento ao trabalho. Ao longo do ano foram realizadas 06 (seis) reuniões com representantes do Poder Público, com vistas à articulação interinstitucional em torno da temática. Em julho de 2021, a 1ª Tenente Bióloga Ana Maciel conduziu uma visita técnica à BAPV, resultando na confecção de relatório circunstanciado sobre os focos atrativos e a dinâmica da fauna local.

Em novembro deste mesmo ano, a Comissão de Gerenciamento de Risco de Fauna do CENIPA, chefiada pelo Major Aviador Silva e pelo 1º Tenente Biólogo Medolago, realizou uma visita técnica à BAPV. Na ocasião, foi realizado um voo de helicóptero para vistoria dos principais focos atrativos da ASA de SBPV, com utilização de aeronave do Núcleo de Operações Aéreas (NOA) da Secretaria de Estado da Segurança, Defesa e Cidadania (SESDEC) do Estado de Rondônia.



Figura 5: Lixão Vila Princesa, com milhares de urubus.

Fonte: Vistoria de focos atrativos, realizada em novembro de 2021.

Foi averiguada uma deficiência grande, por parte do Poder Público, na gestão de lixo na Área de Segurança Aeroportuária (ASA) de SBPV, bem como, a dimensão de severidade da presença do lixão vila princesa, com a presença de grande quantidade de urubus nos seus arredores.



Figura 6: Frigorífico JBS - Urubus se alimentando de restos orgânicos.

Fonte: Vistoria de focos atrativos, realizada em novembro de 2021.

Em complemento, ocorreu uma reunião ampliada com a presença de representantes da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA), da Secretaria Municipal de Serviços Básicos (SEMUSB), do Ministério Público Estadual, da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), da VINCI AIRPORTS e dos OSV da BAPV. Durante o encontro, foi apresentada a gravidade do *status quo*, sendo abordados temas como "Gerenciamento de Risco de Fauna", "Panorama da ASA de SBPV" e "Responsabilidades do Poder Público".

Esse conjunto de ações, embora inicial, representou um ponto de inflexão na forma como a temática passou a ser conduzida, inaugurando uma abordagem mais coordenada, interinstitucional e tecnicamente embasada para o enfrentamento do risco de fauna na capital rondoniense. A subseção seguinte detalhará a implementação do georreferenciamento como ferramenta estruturante deste novo paradigma.

3.2 IMPLEMENTAÇÃO DO GEORREFERENCIAMENTO NO GERENCIAMENTO DE FAUNA

A ideia de georreferenciar os relatos veio ao observar, durante a visita técnica realizada pelo CENIPA, que o 1º Ten Biólogo Medolago utilizava essa técnica para os focos atrativos. Desta forma, ao utilizar a mesma metodologia para os reportes, ambas as informações seriam registradas na mesma plataforma, permitindo o estabelecimento de análises mais profundas acerca do impacto de cada foco atrativo, para o risco de fauna. Diante do exposto, a partir de 2022 os RELPREV envolvendo fauna passaram a ser georreferenciados no *Google Earth*, e foi estabelecida uma sistemática de repasse do mapa de risco para a administradora aeroportuária (BAPV, 2025).

3.2.1 GEORREFERENCIAMENTO DOS RELATOS

A teoria do Triângulo de Heinrich, proposta em 1931, postula que, para cada acidente com lesão grave, ocorrem 29 incidentes com lesões leves e cerca de 300 situações de risco sem danos aparente (HEINRICH, 1950) (Figura 7). Essa lógica, originalmente voltada à segurança do trabalho, é plenamente aplicável à segurança de voo, bem como, passível de analogia, ao gerenciamento do risco de fauna. Nesta temática, a colisão com fauna representaria o acidente, no vértice da pirâmide; as quase colisões corresponderiam aos incidentes; e os avistamentos comporiam a base.

De acordo com o Manual de Boas Práticas no Gerenciamento do Risco da Fauna (ANAC; UFMG, 2022), a eficiência dos programas de mitigação está diretamente relacionada à qualidade e quantidade das informações reportadas, especialmente nos níveis mais baixos da pirâmide, que muitas vezes são negligenciados. O documento reforça a importância da sistematização de dados e da conscientização dos operadores e tripulantes sobre seu papel na prevenção, destacando que o avistamento de fauna não é um dado irrelevante, mas sim uma ferramenta estratégica de antecipação do risco.



Figura 7: Triângulo de Heinrich.

Fonte: HEINRICH, 1950.

Ciente dessas premissas, a BAPV adotou, a partir de 2022, uma série de medidas para incentivar e facilitar o reporte de eventos com fauna. Dentre elas, destaca-se a integração da Ficha CENIPA 15 (FC15), recentemente substituída pelo Portal Único de Notificação nos aeroportos civis e compartilhados, ao formulário de RELPREV, já utilizado pela Organização Militar. A duplicidade de registros, que antes desestimulava o preenchimento, foi resolvida com a disponibilização de um único formulário eletrônico, no formato *Google Forms*, que contempla os campos da FC15, permitindo que a tripulação realize o reporte completo (Figura 8) (BAPV, 2024).

Para assegurar o georreferenciamento dos relatos, o formulário possui *layouts* mapeados da ASA de SBPV, com gradeamento por radiais e distâncias, a partir do centro da pista. Dessa forma, o tripulante consegue determinar, a partir da visualização do mapa, a radial e distância da posição onde ocorreu o evento, e informar no formulário. Essa medida, disponibiliza ao OSV dados suficientes para posterior plotagem no *Google Earth*, eliminando a necessidade de inserção de coordenadas geográficas, que apesar de mais precisa, seria uma informação impraticável de ser exigida das tripulações em contextos operacionais dinâmicos.

A imagem mostra a interface de um formulário web. À esquerda, o formulário 'Reporte de Fauna - C-98A BAPV' contém campos para: 'Aeródromo', 'Tipo de Evento' (com opções: Avistamento, Quase Colisão, Colisão), 'Matrícula da Aeronave', e 'Data'. À direita, há dois mapas de referência: 'Radiais (°) e Distâncias (NM) de SBPV' e 'Radiais (°) e Distâncias (NM) de SBPV - ASA'. À extrema direita, há campos para: 'Local (1) - Especificar em Radial / Distância (EX: 310/1) ou Coordenada', 'Espécie da Fauna (1) - Deixar em branco caso não seja identificada', 'Quantidade de indivíduos avistados (1)', e 'Quantidade de indivíduos que colidiram (1)'. Cada campo de resposta tem uma linha para 'Sua resposta'.

Figura 8: Google Forms de Reportes de Fauna.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O link dos formulários foram amplamente divulgados, sendo mantidos permanentemente disponíveis nas descrições dos grupos de mensagens instantâneas utilizados pelas tripulações. Também foram disponibilizadas versões impressas, nas salas de *briefing*, proporcionando um ponto de acesso imediato ao final de cada missão. Ademais, há na BAPV a prática de discutir, como primeiro item dos *debriefings*, questões relacionadas à segurança de voo, momento no qual se delibera sobre a necessidade de preenchimento de RELPREV. Como incentivo adicional, a BAPV estabeleceu a atribuição de pontuação extra para RELPREV de fauna, no âmbito do “Prêmio Destaque em Segurança de Voo” (BAPV, 2024).

Após adoção das medidas mencionadas, os resultados colhidos ao longo de 2022 evidenciaram avanços relevantes na cultura de reportes na BAPV: segundo dados do SGSV, foram registrados 71 avistamentos e 53 quase colisões, tendo ocorrido 17 colisões com fauna no período. Considerando esses dados, chega-se à seguinte proporção: 1 colisão para 3,12 quase colisões e para 4,18 avistamentos. Já na relação entre colisões e o somatório dos demais reportes (quase colisões + avistamentos), obtém-se a razão de 1 para 7,29 (Figura 9 e Tabela 2).

Quando esses dados são confrontados com a média nacional, observa-se uma diferença marcante. Segundo dados extraídos do PAINEL DE SAFETY, no ano de 2022, foram registrados em todo o Brasil 6.955 avistamentos, 407 quase colisões e 3.327 colisões com fauna. Isso corresponde a uma proporção de 1 colisão para apenas 0,12 quase colisões e para 2,09 avistamentos. Considerando o total de eventos inferiores (quase colisões e avistamentos somados), a proporção nacional foi de 1 para 2,21 (Figura 9 e Tabela 2).

Reportes de Fauna 2022

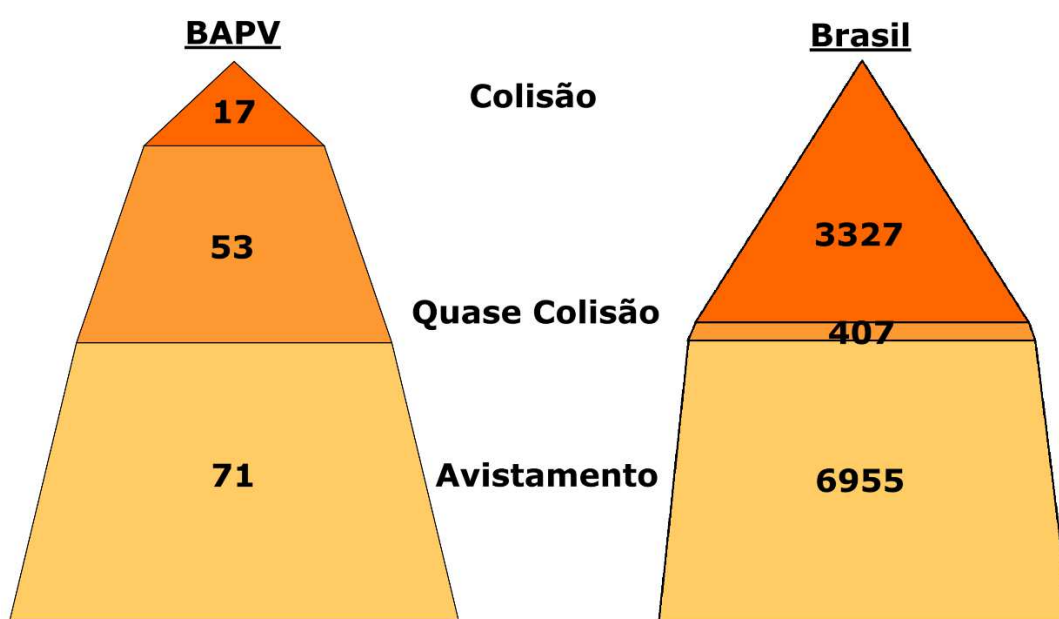


Figura 9: Reportes de Fauna 2022 (BAPV x Média Brasil).

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SGSV, SIGRA e PAINEL DE SAFETY.

Comparação	BAPV	Brasil
Colisão : Quase Colisão : Avistamento	1 : 3,12 : 4,18	1 : 0,12 : 2,09
Colisão : (QC + Avistamento)	1 : 7,29	1 : 2,21

Tabela 2: Proporção de Reportes de Fauna

Fonte: Elaborado pelo autor, com base no SGSV, SIGRA e PAINEL DE SAFETY.

Diante do exposto, **constata-se que a pirâmide de Heinrich construída a partir dos dados da BAPV apresenta uma base significativamente mais robusta que a média nacional, o que reflete maior engajamento das tripulações com o tema e um nível mais elevado de consciência situacional.** Como regra, colisões são quase sempre reportadas, tanto pela sua gravidade quanto por força de exigência normativa. Por outro lado, os relatos de quase colisão e de avistamentos, dependem diretamente do comprometimento dos tripulantes com a segurança operacional e da compreensão sobre o que deve ou não ser reportado. Assim, a subnotificação dos níveis mais baixos da pirâmide tende a sinalizar falhas na percepção do risco ou, ao menos, desinformação sobre os critérios de enquadramento.

Em decorrência do amplo engajamento dos tripulantes da BAPV, foi possível obter o mapeamento de reportes evidenciado a seguir (Figura 10), para o ano de 2022:

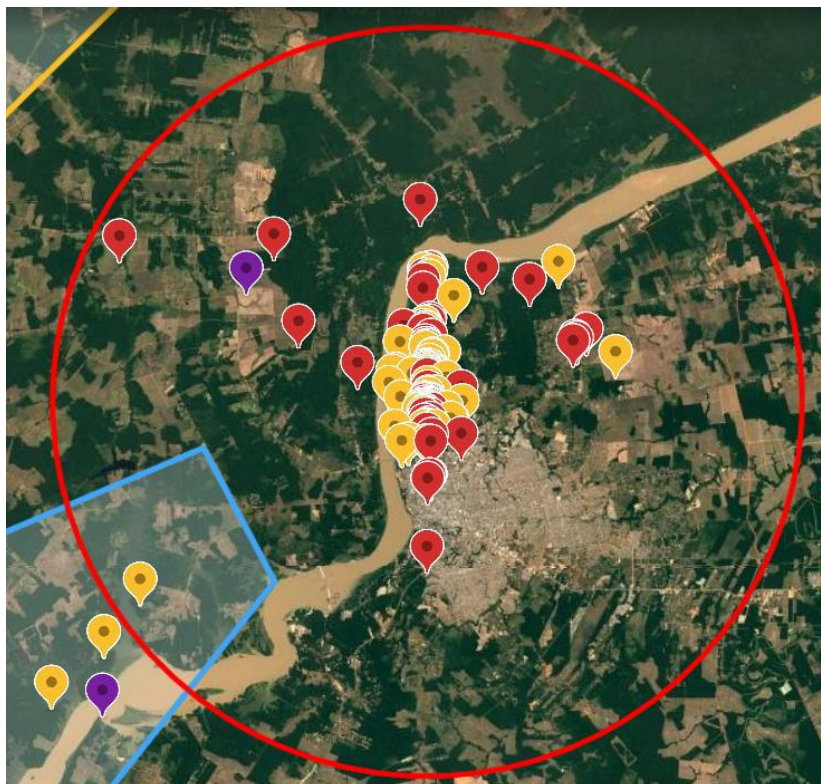


Figura 10: Mapeamento de Reportes de Fauna 2022.

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: Roxo – Colisão / Vermelhos – Quase colisão / Amarelo – Avistamento / Círculo vermelho – ASA de SBPV / Formas geométricas – Áreas de Instrução.

Neste contexto, a discrepância nacional, especialmente a baixa quantidade de relatos de quase colisão em relação às colisões e avistamentos, também pode indicar que os tripulantes nem sempre compreendem com clareza a diferença entre esses eventos, ou não veem valor em reportá-los. Por isso, além da análise tradicional do triângulo — que observa a proporcionalidade entre colisões, quase colisões e avistamentos — também foi considerada a razão entre colisões e o somatório de todos os demais eventos (quase colisões + avistamentos), como uma métrica mais robusta de cultura organizacional. **Mesmo nesse cenário ampliado, a diferença permanece expressiva: 1 para 7,29 na BAPV, contra 1 para 2,21 no cenário nacional.**

3.2.2 GEORREFERENCIAMENTO DOS FOCOS ATRATIVOS

A rota para realização de voo de vistoria de focos atrativos é definida com base em conhecimento prévio de alguns locais de interesse, oriundo de informações obtidas pelas tripulações e pelas vistorias anteriores. Outro fator levado em consideração é o mapeamento de reportes, buscando-se vistoriar áreas com alto índice de relatos, a fim de descobrir novos focos atrativos (Figura 11).

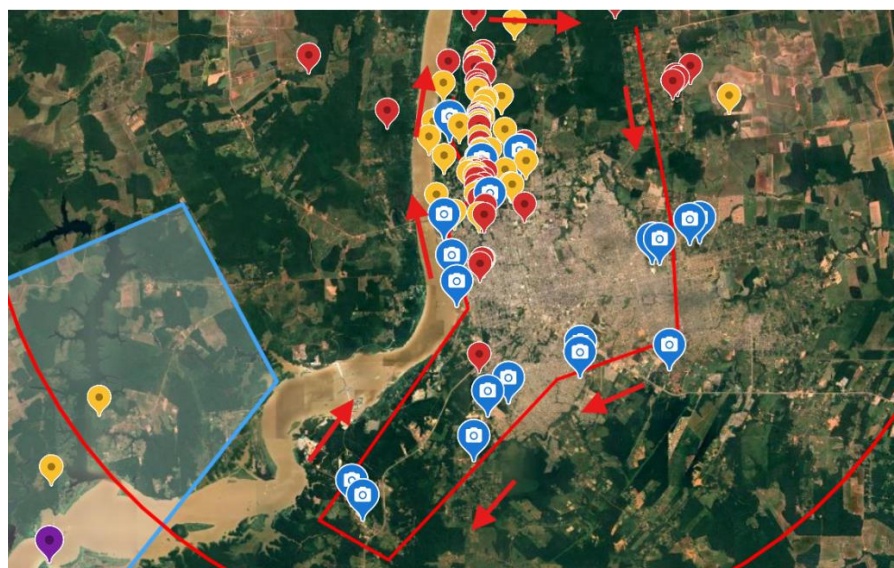


Figura 11: Georreferenciamento dos Focos Atrativos.

Fonte: Elaborado pelo autor. Legenda: Traçado poligonal em vermelho – Rota do Voo / Setas – Sentido do voo / Azul com símbolo de foto – Fotos dos focos atrativos georreferenciadas.

Utiliza-se primordialmente aeronave de asas rotativas de pequeno porte, em razão do custo, e da ausência das limitações presentes em aeronaves maiores, com relação a realização de voo pairado e/ou em baixa velocidade sobre áreas povoadas. Participa do voo, pelo menos, 01 (um) OSV da BAPV, e 01 (um) colaborador da VINCI AIRPORTS (administradora aeroportuária). As tarefas são divididas de forma que 01 (uma) pessoa tire as fotos, e o outro controle as informações de horário, ponto vistoriado e coordenadas geográficas. Apesar de alguns dispositivos registrarem automaticamente as coordenadas das fotos, a experiência mostrou que nem sempre a precisão é adequada, requerendo, portanto, redundância, motivo pelo qual este procedimento é adotado.

3.2.3 AÇÕES MITIGADORAS ADOTADAS (AMBIENTAIS)

O principal desdobramento dessa ferramenta foi a sistematização do repasse do mapeamento à administradora aeroportuária — VINCI AIRPORTS — com o intuito de subsidiar suas ações de enfrentamento aos focos atrativos de fauna na área de segurança aeroportuária. Consequentemente, a ferramenta auxiliou no direcionamento estratégico de ações mitigadoras no tocante à gestão ambiental da ASA de SBPV.

Com a melhor disposição dos dados georreferenciados, tornou-se possível evidenciar de forma mais clara a correlação entre os focos atrativos e os reportes de fauna, facilitando a compreensão, por parte dos atores envolvidos, da dimensão operacional e sistêmica do problema. Essa ponto é relevante, pois de uma forma geral, atores do poder público não possuem formação e/ou experiência no setor aéreo. Dessa forma, essa visibilidade contribuiu diretamente para a sensibilização dos gestores públicos e da própria concessionária quanto à gravidade da situação.

Como fruto dessa maior consciência institucional, destaca-se que, em 2022, a VINCI AIRPORTS optou, por iniciativa própria, pela designação de uma bióloga destinada exclusivamente à condução das atividades voltadas à fauna — ainda que, do ponto de vista legal, essa exigência não recaísse sobre aeródromos do porte de SBPV. Importa salientar que tal avanço ocorreu em um momento de transição administrativa do aeroporto, que no final de 2021 e início de 2022 estava sendo repassado da INFRAERO à VINCI. Neste cenário, o trabalho da bióloga Erunaiá Pereira de Lima foi fundamental para que a nova gestão estabelecesse diretrizes mais robustas e conscientes no tocante ao risco de fauna.

Com relação ao Poder Público municipal, também houve desdobramentos importantes. Após as reuniões realizadas com os órgãos competentes, foram implementadas ações de caráter educativo pela SEMA, visando mitigar 02 (dois) focos atrativos relevantes presentes no eixo da RWY 01: as Avenidas Lauro Sodré e Jorge Teixeira, ambas utilizadas frequentemente como áreas de lazer pela população local.

Para tanto, foi firmada uma parceria entre a SEMA e a Seção de Segurança de Voo (SSV) do 2º/8º GAV, que resultou na confecção de artes visuais para placas educativas. A SEMA, por sua vez, destinou recursos públicos para produção e instalação dessas placas ao longo das avenidas mencionadas, visando conscientizar os frequentadores sobre os riscos decorrentes do descarte inadequado de resíduos. Além disso, foi disponibilizado um canal de denúncia anônima, permitindo que a população pudesse reportar práticas indevidas que contribuíssem para a atração de fauna (Figura 12).

Tais ações foram formalmente comunicadas à BAPV por meio do Ofício nº 106/GAB/SEMA/2021, datado de 1º de fevereiro de 2022, o que denota a evolução do diálogo interinstitucional e a concretização de medidas práticas em prol da segurança operacional.



Figura 12: Instalação de placas educativas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMA).

Fonte: Ofício nº 106/GAB/SEMA/2021, de 01/02/2022.

Outro ponto relevante na atuação do Poder Público Municipal foi certa melhora na gestão de resíduos sólidos por parte da Prefeitura de Porto Velho. Essa evolução ficou evidente em alguns focos atrativos, na comparação entre os registros fotográficos realizados durante o voo de vistoria de focos atrativos em 20 de outubro de 2022 e aqueles obtidos durante a visita técnica do CENIPA, em 3 de novembro de 2021. Constatou-se, nesse intervalo, uma melhora na gestão dos resíduos dispostos a céu aberto, refletindo em menor atratividade à fauna.

Nesta temática, podemos citar como **avanço mais significativo a desativação do lixão da Vila Princesa, ocorrida em novembro de 2023** (G1, 2023) (Figura 13). **O referido lixão representava, indiscutivelmente, o principal foco atrativo de fauna na ASA de Porto Velho.** Durante a visita técnica conduzida pelo CENIPA em 2021, o 1º Ten Biólogo Medolago estimou que havia, naquele local, entre **cinco e sete mil urubus-de-cabeça-preta** (*Coragyps atratus*) **pousados, apenas no momento da vistoria. Diante da magnitude do foco, o diagnóstico técnico foi categórico: ainda que todos os demais focos atrativos fossem eliminados, a presença isolada do lixão da Vila Princesa já seria suficiente para manter o risco de fauna em níveis críticos na ASA de SBPV.**

Nesse sentido, a desativação do lixão e sua substituição por um aterro sanitário representaram um **avanço incontestável na mitigação do risco.** Trata-se de uma ação estrutural, de alto impacto, e que alterou substancialmente o panorama da segurança de voo na região — não apenas pela supressão de um foco massivo, mas também por sinalizar uma mudança de postura institucional frente ao tema.



Figura 13: Substituição de lixão a céu aberto por Aterro Sanitário.

Fonte: Voo de Vistoria de Focos Atrativos, realizada em 03/11/2021, e G1/RO.

Ainda como desdobramento da análise qualitativa dos relatos, observou-se que uma parcela relevantes dos registros ocorridos na RWY estavam relacionados à ave quero-quero (*Vanellus chilensis*). Nesse sentido, foram conduzidos projetos voltados à adequação do manejo das áreas gramadas da RWY e das *taxiways* (TWY), com base na premissa de que a manutenção da vegetação a meia altura dificulta a ocupação por aves: gramas altas favorecem o abrigo e a nidificação; gramas excessivamente baixas favorecem a predação e alimentação no solo. Buscou-se, portanto, um ponto de equilíbrio, pautado em critérios de manejo ambiental e de segurança de voo (BAPV 2023).

Complementarmente, foi estabelecido o uso regular de viatura equipada com sistema de dispersão sonora, operado inicialmente pela equipe de serviço da BAPV, com foco no afastamento de quero-queros e outras aves do entorno da pista. Tal atividade foi padronizada pela NPA ASEGVOO 02 (BAPV, 2024). Em momento posterior, a execução passou a ser realizada pela própria VINCI AIRPORTS, que passou a contar com viatura específica para esse fim.

3.2.4 AÇÕES MITIGADORAS ADOTADAS (OPERACIONAIS)

As ações mitigadoras no escopo operacional adotadas pela BAPV não buscaram, a princípio, compreender profundamente as motivações ecológicas da presença das aves, como no caso das medidas ambientais. **O foco, neste caso, esteve na aceitação da presença da fauna nos locais identificados como críticos e na adoção de *Standard Operating Procedures* (SOP) voltados à mitigação do risco aviário durante a execução das operações.** De uma forma geral, os SOP abaixo listados foram sendo adotados e consolidados gradualmente, entre o final de 2021 e meados de 2022.



Figura 14: Maior densidade de reportes no eixo da RWY 01, foto de ponto de descarte irregular de lixo.

Fonte: Elaborado pelo autor e pelos demais OSV, foto da Vistoria de Focos Atrativos, realizada em 20/10/2022.

Por meio da análise geoespacial dos relatos, foi possível identificar uma **maior concentração de reportes no eixo de aproximação da RWY 01**. Essa constatação faz sentido, levando-se em conta à influência dos focos atrativos presentes no setor sul da ASA, tais como o antigo Lixão da Vila Princesa, as Avenidas Jorge Teixeira e Lauro Sodré, e outros pontos de descarte irregular de resíduos (Figura 14).

Diante do exposto, **foi adotado como procedimento preferencial o uso da RWY 01 para decolagens (DEP) e da RWY19 para pousos (PSO), desde que as condições meteorológicas e operacionais permitam**, priorizando-se assim as trajetórias de menor incidência de fauna (BAPV, 2025).

Outra medida relevante foi a **realocação da posição "PRESÍDIO"**, utilizada como ponto de referência visual e de espera pelas aeronaves da BAPV. A antiga posição apresentava elevada incidência de relatos de quase colisão e avistamentos, conforme verificado nos mapeamento(s) de risco de fauna. Buscando-se mitigar de forma preditiva a possibilidade de colisões, **a posição foi reposicionada aproximadamente 02 (duas) milhas ao norte, em região de menor concentração de fauna** (Figura 15) (BRASIL, 2025).

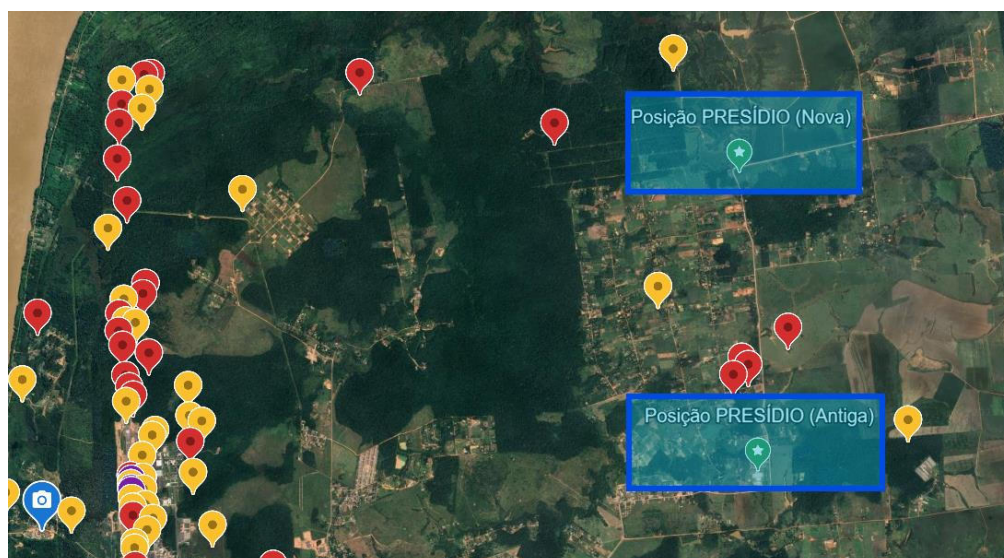


Figura 15: Realocação da Posição PRÉSÍDIO.

Fonte: Elaborado pelo autor e pelos demais OSV da BAPV.

Com o intuito de ampliar a consciência situacional das tripulações nos momentos mais sensíveis do voo, todas as operações com A-29 **no tráfego passaram a ser realizadas exclusivamente em formaturas abertas, com a limitação de 200 KT de velocidade indicada (IAS), viseira do capacete obrigatoriamente abaixada e luminosidade do HUD reduzida.** Tais ajustes operacionais tiveram como finalidade permitir melhor observação visual da fauna ao redor, bem como, minimizar os danos em caso de colisão (BAPV, 2025).

Os SOPs adotados também buscaram evitar faixas de altura com maior incidência de fauna, que observou-se ser do solo (GND) até 1500 ft AGL, o que se corrobora também pelo banco de dados da FAA, que aponta que até 70% das colisões com fauna ocorrem do GND até 500 ft AGL (FAA, 2025). Diante do exposto, **elevou-se a altura mínima para 2000ft AGL, nos pontos de entrada no tráfego visual e para realização de esperas (1000ft de altura acima do previsto anteriormente), bem como, a ser mantida da DEP até o Ponto de Início (PI), e do PI até a entrada no tráfego, em missões de Navegação à Baixa Altura (NBA) para os A-29 (BAPV, 2025).**

Outrossim, também foi estabelecido que, **em operações abaixo de 3000 ft AGL, os A-29 mantenham exclusivamente formaturas abertas,** independentemente da posição, permitindo maior separação entre as aeronaves e aumentando o campo de visão de cada tripulante — o que contribui diretamente para a identificação de riscos e antecipação na realização de evasivas (BAPV, 2025).

Por fim, uma ação mitigadora adotada digna de nota trata-se do próprio **incremento da cultura de reporte e de atenção ao risco aviário,** entre os tripulantes, reflexo das medidas expressas no Item 3.2.2. Outrossim, **o mapa de risco também passou a ser constantemente divulgado nas reuniões periódicas,** elevando o nível de atenção das tripulações para áreas de maior incidência.

Essas medidas demonstram a adoção de uma abordagem integrada, que considera a dinâmica da fauna local, os padrões de tráfego aéreo e as peculiaridades da operação militar, reforçando a importância da flexibilidade doutrinária como ferramenta de mitigação do risco aviário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise dos resultados obtidos com a implementação das ações mitigadoras adotadas, é necessário considerar variáveis operacionais e institucionais que influenciam diretamente os índices de ocorrência com fauna.

No tocante às aeronaves militares da BAPV, a unidade contava com 03 (três) vetores, até agosto de 2022: C-98 Caravan, A-29 Super Tucano e o AH-2 Sabre, quando este último foi desativado. Dentre estes, **o helicóptero AH-2 apresentava um perfil de voo com risco acentuadamente mais elevado,** em razão de suas missões serem executadas quase sempre em formação, e principalmente, em altitudes extremamente baixas, frequentemente abaixo de 200 ft AGL. Tal característica aumenta substancialmente a probabilidade de colisões com fauna, uma vez que essa é a faixa de altitude onde se concentra a maior parte da atividade aviária. Assim, sempre que houver operação do helicóptero AH-2, é esperada uma elevação natural no Índice IC10, sem que, necessariamente, tal fato esteja associado à deterioração do cenário geral de risco.

Quanto às aeronaves civis, deve-se destacar uma **importante transição ocorrida no início de 2022: a administração aeroportuária de SBPV passou da INFRAERO para a concessionária VINCI AIRPORTS.** Essa mudança implicou em **alterações metodológicas** na forma de coleta e lançamento dos dados referentes a colisões com fauna. **Durante a gestão da INFRAERO, aparentemente não havia a sistematização de registros oriundos de "revisões de pista"** — procedimento no qual as equipes do aeródromo detectam carcaças ou evidências de impacto com fauna durante inspeções de rotina e realizam o reporte no SIGRA. **A partir da chegada da VINCI, tal metodologia passou a ser adotada de forma regular.**

O impacto dessa mudança é significativo, pois **eleva substancialmente o número de eventos lançados no SIGRA / PORTAL DE SAFETY** referentes às aeronaves civis, refletindo diretamente no IC10. No entanto, é importante ressaltar que, nesses casos, o reporte é realizado pela equipe de solo, e não pela tripulação da aeronave, o que pode gerar duplicidade de registros, especialmente quando a tripulação também preenche o relatório. Essa duplicidade já foi observada em alguns eventos envolvendo aeronaves militares, ao se cruzar dados do SIGRA / PORTAL DE SAFETY e do SGSV.

Diante do exposto, **optou-se por utilizar o ano de 2021 como base comparativa (benchmark) para avaliação da efetividade das ações implementadas.** Esse ano foi escolhido por duas razões principais: (i) ainda não havia sido implementado o georreferenciamento; e (ii) não houve operações com o AH-2, eliminando a principal variável de alta exposição ao risco dentre os vetores militares. Contudo, **em 2021 ainda se encontrava vigente a gestão da INFRAERO, diante do exposto, serão apresentados 02 (dois) valores de IC10 para as aeronaves civis: 01 (um) considerando todos os reportes, incluindo as revisões de pista (apenas para fins ilustrativos), e outro desconsiderando tais registros, que será utilizado como parâmetro de comparação com os dados de 2021, possibilitando a comparação com os dados e homogeneidade metodológica à série histórica.**

A análise do gráfico da Figura 16 e dos dados da Tabela 3 permite observar, **entre 2021 e 2022, um incremento de 38% no IC10 da aviação militar da BAPV, fato que pode ser atribuído, em grande medida, à reativação do voo com o AH-2.** No que se refere à **aviação civil** (desconsiderando-se as revisões de pista), observa-se uma **redução de 16% no IC10,** o que pode estar relacionado às primeiras iniciativas mitigadoras adotadas a partir de reuniões com o poder público e implementação de ações educativas pela SEMA, contudo, devido à descontinuidade da tendência nos anos posteriores, não se pode aferir certeza nessa correlação.

Tipo de Tráfego	Índice de colisões com fauna reportadas por 10.000 movimentos (IC10)															
	2021				2022				2023				2024			
	Colisões	Movimentos	IC10		Colisões	Movimentos	IC10	DIF IC10 21	Colisões	Movimentos	IC10	DIF IC10 21	Colisões	Movimentos	IC10	DIF IC10 21
Aeronaves Militares da BAPV	15	3660	40,9836	17	3001	56,6478	38%		7	2452	28,5481	-30%	2	5223	3,8292	-91%
Aeronaves Cíveis	16	11750	13,617	17	12293	13,829	2%		27	9232	29,2461	115%	20	6250	32	131%
Aeronaves Cíveis (Sem Revisão de Pista)	16	11750	13,617	14	12293	11,3886	-16%		19	9232	20,5806	51%	11	6250	17,6	29%

Tabela 3: Variação da IC10 de SBPV entre 2021 e 2024.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados dos SIGRA, SGSV, PAINEL DE SAFETY, Anuários de Risco de Fauna (2021, 2022 e 2023) e Relatórios de Movimentos do DTCEA-PV (2024).

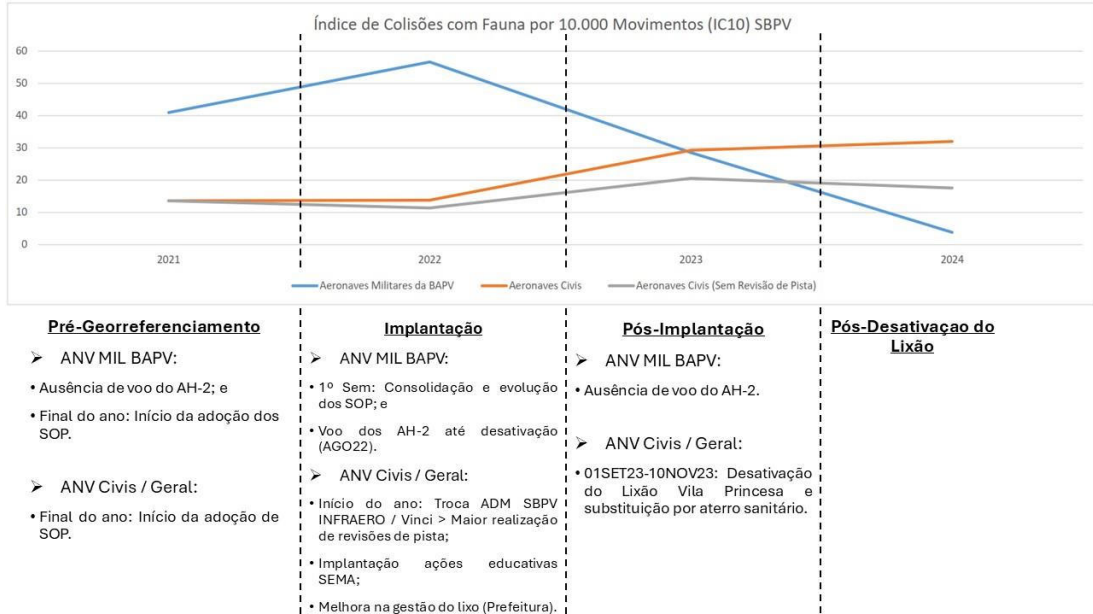


Figura 16: Gráfico da variação da IC10 de SBPV entre 2021 e 2024.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados dos SIGRA, SGSV, PAINEL DE SAFETY, Anuários de Risco de Fauna (2021, 2022 e 2023) e Relatórios de Movimentos do DTCEA-PV (2024).

Cumprе ressaltar que, **em 2022, observou-se um aumento de 20,89% na quantidade absoluta de colisões com fauna no Brasil**, conforme dados do PAINEL DE SAFETY (Figura 17). Entretanto, cabe a ressalva de que esse dado não é um índice proporcional ao número de movimentos, logo, ele poderia estar vinculado ao processo de retomada da atividade aérea no contexto pós-pandemia.

Contudo, considerando que a quantidade de colisões em 2021 já se assemelhava aos dados de 2019, e que no próprio caso de SBPV, há pouca variação entre a quantidade de movimentos desses anos, essa hipótese se torna menos provável. Diante do exposto, esse crescimento provavelmente é reflexo de outras variáveis sistêmicas ou ambientais, não necessariamente relacionadas ao volume de tráfego aéreo.

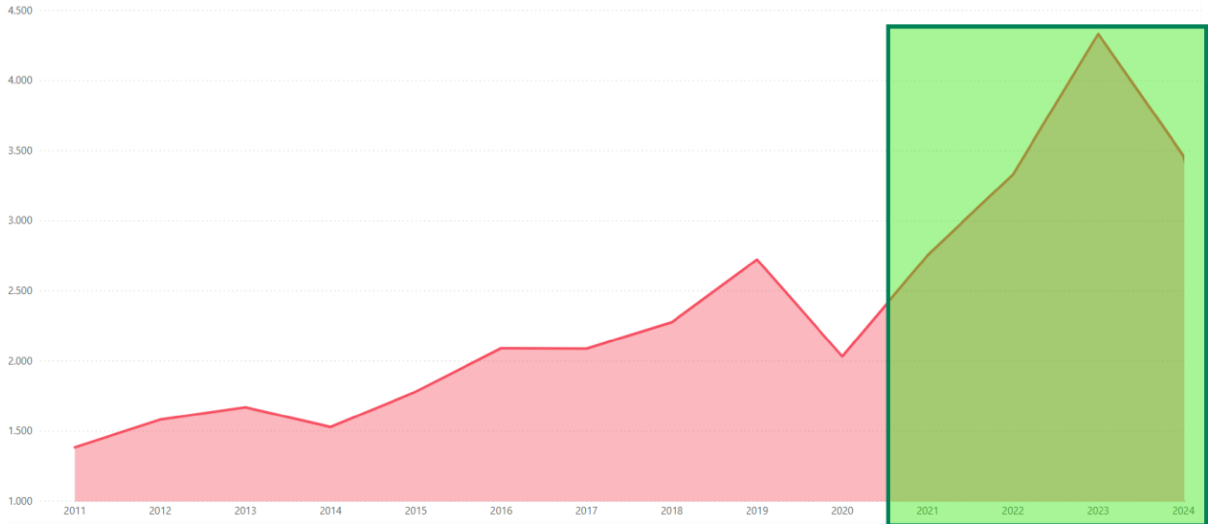


Figura 17: Reportes de Colisão em todo o Brasil.

Fonte: PAINEL DE SAFETY, disponível em <http://www.gov.br/anac/safety>.

É digno de nota que, a partir de 2023, constata-se uma mudança clara na tendência do IC10. A aviação militar da BAPV apresenta uma redução de 49,60% no IC10 em relação ao ano anterior, e de 30,34% em relação ao *benchmark* de 2021 — mesmo sem operações com o AH-2 em ambos os períodos. Isso sugere que os reflexos das ações mitigadoras operacionais começaram, de fato, a se concretizar, especialmente com a consolidação dos SOPs, que ainda estavam em fase de implementação no ano anterior, de uma maior conscientização das tripulações, além da maturidade alcançada na aplicação do georreferenciamento.

Por outro lado, no mesmo período, observa-se uma tendência oposta na aviação civil. Entre 2022 e 2023, houve um incremento de 80,72% no IC10 das aeronaves civis (desconsideradas as revisões de pista), o que representou um aumento de 51,14%, quando comparado ao *benchmark* de 2021. Trata-se de um acréscimo substancial, que segue no mesmo sentido da tendência nacional de elevação das colisões com fauna, tendo em vista que, conforme ilustrado na Figura 17, nesse mesmo intervalo houve um aumento de 30,14% no número absoluto de colisões reportadas no Brasil.

Essa divergência nas curvas de tendência do IC10 em SBPV, entre os segmentos militar e civil, evidencia que as ações mitigadoras de caráter operacional, adotadas na BAPV, apresentaram um grau de efetividade significativamente superior àquelas de cunho ambiental. Embora medidas de conscientização, bem como uma atuação conjunta com o poder público, já tenham sido iniciadas desde o final de 2021, os dados sugerem que, até 2023, ainda não era possível aferir reflexos concretos dessas ações sobre o cenário ambiental da ASA de SBPV como um todo.

Já em 2024, verifica-se uma queda ainda mais acentuada: o IC10 da aviação militar da BAPV atingiu o menor valor da série histórica (3,83), representando uma redução de 90,66% em relação a 2021. Essa redução se mostra extremamente expressiva, e dá continuidade à tendência de queda já observada entre 2022 e 2023, sendo, em grande parte, reflexo da consolidação das ações mitigadoras operacionais implementadas nos anos anteriores.

Outrossim, tal resultado parece também estar diretamente relacionado à desativação definitiva do Lixão da Vila Princesa — considerado o principal foco atrativo de fauna da ASA de SBPV — convertido em aterro sanitário em novembro de 2023. Como a desativação ocorreu apenas no final de 2023, não foi possível aferir seus reflexos nos dados consolidados daquele ano; no entanto, os impactos da medida tornaram-se evidentes já em 2024.

Essa tese ganha respaldo ao observar o IC10 das aeronaves civis, tendo em vista que, após uma persistente tendência de alta, este índice caiu de 20,58, em 2023, para 17,6 em 2024 — uma redução de 14,48%. Embora essa queda também possa estar parcialmente associada ao encerramento das atividades do lixão, é importante destacar que essa tendência se encontra em consonância com o comportamento nacional do número absoluto de colisões com fauna, que apresentaram um pico em 2023 seguido de uma queda em 2024, conforme demonstrado na Figura 17.

Diante do exposto, podemos concluir que, ainda que seja possível auferir a melhora no índice IC10 de 2024 para 2023, decorrentes de ações mitigadores de cunho ambiental, os dados apontam para uma eficácia muito maior para as de cunho operacional. Aprofundando-se a análise dos resultados, dos índices estatísticos para a análise da evolução do mapa de risco no período avaliado, podemos observar evidências que corroboram ainda mais essa tese.

Conforme descrito no Item 3.2.4, antes da adoção e consolidação dos SOPs, inicialmente observou-se um maior volume de reportes no eixo de aproximação da RWY 01, bem como, um volume alto de quase colisões próximo à posição presidio, conforme Figura 18. Outrossim, observou-se também uma maior incidência de relatos abaixo de 1500 ft AGL. Essas constatações, levaram à adoção dos seguintes SOP:

- Estabelecida como RWY preferenciais a 01 para DEP e a 19 para PSO;
- Mudança da localização da posição PRESIDIO, para cerca de 2NM ao Norte; e
- Procedimentos de alteração no perfil vertical das missões, evitando-se sempre que possível voar abaixo de 2000 ft AGL.



Figura 18: Mapeamento de Reportes, filtrado para 2022.

Fonte: Elaborado pelo autor e pelos demais OSV da BAPV.

Conforme veremos adiante no Item 4.2, umas das limitações de metodologia adotada é a ilustração com base no número absoluto de reportes, consequentemente, áreas com maior volume de tráfego tendem a ter mais reportes. Caso esse viés fosse o motivo da maior concentração de relatos no eixo de aproximação da RWY 01, as consequências esperadas após adoção do SOP (a) seriam o deslocamento dos reportes para o eixo da RWY 19, e a manutenção do IC10 das aeronaves militares da BAPV.

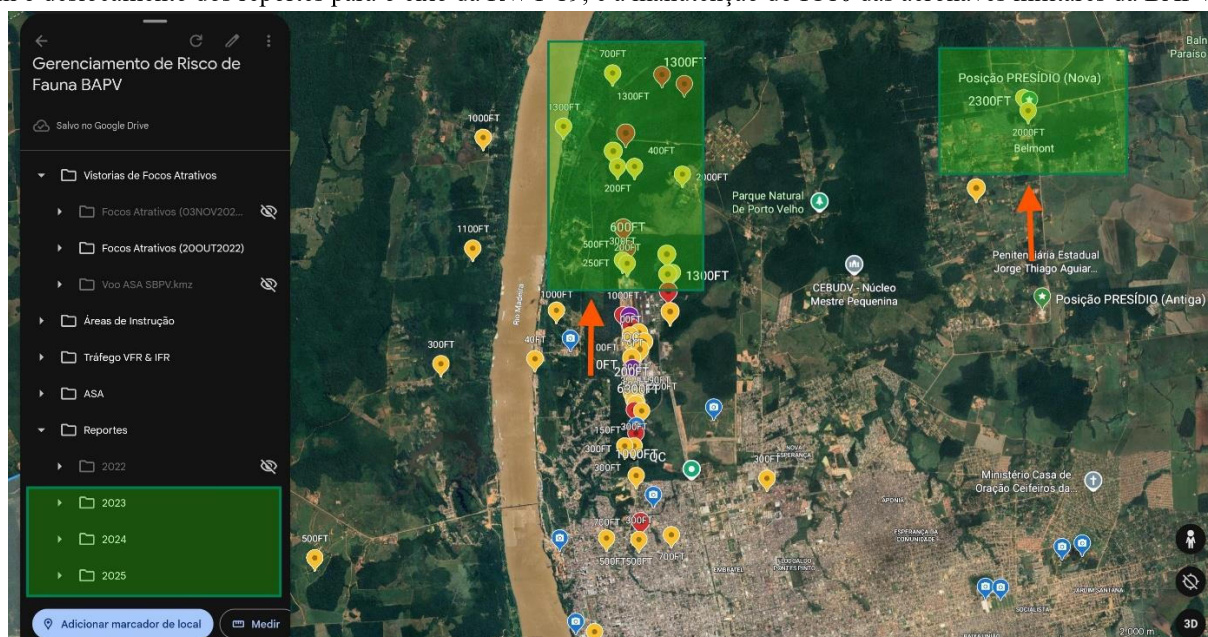


Figura 19: Mapeamento de Reportes, filtrado para 2023-2025.

Fonte: Elaborado pelo autor e pelos demais OSV da BAPV.

Entretanto, ao analisarmos o mapeamento de risco, com o filtro de reportes entre 2023 e 2025 selecionado, observa-se um comportamento diferente: **apesar de o eixo da RWY 19 ter passado a concentrar maior volume de tráfego aéreo, ainda assim, observou-se uma manutenção de maior volume de reportes no eixo da RWY 01 (Figura 19).**

Com relação ao SOP (b), caso o viés mencionado tivesse levado a uma identificação equivocada do risco, a reação esperada seria o simples deslocamento dos reportes para a nova posição PRESÍDIO. Entretanto, isso não ocorreu, **não sendo relatados eventos, entre 2023 e 2025, de nenhuma quase colisão no novo local, sendo possível constatar, inclusive, um número absoluto de reportes gerais inferior ao de 2022 (Figura 19).**

Essas constatações, somadas a análise do perfil vertical dos relatos (Figura 19), com baixa incidência de reportes no perfil vertical indicado pelos SOP (c), e claro, associadas também à substancial redução de 90,66% do IC10 das aeronaves da BAPV, nos dá segurança para afirmar, de forma cristalina, que as áreas e perfis de risco foram corretamente identificados pelos OSV, e os SOPs adotados atingiram o resultado esperado.

4.1 BENEFÍCIOS IDENTIFICADOS

A adoção do georreferenciamento no gerenciamento do risco de fauna na BAPV trouxe avanços substanciais, permitindo resultados mais precisos e a tomada de decisões mais embasadas. A seguir, são listados e discutidos os principais benefícios identificados ao longo da implementação da ferramenta.

4.1.1 APRESENTAÇÃO EFICIENTE E INTELIGÍVEL DOS DADOS

O formato georreferenciado — especialmente por meio de mapas interativos — **demonstrou-se o mais eficaz para a exposição de dados** relativos ao risco de fauna, uma vez que **permite ao observador correlacionar espacialmente focos atrativos e a frequência de eventos reportados**. Tal visualização facilita não apenas o entendimento por parte de técnicos e gestores, mas também a **comunicação com atores externos, como concessionárias, órgãos ambientais e representantes do Poder Público**.

4.1.2 POSSIBILIDADE DE ADOÇÃO DE AÇÕES MITIGADORAS OPERACIONAIS

Outro ponto de destaque foi a **viabilização de ações mitigadoras no campo operacional, as quais se mostraram extremamente mais efetivas que as ambientais, conforme detalhado no Item 4**. A partir da análise espacial dos dados, foi possível, por exemplo, estabelecer SOPs que alteraram trajetórias e perfis de altura, mitigando significativamente o risco de colisões. **Como resultado direto, houve uma redução de 90,66% no IC10 da aviação militar da BAPV entre 2021 e 2024, a despeito do perfil de voo militar possuir maior exposição ao risco, em comparação com aeronaves civis, que passaram a apresentar IC10 mais de 04 (quatro) vezes superior.**

4.1.3 DIRECIONAMENTO ESTRATÉGICO DE AÇÕES AMBIENTAIS

A identificação de áreas com alta concentração de eventos também permitiu o **redirecionamento das ações mitigadoras ambientais para os pontos mais críticos da ASA**. Esse fato foi importante para o trabalho conjunto com a VINCI AIRPORTS e com órgãos públicos, como a SEMA e a SEMUSB, para atuação sobre focos atrativos recorrentes como o Lixão da Vila Princesa e as Avenidas Lauro Sodré e Jorge Teixeira.

4.1.4 FORTALECIMENTO DA VINCULAÇÃO JURÍDICA DO PODER PÚBLICO

Ao atribuir materialidade espacial aos relatos de fauna, os mapas gerados proporcionaram uma ferramenta mais eficaz de sensibilização e responsabilização dos entes públicos. A Lei nº 12.725/2012 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos impõem obrigações específicas aos municípios no tocante à gestão de resíduos, e os dados georreferenciados contribuíram para a fundamentação de cobranças institucionais perante órgãos como o Ministério Público e Secretarias Municipais, tornando mais robustas eventuais medidas de responsabilização ou recomendações administrativas.

4.1.5 ACOMPANHAMENTO DA EFETIVIDADE DAS AÇÕES ADOTADAS

A ferramenta também demonstrou potencial como **instrumento de auditoria e acompanhamento da efetividade das políticas implementadas**. Utilizando-se recursos do Google Earth, como a organização de pontos por pastas e anos, **torna-se possível realizar comparações interanuais das regiões afetadas, tanto por meio dos relatos de fauna quanto das imagens georreferenciadas de vistorias**, conforme pudemos ver no final do Item 4. Assim, os gestores de segurança operacional podem monitorar a evolução do risco de forma mais clara e objetiva, complementando os indicadores numéricos como o IC10.

4.2 DESAFIOS E LIMITAÇÕES

Embora a adoção do georreferenciamento como ferramenta de apoio ao gerenciamento do risco de fauna tenha se mostrado altamente vantajosa e tenha proporcionado ganhos expressivos em termos de precisão e efetividade nas ações adotadas, é importante destacar que a metodologia também apresenta pontos passíveis de aperfeiçoamento. Parte dessas limitações exigiria, inclusive, uma abordagem mais ampla e sistêmica, extrapolando o escopo do operador e demandando articulação com órgãos centrais como a ANAC, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e o CENIPA.

4.2.1 AUSÊNCIA DE INTEGRAÇÃO AUTOMÁTICA COM O PORTAL ÚNICO DE NOTIFICAÇÃO

A principal limitação identificada refere-se à ausência de integração do georreferenciamento com os sistemas oficiais de reporte de ocorrências aeronáuticas no Brasil — o Portal Único de Notificação e a FC15. **Apesar desses sistemas permitirem o registro de localização do evento, essa informação é armazenada de forma textual**, não gerando automaticamente uma visualização georreferenciada. Como consequência, **os dados precisam ser tratados manualmente pelos OSV, o que gera retrabalho e consome recursos humanos significativos**. Esse desafio foi parcialmente mitigado na BAPV por meio da criação de um formulário de RELPREV com interface geográfica (conforme detalhado no Item 3.2.1), mas ainda assim representa uma deficiência estrutural da sistemática nacional.

4.2.2 COMPLEXIDADE DO FORMULÁRIO E DESESTÍMULO AO PREENCHIMENTO

Outra limitação é a **complexidade dos formulários**, exigidos pelo Portal Único de Notificação e pela FC15. Ainda que a centralização dos cadastros por parte dos OSV — como implementado na BAPV — represente uma solução paliativa, não é possível desconsiderar os dados exigidos pelo sistema, o que **impõe uma carga elevada ao preenchimento, desestimulando as tripulações**. Alguns campos obrigatórios aparentemente carecem de efetiva aplicabilidade operacional, tornando o processo excessivamente burocrático e contraproducente.

4.2.3 APRESENTAÇÃO COM BASE NO NÚMERO ABSOLUTO DE REPORTES

A ferramenta atualmente disponível possui viabilidade de ser utilizada apenas com base no número absoluto de relatos, desconsiderando a quantidade de movimentos realizados em cada região. Tal fato gera uma **distorção, pois áreas com maior tráfego tendem naturalmente a apresentar mais reportes**, como perfis de tráfegos visuais e aproximações e saídas por instrumentos, o que pode induzir a interpretações equivocadas sobre o risco real de determinadas áreas.

Esses vieses podem ser parcialmente mitigados com o uso avançado da ferramenta de georreferenciamento, que permite o cadastro e sobreposição do perfil dos procedimentos às áreas reportadas, além de ser possível cruzar com as estatísticas de uso desses procedimentos — disponíveis pelo DECEA. Entretanto, esse nível de detalhamento dispenderia uma carga de trabalho elevada, outrossim, **uma abordagem mais precisa exigiria a utilização de dados de movimento por cabeceira e por tipo de procedimento, além da aplicação de métricas como o IC10 sobre o mapeamento espacial, algo que só seria viável mediante integração institucional com o DECEA.**

4.2.4 POLUIÇÃO VISUAL DOS MAPAS COM EXCESSO DE DADOS

Com o acúmulo de relatos ao longo do tempo, os mapas tornam-se visualmente carregados, dificultando a análise e interpretação. Embora a utilização de filtros e do *zoom* progressivo do *Google Earth* atenuem parcialmente esse problema, o formato ideal de apresentação dos dados seria por meio de mapas de calor. Essa abordagem permitiria a gradação por cores levando em conta a frequência dos relatos, a gravidade (colisão, quase colisão ou avistamento) e, idealmente, a quantidade de movimentos por área. Ainda não existe uma metodologia consolidada para esse tipo de apresentação no gerenciamento do risco de fauna.

4.3 CONCLUSÃO – POSSIBILIDADE DE EXPANSÃO DO ESCOPO PARA ABRANGÊNCIA NACIONAL

A experiência acumulada na BAPV revelou um **potencial considerável no uso do georreferenciamento como ferramenta para o Gerenciamento de Fauna**. Diante dos resultados obtidos, é pertinente refletir sobre a viabilidade de ampliação dessa prática para todo o território nacional. Essa expansão de escopo, longe de demandar transformações estruturais complexas, poderia ser viabilizada por meio de adaptações simples no Portal Único de Notificação e na FC15— sistemas atualmente utilizados em âmbito nacional para o reporte de ocorrências aeronáuticas.

O primeiro ponto a ser considerado diz respeito às **limitações da sistemática atualmente disponibilizada pelo PAINEL DE SAFETY**, mantido pela ANAC, (Figura 18) e pelo SIGRA, mantido pelo CENIPA. Ainda que a ferramenta possibilite a aplicação de filtros por data, tipo de evento e aeródromo, **a forma como os dados são apresentados carece de aplicabilidade prática.**

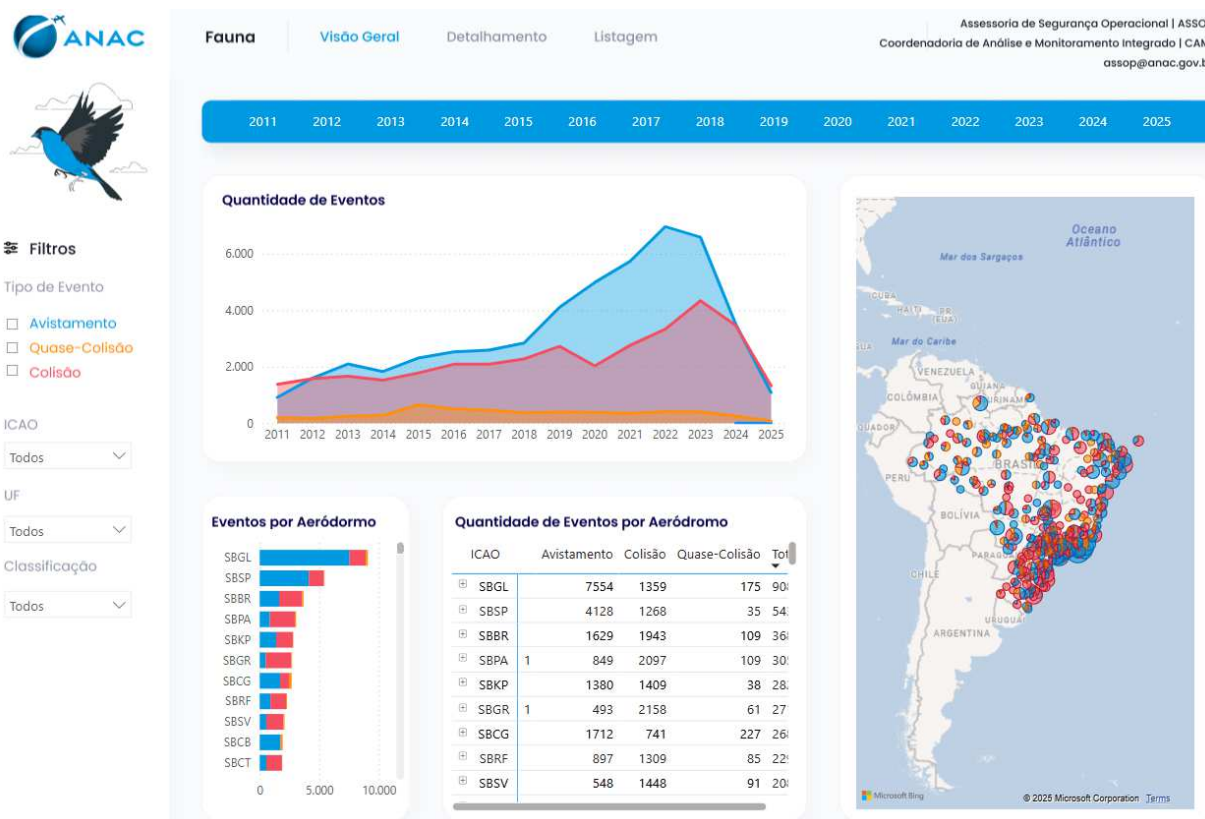


Figura 18: Painel de Safety da ANAC.

Fonte: PAINEL DE SAFETY, disponível em <http://www.gov.br/anac/safety>.

O mapa disponibilizado pela plataforma, por exemplo, apresenta apenas círculos concêntricos ao redor dos aeródromos, com raio proporcional à quantidade absoluta de relatos. Essa lógica apresenta uma limitação significativa: os aeródromos com maior volume de tráfego naturalmente apresentarão círculos maiores, ainda que apresentem índices de risco relativamente baixos. Em contrapartida, aeródromos menos movimentados, mas com maior criticidade no que tange à fauna, permanecem sub-representados.

O ponto central para a expansão da metodologia reside na **introdução de uma interface cartográfica interativa no próprio Portal Único de Notificação e na FC15**. O ideal seria que o usuário, ao realizar o reporte de fauna, tivesse à sua disposição um mapa interativo, em que pudesse selecionar diretamente o ponto exato do evento. A partir dessa ação, seria automaticamente gerado o metadado georreferenciado, que passaria a compor a base de dados do sistema.

Essa base de dados estruturada permitiria a consolidação do produto da metodologia: **um mapa dinâmico, com gradação de cores em formato de mapa de calor, similar aos utilizados em previsões meteorológicas (Figura 19)**. Essa visualização

gráfica seria construída com base em múltiplos fatores: (i) a quantidade de relatos por área; (ii) a ponderação por tipo de evento — atribuindo pesos diferenciados para colisões, quase colisões e avistamentos; e (iii) a quantidade de movimentos aéreos naquela localidade e frequência de utilização dos perfis de tráfego e RWY, informação já disponível nas bases do DECEA.

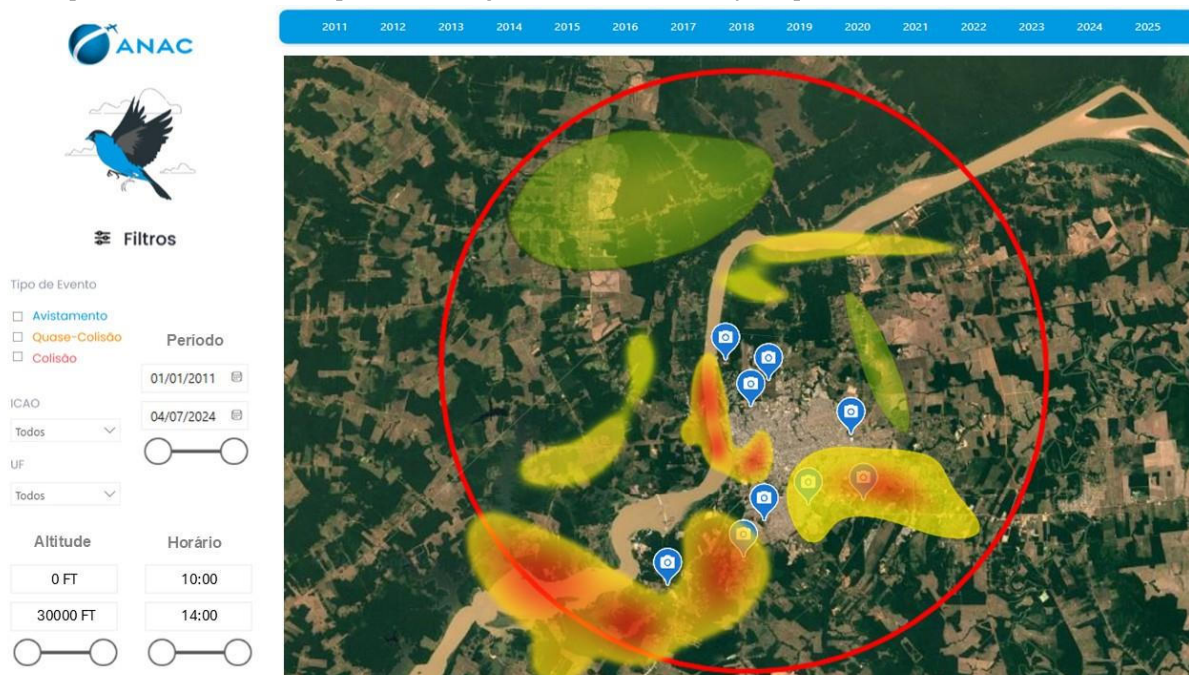


Figura 19: Exemplo de Modelo Proposto - Mapa de Risco de Fauna, com Filtros Inteligentes.

Fonte: Conceito elaborado pelo autor (apenas ilustrativo, não leva em conta dados).

O cruzamento desses dados, por meio de algoritmos apropriados, permitiria gerar uma representação visual robusta e de fácil interpretação, que destacaria, por cores, as áreas com maior risco efetivo de colisão com fauna.

Outro ponto importante seria o estabelecimento de uma sistemática de vistoria regular dos focos atrativos, com a disponibilização de uma funcionalidade no sistema para que os administradores aeroportuários realizem o *upload* de fotos desses focos diretamente na plataforma. Esses registros visuais ficariam então acessíveis de forma pública, conforme ilustra a Figura 19, promovendo transparência e subsidiando a atuação de entes públicos responsáveis pelo ordenamento territorial e pela fiscalização ambiental no entorno da ASA.

Adicionalmente, destaca-se que a realização dessas vistorias poderia ser otimizada por meio do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), popularmente conhecidas como drones, como alternativa aos métodos convencionais baseados em sobrevoo com helicópteros ou viaturas. O emprego de ARPs apresenta vantagens significativas, especialmente em termos de custo-benefício e flexibilidade operacional. Conforme demonstrado por Júnior, Silva e Medolago (2023), as ARPs mostraram-se eficazes na detecção de espécies-problema em aeródromos, sendo particularmente eficientes na identificação de animais de médio e grande porte, que representam maior severidade em caso de colisões. Essa abordagem possibilitaria que a própria administradora aeroportuária realize os levantamentos de forma autônoma, sem depender de articulações interagências mais complexas, o que representaria um avanço substancial em termos de capilaridade e agilidade na gestão do risco de fauna (JÚNIOR; SILVA; MEDOLAGO, 2023).

Importa salientar que, com exceção da base de dados de movimentos (a ser fornecida pelo DECEA), todos os demais elementos necessários para a construção desse produto já estão presentes — ou são facilmente incorporáveis — no próprio Portal Único de Notificação e na FC15, demandando apenas adaptações técnicas pontuais e articulação interinstitucional para sua implementação.

Outro avanço relevante seria a disponibilização de filtros dinâmicos com aplicabilidade direta no espectro operacional. Para além dos filtros já existentes, como data e tipo de evento, poderiam ser incorporadas funcionalidades como seleção por faixa de horário e por altitude. Dessa forma, os operadores de aeronaves poderiam consultar, por exemplo, os períodos do dia com menor incidência de fauna em determinada cabeceira ou setor de aproximação, ajustando seus procedimentos operacionais de acordo com o risco mapeado, conforme modelo proposto na Figura 19.

Adicionalmente, o uso de inteligência artificial (IA) e algoritmos de *machine learning* poderia permitir a extrapolação de dados em áreas com baixa densidade de relatos, antecipando padrões, e fornecendo alertas preventivos de que aquele mapa foi gerado por IA. A flexibilidade da ferramenta também possibilitaria o uso de filtros personalizados por tipo de aeronave, perfil de missão, ou até mesmo sazonalidade de espécies, ampliando ainda mais sua aplicação.

A disponibilização pública dessa plataforma, respeitando-se os princípios de anonimização e confidencialidade dos dados sensíveis, contribuiria decisivamente para a adoção de boas práticas por parte dos operadores e para o

fortalecimento do princípio da *accountability* dos entes públicos, sobretudo no que tange à fiscalização de atividades atrativas à fauna, à gestão de resíduos e ao ordenamento do uso do solo no entorno aeroportuário.

Dessa forma, podemos concluir que a replicação da metodologia adotada na BAPV em âmbito nacional, embora demande articulações institucionais, apresenta-se como uma medida de alta viabilidade técnica e baixo custo relativo, com potencial de transformar profundamente o gerenciamento do risco de fauna na aviação brasileira.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se, de maneira especial, ao Major Aviador Silva e ao Tenente Biólogo Medolago, cuja metodologia de gerenciamento de fauna serviu de base para a adotada na BAPV. Estende-se, ainda, o reconhecimento a todos os profissionais que atuaram, direta ou indiretamente, na implementação das medidas aqui descritas, em especial aos Oficiais de Segurança de Voo da BAPV e aos colaboradores da VINCI AIRPORTS, cujo empenho coletivo foi essencial para os resultados alcançados.

REFERÊNCIAS

- ABEAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS AÉREAS. *Preço das passagens aéreas tem queda de 3,9% em 2023, segundo a ANAC*. São Paulo, 27 fev. 2024. Disponível em: <https://www.abear.com.br/imprensa/agencia-abear/noticias/preco-das-passagens-aereas-tem-queda-de-39-em-2023-segundo-a-anac/>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC); UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). *Manual de boas práticas no gerenciamento de risco da fauna*. Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária – SIA, Brasília, abr. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Painel de Safety. Brasília: ANAC, 2025. Disponível em: <http://www.gov.br/anac/safety>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). Responsabilidades e competências dos municípios e órgãos ambientais. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aeroportos-e-aerodromos/seguranca-operacional/responsabilidades-e-competencias-dos-municipios-e-orgaos-ambientais>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- ALLAN, John R. The costs of bird strikes and bird strike prevention. In: CLARK, L. (ed.). *Human Conflicts with Wildlife: Economic Considerations*. Fort Collins: USDA National Wildlife Research Center, 2002.
- ANDERSON, A. M. et al. *Modeling the cost of bird strikes to US civil aircraft*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 38, p. 49–58, 2015. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/icwdm_usdanwrc/1682. Acesso em: 13 abr. 2025.
- AVIATION AND RAILWAY ACCIDENT INVESTIGATION BOARD (ARAIB). *HL8088 Preliminary Report – Accident Investigation: Jeju Air Flight 7C2216*. Republic of Korea, 27 jan. 2025. Disponível em: <https://araib.molit.go.kr/LCMS/DWN.jsp?fold=airboard0201&fileName=HL8088+Preliminary+Report%281%29.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BEZERRA, G. Justiça pune responsáveis por lixões junto do Aeroporto de Belém. Agência Brasil, Brasília, 29 jan. 2015. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2015-01/justica-pune-responsaveis-por-lixoes-junto-do-aeroporto-de>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BRASIL. *Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986*. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 22 dez. 1986. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7565.htm. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BRASIL. *Lei nº 12.725, de 16 de outubro de 2012*. Dispõe sobre medidas de proteção à aviação civil contra o risco de colisões com fauna. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 17 out. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12725.htm. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Base Aérea de Porto Velho (BAPV). *Dispersão de fauna com equipamento sonoro: NPA ASEGVOO 02*. Porto Velho, 2024. Documento interno.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Base Aérea de Porto Velho (BAPV). *Plano de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos BAPV 2023–2024*. Porto Velho, 2023. Documento interno.

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Base Aérea de Porto Velho (BAPV). *Plano de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos BAPV 2025–2026*. Porto Velho, 2025. Documento interno.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Base Aérea de Porto Velho (BAPV). *Plano de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos 2º/8º GAV 2024–2025*. Porto Velho, 2024. Documento interno.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Base Aérea de Porto Velho (BAPV). *Prêmios Destaque Segurança de Voo da BAPV: NPA ASEGVOO 03*. Porto Velho, 2024. Documento interno.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). *Manual de Gerenciamento de Risco de Fauna: MCA 3-8*. Brasília: CENIPA, 2017. Aprovado pela Portaria CENIPA nº 111/DOP-AGRF, de 04 dez. 2017.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Sistema de Gerenciamento do Risco Aviário (SIGRA). Brasília: CENIPA, 2025. Disponível em: https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/sigra/pesquisa_dadosExt. Acesso em: 16 abr. 2025.
- BUREAU OF AIRCRAFT ACCIDENTS ARCHIVES (B3A). *Casualties Graph*. 2025. Disponível em: <https://www.baaa-acro.com>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 4, de 18 de setembro de 1985. Dispõe sobre a localização de aeródromos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 23 set. 1985. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=100730>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- ECO DEBATE. Ex-prefeito de Belém (PA) é condenado por não remover lixões da área de aeroportos. 26 jan. 2015. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2015/01/26/ex-prefeito-de-belem-pa-e-condenado-por-nao-remover-lixoes-da-area-de-aeroportos/>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Federal Aviation Administration (FAA). *Wildlife Strike Database*. Washington, D.C.: FAA, 2025. Disponível em: <https://wildlife.faa.gov/home>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). *Wildlife Hazard Mitigation: Frequently Asked Questions*. 2024. Disponível em: https://www.faa.gov/airports/airport_safety/wildlife/faq. Acesso em: 13 abr. 2025.
- G1 RONDÔNIA. *Lixão da Vila Princesa é fechado e resíduos passam a ser destinados a aterro sanitário em Porto Velho*. Publicado em 11 nov. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2023/11/11/lixao-da-vila-princesa-e-fechado-e-residuos-passam-a-ser-destinados-a-aterro-sanitario-em-porto-velho.ghtml>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- HEINRICH, Herbert William. *Industrial accident prevention: a scientific approach*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1950.
- HONORATO, Marcelo. *A colisão da aeronave da U S Airways com pássaros e a responsabilidade civil: uma realidade brasileira*. Revista Conexão SIPAER, Brasília, v. 1, n. 3, p. 163–172, jul. 2010. ISSN 2176-7777. Disponível em: <https://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- JÚNIOR, Sérgio Branquinho; SILVA, Fernando Lopes da; MEDOLAGO, Cesar Augusto Bronzatto. *Viabilidade do uso de uma aeronave remotamente pilotada (ARP) em vistorias de pista, com foco no gerenciamento do risco de fauna*. Revista Conexão SIPAER, Brasília, v. 13, n. 2, p. 70–86, 2023. Disponível em: <https://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/3909>. Acesso em: 17 abr. 2025.
- JUSBASIL. STJ – REsp 401.397/SP. Colisão com urubus não afasta responsabilidade da companhia aérea. 2002. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/stj/401397>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- MARTINS, Carlos. *Dois aviões da LATAM são atingidos por pássaros em Guarulhos em menos de uma hora*. Aeroin, São Paulo, 5 abr. 2025. Disponível em: <https://aeroin.net/dois-avioes-da-latam-sao-atingidos-por-passaros-em-guarulhos-em-menos-de-uma-hora/>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- O LIBERAL. Ex-prefeito de Belém Zenaldo Coutinho é condenado por não eliminar lixo no entorno do aeroporto. 29 abr. 2022. Disponível em: <https://www.oliberal.com/politica/ex-prefeito-de-belem-zenaldo-coutinho-e-condenado-por-nao-eliminar-lixo-no-entorno-do-aeroporto-1.529133>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- POZZETTI, Valmir César; FONTES, Juliana de Carvalho; CROMWELL, Adriana Carla Souza. *O risco da fauna amazônica brasileira e a responsabilidade civil por acidentes aéreos*. Revista Eletrônica de Direito do Centro Universitário Newton Paiva, Belo Horizonte, n. 41, p. 51–74, maio/ago. 2020. ISSN 1678-8729. Disponível em: <https://revistas.newtonpaiva.br/redcunp>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- SANTOS, Airtton Ribeiro dos. *Política pública de resíduos sólidos urbanos em Porto Velho-RO como ferramenta de prevenção de ocorrências aeronáuticas*. Porto Velho, RO: [s.n.], jan. 2024. Artigo científico.

A SAÚDE MENTAL NA AVIAÇÃO: LIÇÕES DA PANDEMIA E DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS PARA A SEGURANÇA OPERACIONAL (2020–2025)

Arenda Freitas de Oliveira¹

1 Diretora de Contas para Companhia Aéreas na Sabre Corporation, Especialista em Segurança de Voo pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA); Graduada em Turismo pela Universidade Federal do Paraná (UFPR); Profissional Certificada em Gerenciamento Avançado de Projetos pela Universidade de Stanford/EUA; Palestrante do Programa de Estudos Sociais da Mulher na Universidade de Oxford/UK - Sommerville College.

RESUMO: As autoridades de aviação civil e as companhias aéreas, no período imediatamente posterior à pandemia de Covid-19, concentraram esforços na retomada das operações, muitas vezes deixando em segundo plano a saúde mental e o bem-estar de pilotos e outros profissionais da aviação. Essa negligência trouxe riscos potenciais à segurança operacional, uma vez que sintomas de ansiedade, estresse, depressão, fadiga, transtornos psicóticos e outras fragilidades emocionais se intensificaram nos últimos cinco anos entre trabalhadores do setor. O presente artigo busca analisar os efeitos psicológicos e sociais da pandemia sobre trabalhadores da aviação, inicialmente no período de 2020–2021, quando as operações foram retomadas após meses de paralisação, e posteriormente entre 2022–2025, quando novos desafios estruturais surgiram. A análise contempla não apenas pilotos, mas também comissários, mecânicos, controladores de tráfego aéreo e demais profissionais do transporte aéreo. São discutidas as consequências do isolamento, da perda de renda e da insegurança no emprego durante a pandemia, bem como os impactos atuais da retomada do tráfego aéreo em ritmo acelerado, com equipes reduzidas, maior rotatividade e pressão sobre escalas e treinamentos. Também são explorados aspectos como cultura de reporte, estigma em relação a transtornos psicológicos, fadiga, sobrecarga tecnológica e necessidade de políticas preventivas. Por fim, o trabalho identifica lições aprendidas e propõe recomendações para o cenário brasileiro e internacional, ressaltando a saúde mental não apenas como questão de bem-estar individual, mas como pilar central de segurança operacional na aviação contemporânea.

Palavras Chave: 1. Saúde Mental. 2. Bem-Estar. 3. Aviação. 4. Fatores Humanos. 5. Cultura de Reporte. 6. Pandemia de Covid-19. 7. Segurança Operacional. 8. Fadiga. 9. Proficiência. 10. Regulamentação. 11. Brasil.

MENTAL HEALTH IN AVIATION: LESSONS FROM THE PANDEMIC AND CONTEMPORARY CHALLENGES FOR OPERATIONAL SAFETY (2020–2025)

ABSTRACT: Civil aviation authorities and airlines, in the immediate aftermath of the Covid-19 pandemic, focused efforts on resuming operations, often leaving the mental health and well-being of pilots and other aviation professionals in the background. This negligence has brought potential risks to operational safety, since symptoms of anxiety, stress, depression, fatigue, psychotic disorders and other emotional fragilities have intensified in the last five years among workers in the sector. This article seeks to analyze the psychological and social effects of the pandemic on aviation workers, initially in the period 2020–2021, when operations resumed after months of shutdown, and later between 2022–2025, when new structural challenges emerged. The analysis includes not only pilots, but also flight attendants, mechanics, air traffic controllers and other air transport professionals. The consequences of isolation, loss of income, and job insecurity during the pandemic are discussed, as well as the current impacts of the accelerated resumption of air traffic, with reduced teams, higher turnover, and pressure on rosters and training. Aspects such as reporting culture, stigma in relation to psychological disorders, fatigue, technological overload and the need for preventive policies are also explored. Finally, the work identifies lessons learned and proposes recommendations for the Brazilian and international scenario, emphasizing mental health not only as a matter of individual well-being, but as a central pillar of operational safety in contemporary aviation.

Key words: 1. Mental health. 2. Welfare. 3. Aviation. 4. Human Factors. 5. Reporting Culture. 6. Covid-19 pandemic. 7. Operational Safety. 8. Fatigue. 9. Proficiency. 10. Regulation. 11. Brazil.

Citação: Oliveira, AFO. (2025) A saúde mental na aviação: lições da pandemia e desafios contemporâneos para a segurança operacional (2020–2025). *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, N° 1, pp. 35-41.

1 INTRODUÇÃO

A pandemia de Covid-19 representou uma crise sem precedentes para o setor aéreo. De um lado, houve uma drástica redução de voos, cortes de pessoal e longos períodos de inatividade para pilotos e demais trabalhadores. De outro, a retomada das operações exigiu uma resposta rápida, nem sempre acompanhada de medidas proporcionais de cuidado com o fator humano.

Estudos internacionais de 2020–2021 já apontavam que muitos profissionais da aviação relataram ansiedade, estresse e depressão, mas sentiam-se desencorajados a buscar ajuda, seja pelo estigma cultural, seja pelo receio de perder a licença de voo. A reinserção no ambiente operacional após meses de isolamento e afastamento das aeronaves ocorreu em um cenário de instabilidade financeira e social.

Entretanto, o período pós-pandemia não encerrou os desafios da saúde mental na aviação. Pelo contrário: entre 2022 e 2025 novos fatores estruturais se somaram ao quadro inicial. A recuperação do tráfego aéreo foi rápida e intensa: em 2023, a Europa já havia alcançado 95% dos níveis de demanda de 2019, transportando cerca de 2,3 bilhões de passageiros (EASA, 2024). Essa retomada ocorreu em um contexto de equipes enxutas e alta rotatividade, pressionando escalas e treinamentos. A Boeing (2023) projeta a necessidade de 2,4 milhões de novos profissionais da aviação nas próximas duas décadas, enquanto a CAE (2023) estima 1,46 milhão de novos profissionais até 2034. Essa escassez estrutural de mão de obra gera sobrecarga, fadiga e risco de perda de proficiência.

No campo regulatório, também houve avanços. A Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA) consolidou em 2023–2024 o programa ME-SAFE, que reforça a obrigatoriedade de Programas de Apoio por Pares (PSP). Nos Estados Unidos, a Federal Aviation Administration (FAA) publicou em 2024 o relatório do Mental Health Aviation Rulemaking Committee (ARC). No plano global, a ICAO divulgou em 2023–2024 novos guias para promoção do bem-estar psicológico de trabalhadores da aviação, incentivando sua integração aos Sistemas de Gerenciamento da Segurança Operacional.

Apesar dessas iniciativas, o estigma persiste. Casos de pilotos que ocultaram tratamentos de saúde mental por receio de perder a licença de voo continuaram a ganhar repercussão na imprensa em 2023 e 2024. Esse dilema expõe a tensão entre a proteção à carreira e a necessidade de transparência em prol da segurança pública.

Assim, este artigo tem como propósito identificar de que forma a saúde mental dos trabalhadores da aviação foi afetada desde a pandemia de Covid-19, quais medidas foram adotadas por autoridades e operadores, e quais lacunas ainda permanecem para garantir a segurança operacional em 2025 e nos próximos anos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar de que forma a saúde mental dos trabalhadores da aviação foi afetada pela pandemia de Covid-19 e quais medidas vêm sendo adotadas por autoridades e operadores para garantir a segurança operacional no desempenho de atividades críticas, desde a retomada das operações em 2020–2021 até os desafios contemporâneos de 2025.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I. Investigar as recomendações de segurança emitidas pelas autoridades de aviação civil durante o período de lockdown e avaliar sua efetividade.

II. Analisar os esforços realizados por operadores brasileiros para mitigar os efeitos psicológicos da pandemia sobre suas tripulações.

III. Identificar os principais impactos mentais relacionados à pandemia manifestados por trabalhadores da aviação no retorno às atividades após o isolamento.

IV. Posicionar o cenário brasileiro em comparação com práticas e recomendações adotadas no transporte aéreo global durante o mesmo período.

V. Atualizar a análise considerando os anos de 2022 a 2025, incorporando os efeitos estruturais da retomada do tráfego, a pressão por mão de obra, os avanços regulatórios e as oportunidades de evolução normativa no Brasil.

2.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO

2.3.1 IMPACTOS IMEDIATOS DA PANDEMIA (2020–2021)

Durante o período de lockdown da Covid-19, grande parte dos trabalhadores da aviação foi afastada, sofreu cortes salariais ou perdeu o emprego. Esse cenário afetou profundamente a saúde psicológica, o senso de propósito e a segurança financeira dos profissionais do setor. Aqueles que permaneceram em atividade tiveram que lidar com ambientes de trabalho alterados, novas pressões e estressores adicionais (CAHILL et al., 2021).

Sintomas como ansiedade, estresse, fadiga, síndrome do pânico, depressão, alcoolismo, isolamento social, luto, falta de confiança e ideação suicida foram relatados de maneira recorrente (CARR et al., 2021; VUORIO; BOR, 2020).

O declínio de proficiência técnica foi identificado como um fator crítico: após meses de inatividade, pilotos relataram insegurança no cockpit, maior número de erros em aproximações e manobras básicas, aumento de aproximações instáveis e falhas de coordenação com o controle de tráfego aéreo (WHITLEY; KOTOKY, 2021; MARTÍN, 2021).

2.3.2 DEPRESSÃO E SUICÍDIO NA AVIAÇÃO

Pesquisas mostraram que a pandemia poderia ter impactos de longo prazo sobre índices de depressão e risco de suicídio. No estudo da Trinity College Dublin (2021), 63% dos trabalhadores da aviação relataram piora da saúde mental desde o início da crise.

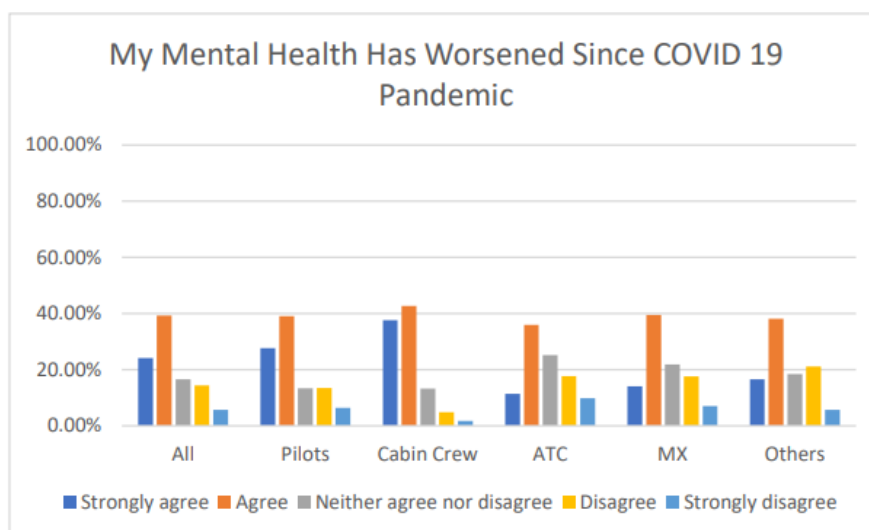


Figura 1 – Níveis de sintomas depressivos reportados por grupos de trabalhadores da aviação. Cabin crew aparecem como o grupo mais impactado (Trinity College Dublin, 2021).

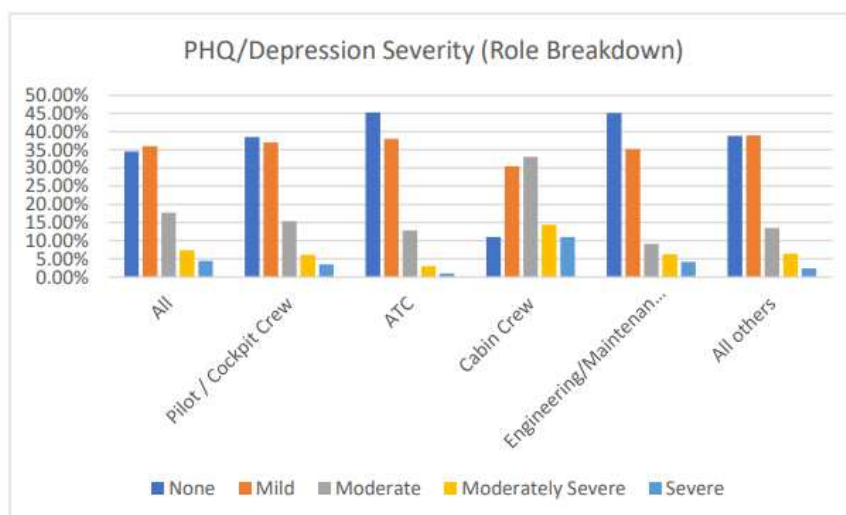


Figura 2 – Níveis de severidade de depressão reportados por grupos de trabalhadores da aviação. Controladores de Tráfego Aéreo, Engenheiros e Manutenção aparecem como os mais impactados (Trinity College Dublin, 2021).

A literatura também destacou riscos associados ao suicídio de pilotos em contextos de crise, comparando com o cenário pós-11 de setembro de 2001, quando o risco de suicídio por aeronave aumentou quatro vezes (VUORIO; BOR, 2020).

2.3.3 EMPREGO E SEGURANÇA NO TRABALHO

Segundo a pesquisa global Covid Survey (CIHS – Trinity College Dublin, 2021):

- 50,95% dos trabalhadores perderam seus empregos;
- 41,41% relataram que a perda foi permanente;
- 95% dos empregados que permaneceram ativos estavam com salário reduzido;
- 93% trabalhavam com carga horária reduzida;
- 68% estavam preocupados em não conseguir cumprir obrigações financeiras.

2.3.4 DESEMPENHO E SEGURANÇA OPERACIONAL

Autoridades como a FAA flexibilizaram temporariamente os requisitos de treinamento de pousos e decolagens, ampliando prazos de recertificação em 2020, para evitar aglomeração em simuladores. Contudo, essa medida trouxe riscos de skill fade: a deterioração das habilidades técnicas após meses sem prática.

A IATA reportou aumento significativo de aproximações instáveis em 2020, chegando a 35 por 1.000 voos, contra cerca de 13 a 14 antes da pandemia (IATA, 2020). Embora esses números tenham retornado a níveis normais em 2021, o episódio evidenciou como longos períodos sem prática impactam a performance.

2.3.5 ESTRATÉGIAS DE COPING E CULTURA DE REPORTE

Um dos maiores desafios identificados foi a baixa disposição dos trabalhadores em relatar dificuldades psicológicas. No estudo da Trinity College Dublin (2021), 73% afirmaram que não reportariam espontaneamente questões de saúde mental a seus empregadores, temendo estigmatização ou perda da licença.

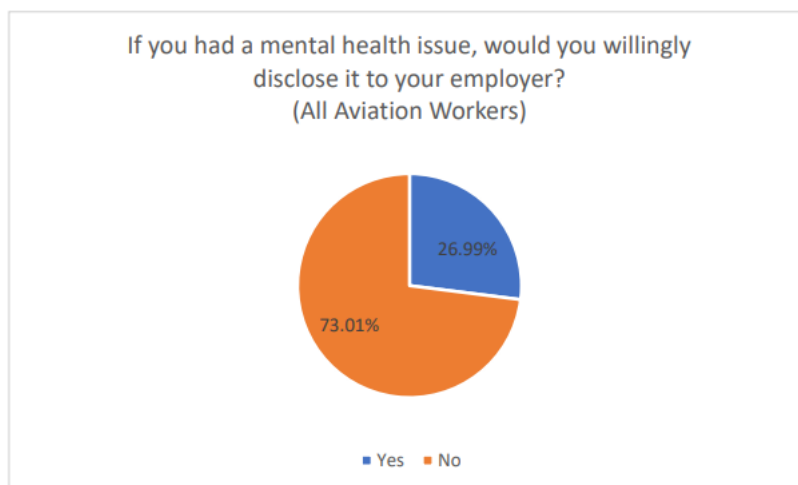


Figura 3 – Percentual de trabalhadores da aviação que se recusariam a revelar problemas psicológicos a seus empregadores (Trinity College Dublin, 2021).

Além disso, programas de suporte corporativo se mostraram subutilizados: apenas 24% das empresas ofereciam algum tipo de apoio estruturado, e entre os trabalhadores elegíveis, mais de 75% não utilizaram o serviço.

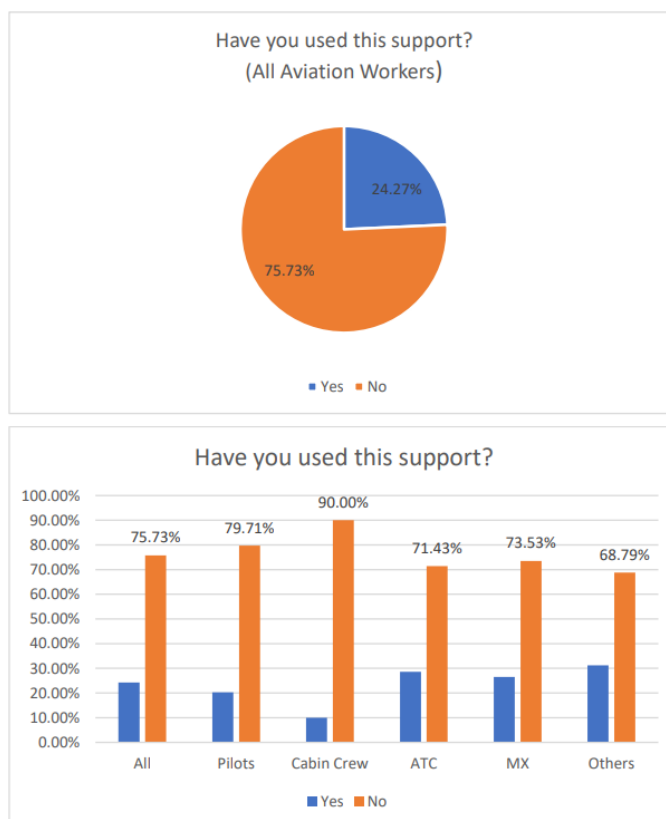


Figura 4 – Utilização de programas de suporte corporativo por pilotos, comissários e equipes de manutenção. Os índices não ultrapassaram 26% (Trinity College Dublin, 2021).

2.3.6 ABUSO DE SUBSTÂNCIAS

A irregularidade de escalas, a solidão e o estresse contribuíram para aumento do risco de uso de álcool entre pilotos e tripulantes (MELO, 2015). Em alguns países, como a Índia, a suspensão temporária dos testes de bafômetro (BA test) durante a pandemia gerou controvérsias e riscos adicionais (ALL INDIA PRESS, 2020).

2.3.6.1 Antidoping na Aviação

Além dos fatores já mencionados, existe um paradoxo significativo no sistema antidoping na aviação: enquanto pilotos frequentemente necessitam de tratamento para transtornos como depressão, o uso de determinados medicamentos antidepressivos — mesmo efetivos e bem tolerados — pode impedir ou dificultar a obtenção do certificado médico necessário para voar.

Por exemplo, o piloto Michael Solondz teve seu retorno vetado por usar mirtazapina (Remeron), apesar de ser a única medicação sem efeitos colaterais para ele. O Tribunal de Apelações dos EUA considerou arbitrária a negativa da FAA, por não justificar adequadamente por que um remédio eficaz não poderia ser avaliado no âmbito de um processo de special issuance, semelhante aos medicamentos já aceitos, como SSRIs e Wellbutrin.

Recentemente, a FAA expandiu sua lista de antidepressivos aprovados para incluir SNRIs como duloxetina, venlafaxina e desvenlafaxina em 2024, além do NDRI bupropiona (Wellbutrin) já incorporado em 2023, reduzindo barreiras para quem busca tratamento e certificação médica.

Esse paradoxo cria tensão entre a urgência de tratar transtornos mentais como depressão — fundamental à segurança — e as regras rígidas que regulam o licenciamento médico, perpetuando uma cultura em que muitos profissionais evitam buscar ajuda pelo medo de perder o direito de voar.

2.3.7 WORKLOAD, AUTOMAÇÃO E CICLO CIRCADIANO

Estudos mostraram que a pandemia alterou significativamente o workload dos trabalhadores da aviação: períodos de baixa atividade foram seguidos por sobrecarga intensa durante a retomada. Isso elevou o risco de fadiga crônica e erros associados a sobrecarga cognitiva (POWEL et al., 2020; SCARPARI et al., 2021).

O uso crescente de automação de cockpit (glass cockpit) trouxe benefícios na redução de erros, mas também riscos de perda de consciência situacional e excesso de dependência tecnológica (OLIVER et al., 2017).

A fadiga foi agravada por alterações no ciclo circadiano (WOCL – Window of Circadian Low), já que muitas escalas sofreram variações intensas durante a retomada de operações (POWEL et al., 2020).

A contribuição nacional conduzida por Paulo Rogério Licati e colaboradores, no âmbito da Comissão Nacional de Fadiga Humana (CNFH). Em pesquisa publicada na Revista Conexão SIPAER (2015), os autores analisaram a aplicação do modelo biomatemático SAFTE-FAST, correlacionando os prognósticos de fadiga obtidos pelo software com os relatos subjetivos de pilotos da aviação civil brasileira. Os resultados evidenciaram uma consistência significativa entre a previsão matemática e a experiência operacional reportada, reforçando a importância de integrar sistemas de gestão de risco de fadiga (FRMS – Fatigue Risk Management Systems) às práticas de segurança operacional. Tal evidência alinha o Brasil às recomendações internacionais da ICAO e amplia o entendimento sobre a fadiga como fator de risco mensurável e passível de mitigação sistemática.

Ruy Flemming, piloto e especialista brasileiro em fatores humanos, enfatiza que a fadiga e a jornada aeronáutica são fenômenos sistêmicos e não apenas individuais. Em uma entrevista ao Canal Asas, ele destaca que “por muito tempo se confundiu estresse com fadiga, mas fadiga é esgotamento físico real que exige ser medido e gerenciado como parte da segurança operacional”. Essa perspectiva ressalta a importância de distinguir essas condições e adotar políticas adequadas de mitigação, como limites de jornada, descanso regulamentado e monitoramento.

2.3.8 CULTURA DE BEM-ESTAR E INICIATIVAS INSTITUCIONAIS

Organizações como a European Aviation Wellbeing Committee (EAWC, 2021) surgiram para promover soluções práticas e sustentáveis de bem-estar na aviação, atuando em coordenação com União Europeia e Nações Unidas. Essas iniciativas mostram que a pandemia serviu de catalisador para a criação de estruturas institucionais voltadas à saúde mental no setor aéreo.

2.3.9 ATUALIZAÇÃO 2022–2025: NOVOS DESAFIOS

Escassez de mão de obra: Boeing (2023) e CAE (2023) projetam falta estrutural de profissionais, pressionando escalas e acelerando promoções.

Fadiga e over-rostering: relatórios recentes da EASA (2024) confirmam fadiga como risco prioritário no EPAS 2024–2028.

Avanços regulatórios: ME-SAFE (EASA), ARC Mental Health Report (FAA, 2024) e guias da ICAO (2023–2024) consolidam saúde mental como requisito de segurança.

Brasil: revisão do RBAC 67 (ANAC, 2025) e relatórios do CENIPA (2024) abrem oportunidade para alinhamento com padrões internacionais.

3 CONCLUSÃO

O período da pandemia de Covid-19 expôs de forma inédita a vulnerabilidade da aviação diante dos impactos emocionais e sociais sofridos por seus trabalhadores. Entre 2020 e 2021, a inatividade prolongada, o isolamento social e a insegurança no emprego geraram níveis elevados de estresse, depressão, fadiga e perda de proficiência.

Contudo, a evolução entre 2022 e 2025 mostrou que a crise não se limitou ao contexto pandêmico. A retomada acelerada do tráfego aéreo, a escassez estrutural de profissionais, a alta rotatividade e a intensificação das escalas revelaram novos riscos: fadiga crônica, sobrecarga de trabalho, dificuldade em manter níveis adequados de treinamento e persistência do estigma.

As autoridades internacionais avançaram na incorporação da saúde mental como componente central da segurança operacional. A EASA consolidou a obrigatoriedade dos Programas de Apoio por Pares; a FAA publicou em 2024 o relatório do Mental Health ARC; e a ICAO incluiu diretrizes específicas para bem-estar psicológico.

No Brasil, a revisão do RBAC 67 pela ANAC e os estudos recentes do CENIPA representam uma oportunidade estratégica para alinhar o país às melhores práticas internacionais. Assim, a saúde mental deve ser tratada não apenas como questão de bem-estar individual, mas como pilar estruturante da segurança operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAA (UK). Mental Health Guidance Material (GM). Civil Aviation Authority, 2024. Disponível em: <<https://www.caa.co.uk/aeromedical-examiners/medical-standards/pilots/medical-conditions/mental-health/mental-health-guidance-material-gm/>>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- CAHILL, J.; CULLEN, P.; ANWER, S.; GAYNOR, K.; WILSON, S. The Impact of the COVID 19 on Aviation Workers and the Aviation System. International Symposium on Aviation Psychology - Wright State University, 2021.
- CAHILL, J.; CULLEN, P.; ANWER, S.; GAYNOR, K.; WILSON, S. The Requirements for New Tools for Use by Pilots and the Aviation Industry to Manage Risks Pertaining to Work-Related Stress (WRS) and Wellbeing, and the Ensuing Impact on Performance and Safety. Technologies, 2020.
- CARR M.; Steeg S.; Webb R., Kapur N., Chew-Graham C., Abel K., et al. Effects of the COVID-19 pandemic on primary care-recorded mental illness and self-harm episodes in the UK: a population-based cohort study. Lancet Public Health, 2021.
- CARROLL, R. Warning over pilots' mental health as planes return to skies. The Guardian, 2021.
- COBB, A. J.; BLINDERMAN, E. FAA removes more aeromedical barriers for mental health concerns. AOPA, 1 jun. 2023. Disponível em: <<https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2023/june/01/faa-removes-more-aeromedical-barriers-for-mental-health-concerns>>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- COVID Survey White Paper. Centre for Innovative Human System (CIHS), Trinity College Dublin, 2021.
- EASA. Easy Access Rules for Medical Requirements (Part-MED). European Union Aviation Safety Agency, 2020. Seção MED.B.055 (Mental health). Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Easy_Access_Rules_for_Medical_Requirements-Jun20.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- FAA. Guide for Aviation Medical Examiners – Item 47. Psychiatric Conditions – Use of Antidepressant Medications. Federal Aviation Administration, 24 abr. 2024. Disponível em: <https://www.faa.gov/ame_guide/app_process/exam_tech/item47/amd/antidepressants>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- FAA. Guide for Aviation Medical Examiners — Item 47: Psychiatric Conditions. Federal Aviation Administration, 2024. Disponível em: <https://www.faa.gov/ame_guide/app_process/exam_tech/item47/amd>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- FAA. Guide for Aviation Medical Examiners — Psychosis (Item 47). Federal Aviation Administration, 2011–2024 (atualizações). Disponível em: <https://www.faa.gov/ame_guide/app_process/exam_tech/item47/amd/table/psychosis>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- FLEMMING, Ruy. A fadiga e a jornada aeronáutica. Aero Magazine, entrevista disponível em vídeo no Canal Asas. Editor: UOL, 13 fev. 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gifpvm2VxZk>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- ICAO. Annex 1 — Personnel Licensing, 14th ed., July 2022. International Civil Aviation Organization. Disponível em: <https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/saglik_birimi/ICAO_Annex_1_12th.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- IOSA Guidance for Safety Monitoring under COVID-19. IATA, 2020.
- LICATI, Paulo Rogério; RODRIGUES, Túlio Eduardo; WEY, Daniela; FISCHER, Frida Marina; MENNA-BARRETO, Luiz. Correlação dos prognósticos do programa FAST com relatos de fadiga de pilotos da aviação civil brasileira. Revista Conexão SIPAER, São José dos Campos, v. 06, n. 01, 2015. Disponível em: <http://conexaosipaer.cenipa.gov.br>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- MOORE, J. Court rules FAA antidepressant denial 'arbitrary'. AOPA, 3 jul. 2025. Disponível em: <<https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2025/july/03/court-rules-faa-antidepressant-denial-arbitrary>>. Acesso em: 09 jul. 2025.
- MARTÍN, H. Airline pilots making in-flight errors say they're 'rusty' because of pandemic. Bloomberg, 2021.
- MELO, A. A Saúde Mental do Piloto de Avião: a Compreensão dos Aspectos Psicológicos e sua Relação com a Segurança de Voo. Faculdade de tecnologia e Ciências (FTC) - Ciências Aeronáuticas, 2015.
- NILES, R. Court Orders FAA To Explain Mental Health Drug Denial. AVweb, 7 jul. 2025. Disponível em: <<https://avweb.com/aviation-news/court-orders-faa-to-explain-mental-health-drug-denial/>>. Acesso em: 09 jul. 2025.

-
- OLIVER, N., CALVARD, T., POTOČNIK, K. The Tragic Crash of Flight AF447 Shows the Unlikely but Catastrophic Consequences of Automation Harvard Business Review, 2017
- OLAGANATHAN, R., AMIHAN, R. Impact of COVID -19 on Pilot Proficiency – A Risk Analysis. Embry-Riddle Aeronautical University for Global Journal of Engineering and Technology Advances, 2021.
- POWEL, R., JOHNSON, B. et al. The Fatigue of Aviation Personnel in the Context of COVID-19. EASA, 2020.
- SCARPARI, J.R.S., RIBEIRO, M.W., DEOLINDO, C.S., DE ANDRADE, D. et al. Quantitative assessment of pilot-endured workloads during helicopter flying emergencies: an analysis of physiological parameters during an autorotation. Nature, 2021.
- The European Aviation Wellbeing Committee. EAWC, 2021.
- TRUST OF INDIA. Pre-Flight Alcohol Test for Pilots, Cabin Crew to Be Resumed: Aviation Watchdog. All India Press, 2020.
- VUORIO A., BOR R. Black swan pandemic and the risk of pilot suicide. Frontiers in Public Health. Aerospace Health and Safety, 2020.
- WHITLEY, A., KOTOKY, A. Out-of-Practice Airline Pilots Are Making Errors Back in the Air. Bloomberg, 2021.

A IMPORTÂNCIA DOS ANEXOS DA CONVENÇÃO DE CHICAGO PARA A AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL: UMA ANÁLISE DOS ANEXOS 17 E 19

Marcello Guedes Virissimo¹

1 marcello.guedes@anac.gov.br

RESUMO: Os Anexos 17 e 19 da Convenção de Chicago desempenham papel crucial na segurança da aviação civil internacional, abordando os aspectos de *security* e *safety*, respectivamente. Este artigo analisa a importância desses anexos no contexto da aviação internacional, destacando suas contribuições para a harmonização de normas e práticas globais. Discute-se as sinergias e desafios existentes entre *safety* e *security*, apresentando exemplos práticos e estudos de caso. Ademais, exploram-se as dificuldades e soluções para a implementação eficaz dessas medidas, incluindo referências à legislação nacional e internacional pertinente.

Palavras Chave: 1. Anexos da Convenção de Chicago. 2. Safety. 3. Security. 4. Aviação Civil. 5. Segurança Operacional.

THE IMPORTANCE OF THE CHICAGO CONVENTION ANNEXES FOR INTERNATIONAL CIVIL AVIATION: AN ANALYSIS OF ANNEXES 17 AND 19

ABSTRACT: Annexes 17 and 19 of the Chicago Convention play a crucial role in international civil aviation safety, addressing aspects of security and safety, respectively. This article analyzes the importance of these annexes in the context of international aviation, highlighting their contributions to the harmonization of global standards and practices. It discusses the synergies and challenges between safety and security, presenting practical examples and case studies. Furthermore, it explores the difficulties and solutions for the effective implementation of these measures, including references to relevant national and international legislation.

Key words: 1. Chicago Convention Annexes. 2. Safety. 3. Security. 4. Civil Aviation. 5. Operational Safety.

Citação: Virissimo, MGV. (2025) A importância dos anexos da Convenção de Chicago para a aviação civil internacional: uma análise dos anexos 17 e 19. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, N°. 1, pp. 42-47.

1 INTRODUÇÃO

A aviação civil internacional é fundamental para a conectividade global, impulsionando o desenvolvimento econômico, social e cultural das nações. Desde a assinatura da Convenção de Chicago em 1944, que estabeleceu a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), busca-se a harmonização de normas e práticas para garantir a segurança, regularidade e eficiência do transporte aéreo (BARTSCH, 2018). Conforme Dempsey (2008, p. 3), "a Convenção de Chicago é o alicerce do direito aeronáutico internacional, proporcionando uma estrutura para a cooperação entre os Estados na promoção da segurança e eficiência da aviação".

Os Anexos à Convenção de Chicago detalham Padrões e Práticas Recomendadas (*SARPs*) que os Estados signatários devem implementar. Dentre os 19 anexos existentes, os Anexos 17 e 19 destacam-se por abordarem diretamente questões de segurança, nos aspectos de *security* e *safety*, respectivamente. Segundo Sweet (2008), o Anexo 17 foi adotado em 1974 para tratar da proteção contra atos de interferência ilícita, enquanto o Anexo 19, estabelecido em 2013, foca na gestão proativa da segurança operacional, visando reduzir riscos e prevenir acidentes.

Este artigo tem como objetivo analisar a importância dos Anexos 17 e 19 da Convenção de Chicago no contexto da aviação civil internacional. Para tanto, serão discutidas as contribuições desses anexos para a harmonização de normas e práticas globais, bem como as sinergias e desafios existentes entre *safety* e *security*. Serão apresentados exemplos práticos, estudos de caso e referências à legislação nacional e internacional pertinente, além das dificuldades e soluções para a implementação eficaz dessas medidas no combate a ameaças emergentes e no fortalecimento da segurança operacional.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O ANEXO 17: SEGURANÇA CONTRA ATOS DE INTERFERÊNCIA ILÍCITA (*SECURITY*)

Na década de 1960, a aviação civil tornou-se alvo frequente de sequestros, sabotagens e outros atos de interferência ilícita, evidenciando vulnerabilidades significativas na segurança do setor (ABEYRATNE, 2010). Em resposta a essas ameaças, a OACI adotou o Anexo 17, "Security — Proteção da Aviação Civil Internacional contra Atos de Interferência Ilícita", que estabelece medidas e procedimentos para fortalecer a segurança da aviação (SWEET, 2008; ABEYRATNE, 2018).

Conforme Price e Forrest (2016), a implementação do Anexo 17 foi fundamental para estabelecer um conjunto abrangente de medidas preventivas, envolvendo desde inspeções de segurança até o desenvolvimento de uma cultura de segurança entre

funcionários e passageiros. Essas medidas incluem a inspeção de bagagens, o controle de acesso às áreas restritas dos aeroportos e a verificação de antecedentes do pessoal envolvido nas operações aeroportuárias.

No contexto nacional, o Brasil, como Estado signatário da Convenção de Chicago, incorporou as diretrizes do Anexo 17 por meio do Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil contra Atos de Interferência Ilícita (PNAVSEC), instituído pelo Decreto nº 11.195, de 8 de setembro de 2022 (BRASIL, 2022). Este programa estabelece as responsabilidades dos órgãos e entidades envolvidos na segurança da aviação civil, alinhando-se aos padrões internacionais.

Um dos principais desafios para a implementação do Anexo 17 é a constante evolução das ameaças à segurança da aviação. Com o advento de novas tecnologias, como veículos aéreos não tripulados (drones), e o aumento da complexidade dos ataques cibernéticos, torna-se necessário que as medidas de segurança também evoluam para garantir a proteção do setor (ABEYRATNE, 2018). O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94, de 3 de abril de 2023, da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), estabelece os requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil (BRASIL, 2023a).

Segundo Bartsch (2018), a colaboração internacional e o compartilhamento de informações são fundamentais para enfrentar essas ameaças, pois os ataques à segurança da aviação não respeitam fronteiras nacionais. A Resolução A37-17 da Assembleia da OACI incentiva os Estados membros a fortalecerem a cooperação no âmbito da segurança da aviação civil (OACI, 2010).

Além disso, a implementação de medidas de *security* pode impactar operações aeroportuárias, exigindo investimentos em infraestrutura e treinamento de pessoal. Conforme apontado por Blalock, Kadiyali e Simon (2007), após os ataques de 11 de setembro de 2001, houve um aumento significativo nos custos operacionais das companhias aéreas devido às novas exigências de segurança.

2.2 DESAFIOS TECNOLÓGICOS E LEGAIS

A rápida evolução tecnológica apresenta desafios significativos para a segurança da aviação. A proliferação de drones, por exemplo, representa um risco potencial para a segurança das aeronaves. Incidentes como o fechamento temporário do Aeroporto de Gatwick, em 2018, devido à presença de drones não autorizados, evidenciam a necessidade de regulamentação e controle (CAA, 2018).

No Brasil, a regulamentação do uso de drones pela ANAC busca mitigar esses riscos, mas a aplicação prática dessas normas enfrenta desafios, como a fiscalização efetiva e a conscientização dos operadores (BRASIL, 2018). Além disso, a crescente ameaça cibernética requer atenção especial. A Resolução ANAC nº 458, de 20 de dezembro de 2017, regulamenta o uso de sistemas informatizados para registro e guarda de informações por regulados da ANAC, mas a implementação dessas medidas exige investimentos significativos e atualização constante (BRASIL, 2017).

2.3 O ANEXO 19: GESTÃO DA SEGURANÇA OPERACIONAL (SAFETY)

O Anexo 19 introduziu uma abordagem sistemática para a gestão da segurança operacional na aviação civil, promovendo a gestão proativa de riscos. De acordo com Bartsch (2018), o Anexo 19 visa garantir que as operações aéreas sejam realizadas dentro dos mais altos padrões de segurança, priorizando a prevenção de acidentes e incidentes.

Abeyratne (2018) destaca que a gestão da segurança é essencial para assegurar que os Estados membros da OACI implementem Programas Estatais de Segurança (SSP), que proporcionam uma estrutura para identificar perigos, avaliar riscos e propor medidas mitigadoras. No Brasil, o Programa Estadual de Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR) foi instituído pela Portaria Conjunta nº 2, de 1º de novembro de 2018, em conformidade com o Anexo 19 (BRASIL, 2018).

O Anexo 19 também enfatiza a necessidade de uma abordagem baseada em evidências, utilizando dados coletados por meio de sistemas de relatório de ocorrências e investigações de incidentes para identificar tendências e desenvolver ações preventivas. A Lei nº 12.970, de 8 de maio de 2014, dispõe sobre a investigação de acidentes aeronáuticos no Brasil, reforçando a importância da coleta e análise de dados para o aprimoramento da segurança operacional (BRASIL, 2014).

A coleta e análise de dados desempenham um papel vital no aprimoramento da segurança operacional, permitindo a identificação de vulnerabilidades antes que resultem em acidentes (VIRÍSSIMO; FERREIRA, 2023). A Resolução ANAC nº 372, de 15 de dezembro de 2015, estabelecia requisitos para o Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO). Atualmente, esses requisitos estão detalhados nos Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC) específicos para cada tipo de provedor de serviços de aviação civil, em conformidade com o Anexo 19 (BRASIL, 2015).

2.4 CULTURA DE SEGURANÇA E FATORES HUMANOS

A promoção de uma cultura de segurança é essencial para a efetividade do Anexo 19. Segundo Reason (1997), uma cultura de segurança sólida envolve compromisso organizacional, comunicação aberta e aprendizado contínuo. No contexto da aviação, isso significa incentivar a notificação de incidentes sem medo de punição, permitindo que as organizações aprendam com os erros e implementem melhorias.

Os fatores humanos também desempenham um papel crítico na segurança operacional. Estudos indicam que a fadiga dos pilotos, a pressão por desempenho e a comunicação inadequada podem contribuir para acidentes (HELMREICH; MERRITT,

1998). Políticas que abordem esses fatores, como regulamentos sobre horas de voo e programas de treinamento em habilidades não técnicas, são fundamentais para fortalecer a *safety* na aviação.

2.5 SINERGIAS E TENSÕES ENTRE *SAFETY* E *SECURITY*

Embora *safety* e *security* sejam frequentemente tratados como conceitos separados, existem interseções significativas entre eles que precisam ser consideradas para a gestão eficaz da segurança na aviação. Conforme Virissimo e Ferreira (2023), a coexistência dessas duas abordagens sem uma reflexão cuidadosa sobre suas inter-relações pode levar a lacunas na proteção geral do setor.

Pettersen e Bjørnskau (2014) argumentam que a introdução de novas regulações de segurança após os ataques de 11 de setembro de 2001 criou desafios organizacionais, como mudanças na comunicação e no compartilhamento de informações entre os atores da aviação. Essas dificuldades indicam a necessidade de integração entre *safety* e *security* para evitar vulnerabilidades no sistema (BIEDER; GOULD, 2020).

A integração entre *safety* e *security* é desafiadora devido às diferenças em suas abordagens. Enquanto o *safety* visa a prevenção de acidentes através da análise de riscos operacionais e do aprendizado com eventos passados, o *security* está focado em evitar ameaças intencionais e responder rapidamente a situações de crise. Essa diferença de foco pode gerar tensões, especialmente quanto à implementação de medidas que possam impactar ambos os aspectos.

Por exemplo, medidas de *security* mais rígidas, como inspeções de segurança mais demoradas, podem afetar os tempos de resposta em situações de emergência, impactando a *safety* (WELLS; YOUNG, 2019).

Por outro lado, cabe ilustrar que embora o foco principal do controle de acesso seja o *security* (proteção contra atos ilícitos), a sua implementação eficaz resulta em um benefício direto para o *safety* (segurança operacional). Autores como Price e Forrest (2016) detalham a importância do controle de acesso a áreas restritas como uma medida fundamental para a segurança da aviação. Ao garantir que apenas pessoal autorizado e devidamente credenciado, que se presume treinado e ciente dos riscos operacionais, possa entrar em pátios, pistas e áreas de manutenção, o sistema de controle de acesso atua como uma barreira que previne não apenas atos maliciosos *security*, mas também a presença de indivíduos não qualificados que poderiam, por desconhecimento, causar acidentes operacionais *safety*.

Portanto, é necessário equilibrar as exigências de *security* com a necessidade de manter operações seguras e eficientes.

No âmbito internacional, o Doc 1004 - Plano Global de Segurança da Aviação da OACI incentiva os Estados a adotarem abordagens integradas de gestão da segurança que considerem tanto *safety* quanto *security* (OACI, 2022). No Brasil, a ANAC promoveu, por meio da Instrução Suplementar IS nº 119-002D, diretrizes para a integração entre os sistemas de gerenciamento de segurança operacional e de segurança da aviação civil contra atos ilícitos (BRASIL, 2012).

Bieder e Gould (2020) sugerem que uma solução para superar essas tensões é a criação de uma cultura organizacional que valorize igualmente *safety* e *security*, promovendo comunicação aberta e compartilhamento de informações entre os diferentes atores envolvidos. Virissimo e Ferreira (2023) destacam a importância de um gerenciamento de riscos integrado, que considere os impactos de medidas de *security* na *safety* e vice-versa.

2.6 DESENVOLVIMENTO DE POLÍTICAS INTEGRADAS

Para garantir uma abordagem eficaz e integrada entre *safety* e *security*, é necessário desenvolver políticas e regulamentos que considerem as interdependências entre esses dois aspectos da segurança. Abeyratne (2018) aponta que a OACI tem promovido esforços para integrar as duas áreas por meio da criação de grupos de trabalho e comissões especializadas, com o objetivo de elaborar diretrizes comuns para os Estados membros.

Uma iniciativa relevante é a introdução de auditorias de segurança que avaliam tanto aspectos de *safety* quanto de *security*, permitindo uma visão holística da gestão da segurança nos aeroportos. Essas auditorias são fundamentais para identificar áreas de melhoria e assegurar que medidas implementadas em uma área não prejudiquem a outra (ABEYRATNE, 2018).

A Lei nº 14.600, de 19 de junho de 2023, que reorganiza a Presidência da República e os Ministérios, atribuiu ao Ministério de Portos e Aeroportos a competência para formular políticas de aviação civil, facilitando a integração entre *safety* e *security* no contexto brasileiro (BRASIL, 2023b).

Além disso, a utilização de tecnologias avançadas para monitoramento e resposta a ameaças desempenha um papel importante na integração entre *safety* e *security*. Sistemas de detecção de drones e soluções de cibersegurança têm sido desenvolvidos para prevenir ameaças externas e garantir a continuidade das operações aéreas (SWEET, 2008; PETTERSEN; BJØRNSKAU, 2014). A Resolução ANAC nº 458, de 20 de dezembro de 2017, estabelece requisitos para a proteção dos sistemas de tecnologia da informação e comunicação utilizados na aviação civil (BRASIL, 2017).

A legislação internacional também avança nesse sentido. A União Europeia, por meio do Regulamento (UE) 2018/1139, estabelece regras comuns no domínio da aviação civil e cria a Agência da União Europeia para a Segurança da Aviação (EASA), promovendo a integração entre *safety* e *security* em nível regional (UNIÃO EUROPEIA, 2018).

2.7 COOPERAÇÃO INTERNACIONAL E COMPARTILHAMENTO DE INFORMAÇÕES

A cooperação internacional é essencial para enfrentar desafios globais na aviação. A OACI promove iniciativas como o Plano Global de Segurança da Aviação (GASep), que fornece uma estrutura para a colaboração entre Estados e organizações (OACI, 2017). O compartilhamento de informações sobre ameaças e melhores práticas permite que os Estados respondam de forma mais eficaz a riscos emergentes.

No contexto regional, o Brasil participa ativamente de fóruns como a Comissão Latino-Americana de Aviação Civil (CLAC), que busca harmonizar políticas e regulamentos entre países da região, fortalecendo a segurança operacional e a proteção contra atos ilícitos (CLAC, 2019).

2.8 ESTUDOS DE CASO E EXEMPLOS PRÁTICOS

Estudos de caso envolvendo incidentes e acidentes aéreos demonstram a importância de uma abordagem integrada entre *safety* e *security*. O incidente envolvendo o voo MH370 da Malaysia Airlines, por exemplo, evidenciou possíveis falhas tanto no controle operacional (*safety*) quanto na segurança contra interferências externas (*security*) (ODUNTAN, 2011). Esse caso ressaltou a necessidade de aprimorar sistemas de monitoramento de aeronaves e comunicação entre autoridades.

Outro exemplo é o atentado de Lockerbie em 1988, que levou a mudanças significativas nas políticas de *security*, com maior ênfase em inspeções de bagagens e controle de acesso nos aeroportos. Essas mudanças impactaram a *safety*, uma vez que a introdução de novos procedimentos operacionais exigiu adaptações por parte das companhias aéreas e operadores aeroportuários (SWEET, 2008).

No Brasil, o acidente com o voo 1907 da Gol, em 2006, evidenciou falhas nos sistemas de controle de tráfego aéreo e na comunicação entre aeronaves e controladores, envolvendo aspectos de *safety* (CENIPA, 2008). Este acidente levou à revisão de procedimentos operacionais e à implementação de melhorias tecnológicas para aumentar a segurança operacional.

Adicionalmente, o ataque cibernético sofrido pela British Airways em 2018, que comprometeu dados de milhares de passageiros, destaca a necessidade de integrar *security* cibernética às práticas de *safety* na aviação (ICO, 2020). A resposta a esse incidente incluiu a revisão de protocolos de segurança e o fortalecimento das defesas cibernéticas da companhia.

2.9 IMPLEMENTAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS

A adoção de novas tecnologias, como sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo mais avançados e soluções de inteligência artificial para a detecção de ameaças, oferece oportunidades para melhorar tanto a *safety* quanto a *security*. Porém, essa implementação deve ser cuidadosamente gerenciada para evitar a introdução de novos riscos (TUNTEV; ALCESKI, 2020).

Por exemplo, o Sistema de Navegação Aérea baseado em Performance (PBN) melhora a eficiência e a segurança das rotas aéreas, mas requer treinamento adicional para pilotos e controladores de tráfego aéreo (OACI, 2013). A integração dessas tecnologias deve considerar os impactos em ambos os aspectos da segurança.

3 CONCLUSÃO

Os Anexos 17 e 19 da Convenção de Chicago são fundamentais para o fortalecimento da segurança na aviação civil internacional. Enquanto o Anexo 17 foca na proteção contra ameaças externas (*security*), o Anexo 19 promove a segurança operacional (*safety*) de forma proativa. A integração eficaz entre *safety* e *security* é essencial para garantir um ambiente seguro e resiliente na aviação, que enfrenta ameaças tradicionais e emergentes.

É crucial que os Estados membros da OACI continuem aprimorando suas estratégias de gestão integrada, incorporando as melhores práticas e aprendendo com experiências passadas. A sinergia entre *safety* e *security* deve ser buscada, evitando conflitos que possam comprometer a segurança da aviação como um todo. Ademais, é necessário que novas tecnologias e abordagens sejam constantemente avaliadas e incorporadas, garantindo uma resposta adequada às ameaças emergentes e a promoção de um ambiente seguro para passageiros e trabalhadores da aviação.

A implementação de políticas públicas que favoreçam a colaboração entre os diversos atores do setor aéreo é fundamental para assegurar que *safety* e *security* sejam priorizados de forma equilibrada. O desenvolvimento de protocolos internacionais que abordem as diferenças entre as duas áreas e promovam soluções conjuntas é um caminho para garantir a segurança da aviação em um contexto global cada vez mais complexo e desafiador.

A legislação nacional e internacional desempenha papel vital nesse processo, fornecendo o arcabouço jurídico necessário para a implementação das medidas propostas nos Anexos 17 e 19. A harmonização dessas legislações com os padrões internacionais é essencial para a eficácia das ações de segurança e para a promoção de uma aviação civil segura e eficiente.

Portanto, a importância dos Anexos 17 e 19 reside não apenas em suas diretrizes específicas, mas também na capacidade de promover uma cultura global de segurança que integra *safety* e *security*, garantindo que a aviação civil continue a ser um meio de transporte seguro, confiável e eficiente.

REFERÊNCIAS

- ABEYRATNE, Ruwantissa. *Aviation security law*. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
- ABEYRATNE, Ruwantissa. *Aviation security: legal and regulatory aspects*. London: Routledge, 2018.
- BARTSCH, Ron. *International aviation law: a practical guide*. London: Routledge, 2018.
- BIEDER, Céline; GOULD, Kenneth Pettersen. *The coupling of safety and security*. Cham: Springer, 2020.
- BLALOCK, Garrick; KADIYALI, Vrinda; SIMON, Daniel H. The impact of post-9/11 airport security measures on the demand for air travel. *Journal of Law and Economics*, v. 50, n. 4, p. 731-755, nov. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/519816>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Instrução Suplementar IS nº 119-002D: guia para a elaboração de SGSO de empresa aérea certificada de acordo com o RBAC 119. Brasília, 2012.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94, de 3 de abril de 2023. Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 4 abr. 2023. Seção 1.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Resolução nº 372, de 15 de dezembro de 2015. Estabelece requisitos para o Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 dez. 2015. Seção 1.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Resolução nº 458, de 20 de dezembro de 2017. Regulamenta o uso de sistemas informatizados para registro e guarda de informações por regulados da ANAC. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 21 dez. 2017. Seção 1.
- BRASIL. Decreto nº 11.195, de 8 de setembro de 2022. Institui o Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil contra Atos de Interferência Ilícita. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 9 set. 2022. Seção 1.
- BRASIL. Lei nº 12.970, de 8 de maio de 2014. Altera dispositivos relativos à investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 9 maio 2014. Seção 1.
- BRASIL. Lei nº 14.600, de 19 de junho de 2023. Estabelece a organização básica dos órgãos da Presidência da República e dos Ministérios. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 20 jun. 2023. Seção 1.
- BRASIL. Portaria Conjunta nº 2, de 1º de novembro de 2018. Institui o Programa Estadual de Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 nov. 2018. Seção 1.
- CAA. *Drone disruption at Gatwick Airport*. London: Civil Aviation Authority, 2018. Disponível em: <https://www.caa.co.uk/Commercial-industry/Airports/Safety/Drone-disruption-at-Gatwick-Airport/>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- CENIPA. *Relatório final A-022/CENIPA/2008: acidente envolvendo a aeronave PR-GTD*. Brasília: Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, 2008.
- CLAC. *Programa de segurança operacional da CLAC*. Lima: Comissão Latino-Americana de Aviação Civil, 2019. Disponível em: <https://clac-lacac.org/>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- DEMPSEY, Paul Stephen. *Public international air law*. Montreal: McGill University, 2008.
- HELMREICH, Robert L.; MERRITT, Ashleigh C. *Culture at work in aviation and medicine: national, organizational and professional influences*. Aldershot: Ashgate, 1998.
- ICO. *Monetary penalty notice: British Airways PLC*. London: Information Commissioner's Office, 2020.
- OACI. *Global aviation safety plan*. Doc 1004. Montreal: OACI, 2022.
- OACI. *Global aviation security plan (GASep)*. Doc 10118. Montreal: OACI, 2017.
- OACI. *Performance-based navigation (PBN) manual*. Doc 9613. Montreal: OACI, 2013.
- OACI. *Resolução A37-17: consolidated statement of continuing ICAO policies related to aviation security*. Montreal: OACI, 2010.
- ODUNTAN, Gbenga. *Sovereignty and jurisdiction in airspace and outer space: legal criteria for spatial delimitation*. London: Routledge, 2011.
- PETTERSEN, K. A.; BJØRNSKAU, T. Organizational contradictions between safety and security—perceived challenges and ways of integrating critical infrastructure protection in civil aviation. *Safety Science*, v. 63, p. 179-187, mar. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.11.014>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- PRICE, Jeffrey C.; FORREST, Jeffrey S. *Practical aviation security: predicting and preventing future threats*. 3. ed. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2016.
- REASON, James. *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot: Ashgate, 1997.
- SWEET, Kathleen M. *Aviation and airport security: terrorism and safety concerns*. 2. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2008.
- TUNTEV, Toni; ALCESKI, Goran. Cyber security in European civil aviation industry. In: *The Euro-Atlantic Values in the Balkan Countries*, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20544/icp.11.01.20.p21>. Acesso em: 19 nov. 2024.

- UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2018/1139 do Parlamento Europeu e do Conselho de 4 de julho de 2018. *Jornal Oficial da União Europeia*, L212, p. 1-122, 22 ago. 2018.
- VIRÍSSIMO, Marcello Cristovão Guedes; FERREIRA, Luciano Vaz. Synergies and tensions between safety and security in civil aviation. *Campos Neutrais*, 2023. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/cn/article/view/16661/10662>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- WELLS, Alexander T.; YOUNG, Seth B. *Airport planning & management*. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2019.

A FADIGA HUMANA NO AMBIENTE DA MANUTENÇÃO DE AERONAVES NO BRASIL

Julio Cesar Silva ¹

1 silva.juc@outlook.com

RESUMO: O ambiente de trabalho na manutenção de aeronaves, caracterizado por jornadas ininterruptas e alta demanda, contribui para a privação de sono e sobrecarga de trabalho, resultando em fadiga entre os profissionais. Essa condição aumenta a probabilidade de erros humanos, comprometendo a segurança operacional. Este estudo investigou 277 profissionais que atuam no contexto da manutenção de aeronaves no Brasil, incluindo Mecânicos de Manutenção Aeronáutica (MMA), Engenheiros e demais especialistas, revelando que 51,30% dos participantes apresentavam sinais de fadiga. A fadiga mostrou correlação positiva com sonolência e carga de trabalho, e negativa com a qualidade de vida. Diferenças estatisticamente significativas foram observadas entre os profissionais de 36 a 50 anos, que realizam manutenção em turnos, à noite ou em condições insalubres. Conclui-se que a fadiga é um fator preocupante na manutenção de aeronaves no Brasil, com potencial de impactar a segurança. Recomenda-se a implementação de medidas práticas para avaliar e mitigar os riscos de fadiga, levando em consideração as particularidades deste ambiente de trabalho.

Palavras Chave: 1. Fadiga. 2. Manutenção de Aeronaves. 3. Segurança Operacional.

HUMAN FATIGUE IN THE AIRCRAFT MAINTENANCE ENVIRONMENT IN BRAZIL

ABSTRACT: The work environment in aircraft maintenance, characterized by uninterrupted shifts and high demand, contributes to sleep deprivation and workload overload, leading to fatigue among professionals. This condition increases the likelihood of human errors, compromising safety. This study surveyed 277 professionals engaged in aircraft maintenance activities in Brazil, including Aircraft Maintenance Technicians (AMT), Engineers, and other specialists, revealing that 51.30% of the participants exhibited signs of fatigue. Fatigue was positively correlated with sleepiness and workload, and negatively correlated with quality of life. Statistically significant differences were observed among professionals aged 36 to 50, those performing maintenance during night shifts, or in unhealthy environments. It is concluded that fatigue is a concerning factor in aircraft Maintenance in Brazil, with the potential to impact safety. Practical measures are recommended to assess and mitigate the risks of fatigue, taking into account the specific characteristics of this work environment.

Key words: 1. Chicago Convention Annexes. 2. Safety. 3. Security. 4. Civil Aviation. 5. Operational Safety.

Citação: Silva, JCS. (2025) A fadiga humana no ambiente da manutenção de aeronaves no Brasil. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, N°. 1, pp. 48-62.

1 INTRODUÇÃO

A fadiga humana, apesar de ser estudada por mais de 100 anos, permanece um fenômeno complexo sem uma definição clara (BENDAK; RASHID, 2020; DELUCA, 2005). Sua natureza multidisciplinar e subjetiva representa um desafio para alcançar uma compreensão unificada, uma vez que as definições podem variar de acordo com perspectivas pessoais (BILLONES et al., 2021; FAA, 2014; MOTA; CRUZ; PIMENTA, 2005). Na aviação, Hobbs (2008) caracteriza a fadiga como o cansaço físico e emocional decorrente de cargas de trabalho prolongadas, turnos noturnos e privação de sono, com efeitos semelhantes à ingestão de álcool. Por sua vez, a Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO, 2016) define fadiga como um estado fisiológico de capacidade mental ou física reduzida, resultante da privação de sono, vigília prolongada, fase circadiana e/ou carga de trabalho, podendo comprometer a vigilância e a capacidade de realizar tarefas relacionadas à segurança operacional.

A FAA (2014) e a ICAO (2016) apontam que o sono insuficiente e a alta carga de trabalho são fatores que contribuem para a fadiga dos profissionais de manutenção de aeronaves. Além disso, o nível de fadiga também é influenciado por outros aspectos, como a qualidade de vida desses profissionais. Essa fadiga tem se mostrado um fator relevante na ocorrência de erros durante a manutenção de aeronaves.

Os MMA trabalham em turnos rotativos de 24 horas para garantir a pontualidade dos voos, enfrentando desafios para manter um estilo de vida saudável, especialmente aqueles que trabalham durante a noite e em turnos rotativos, perturbando o ritmo circadiano natural do corpo. Essa condição gera impactos negativos na qualidade e quantidade de sono, contribuindo para o aumento da fadiga, sonolência diurna, dificuldade de concentração e redução da produtividade no ambiente de trabalho (CHAGAS, 2016; FAA, 2014; HABIB; TURKOGLU, 2020; HOBBS, 2008; RYBALKINA; ENIKEEV, 2021; UMMUL, 2012; WHO, 2020).

Adicionalmente, os MMA podem se ver na necessidade de prolongar suas jornadas de trabalho, operar em um ritmo acelerado ou lidar com tarefas complexas sem o tempo necessário para descanso e recuperação. Essa condição pode desencadear fadiga tanto mental quanto física, afetando negativamente a produtividade, segurança e saúde dos profissionais. Dessa forma, uma carga de trabalho excessiva ou desequilibrada, caracterizada por uma distribuição irregular de tarefas e responsabilidades, pode criar um ambiente de trabalho estressante, contribuindo para o comprometimento do bem-estar e aumentando o risco de fadiga. Além disso, fatores psicossociais, como estresse, conflitos familiares, preocupações financeiras e a falta de apoio social podem impactar negativamente a saúde física e mental, resultando em sintomas como depressão, ansiedade, irritabilidade e baixa autoestima (CHAGAS, 2016; FAA, 2014; HOBBS, 2008; SHANMUGAM; PAUL ROBERT, 2015).

Por outro lado, uma boa qualidade de vida pode atuar como um fator moderador para a fadiga, contribuindo para a saúde, bem-estar e capacidade de enfrentar desafios no trabalho. É fundamental adotar uma abordagem abrangente que leve em conta não apenas a segurança e eficiência no ambiente de trabalho, mas também a qualidade de vida dos profissionais envolvidos (KHUONG; HOANG TO UYEN, 2016; SHANMUGAM; PAUL ROBERT, 2015). Adicionalmente, conforme a ICAO (2016, p. 3-2), outros fatores, como gênero, idade, experiência e função, também podem ser considerados como moderadores na avaliação da fadiga humana na manutenção de aeronaves.

Tornar prioritária a análise das causas subjacentes da fadiga é crucial, assim como fornecer o suporte adequado para aprimorar a saúde física e mental não apenas dos MMA, mas de todos os profissionais que desempenham papéis na manutenção de aeronaves. A identificação e o controle desses fatores são medidas preventivas essenciais para evitar consequências trágicas (FARIA et al., 2021; KHUONG; HOANG TO UYEN, 2016; SHANMUGAM; PAUL ROBERT, 2015; SIGNAL; VAN DEN BERG; MULRINE, 2019).

As estratégias de gerenciamento de risco de fadiga (FRMS) têm sido amplamente adotadas nas indústrias de aviação e aeroespacial. O setor de aviação evoluiu para incorporar ou modificar os modelos tradicionais de serviço em favor do FRMS, recebendo apoio de autoridades de aviação reconhecidas, como a Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA), a Administração Federal de Aviação dos EUA (FAA) e a ICAO (WINGELAAR-JAGT et al., 2021).

A adoção de um Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) modificado para o ambiente da manutenção aeronáutica pode ser a melhor solução para ajudar nos esforços de mitigação da crescente fadiga causada pela escassez de MMA. A Política de SGSO deve conter os procedimentos detalhados de um FRMS a ser aplicado no elemento 'Gestão de Riscos do SMS'. A Política de Segurança também é onde devem ser inseridos os procedimentos importantes para um sistema de Relato de Segurança na manutenção, a fim de serem usados na identificação e análise dos perigos (MILLER; MRUSEK; HERBIC, 2023).

Apesar de todas as prioridades e preocupações, ainda há muito trabalho a ser realizado em relação ao pessoal de manutenção, uma vez que o atual contexto regulatório não é específico o suficiente para protegê-los da fadiga (SANTOS; MELICIO, 2019). Há uma lacuna de conhecimento sobre a incidência de fadiga, especialmente entre os profissionais de manutenção de aeronaves. É essencial entender as características da fadiga nesse ambiente e desenvolver regulamentações específicas para proteger esses profissionais (FONSECA, 2022; NOY et al., 2011; SANTOS; MELICIO, 2019; WILLIAMSON et al., 2011). Em um ambiente propenso a níveis elevados de fadiga devido a peculiaridades como trabalho em turnos e tarefas físicas intensas, compreender o nível de fadiga é o primeiro passo para gerenciá-lo. A identificação dos níveis de fadiga humana e o gerenciamento de riscos no ambiente de manutenção de aeronaves são relevantes e de extrema importância, estando diretamente ligado ao impacto na segurança operacional (DIAS; SANTOS; MELICIO, 2019; HOBBS, 2008; WINGELAAR-JAGT et al., 2021).

O presente artigo traz como objetivo captar as percepções dos profissionais da manutenção sobre a presença e amplitude da fadiga humana no seu ambiente de trabalho e correlacionar os níveis de fadiga com os aspectos que o influenciam, incluindo fatores sociodemográficos e relacionados ao trabalho, estabelecendo relações entre as variáveis e explicando essas relações à luz de um quadro teórico prévio.

A continuação deste artigo segue a seguinte estrutura: inicialmente, é apresentada a metodologia adotada, abrangendo a coleta de dados através de questionário e os testes estatísticos conduzidos. Em seguida, são expostos os resultados, destacando as relações entre a fadiga dos profissionais de manutenção e as variáveis preditoras. Na seção discussão é apresentada a interpretação e contextualização dos resultados. Por fim, as principais descobertas são sumarizadas nas conclusões.

2 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho segue uma abordagem de pesquisa explicativa com natureza quantitativa. Autores como Fortin (1999) e Hill e Hill (2005) descrevem o estudo explicativo correlacional como um *design* quantitativo amplamente utilizado para medir variáveis e compreender suas relações. Essa abordagem permite a medição das variáveis sem influenciá-las, possibilitando a observação de características, tendências e relacionamentos conforme existem no mundo real.

2.1 MODELO CONCEITUAL

Em pesquisa, as decisões tomadas devem atender às necessidades do pesquisador e ao que ele pretende analisar (SOUSA, 2022). A condução de uma investigação exige a manipulação de conceitos, sendo as variáveis parte do domínio das questões de pesquisa (KERLINGER, 1979). Essas variáveis representam aspectos observáveis de um fenômeno, exibem variações e indicam características mensuráveis (RICHARDSON, 1999).

Para utilizar as variáveis de modo adequado na investigação, é necessária a operacionalização dos conceitos formulados de forma a predispor os dados de modo correto para as operações de coleta de dados, de análise e interpretação, trata-se, portanto, de especificar como cada variável será medida (RODRIGUES, 1998). Sendo assim, para atingir o objetivo do estudo, foi desenvolvido o esquema conceitual da Figura 1, com as relações entre as variáveis.

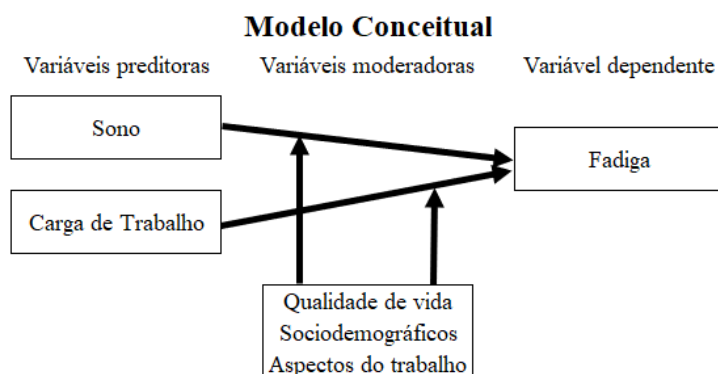


Figura 1 – Modelo Conceitual. (Fonte: Autoria própria).

2.2 HIPÓTESES

Considerando o propósito da pesquisa, foram elaboradas as seguintes hipóteses de investigação:

Hipótese 1 - Há uma correlação entre a sonolência que os participantes sentem e seus níveis de fadiga. Os participantes com altos níveis de sonolência experimentam maiores níveis de fadiga;

Hipótese 2 - Há uma correlação entre a carga de trabalho que os participantes são submetidos e seus níveis de fadiga. Os participantes que experimentam altos níveis de carga de trabalho experimentam maiores níveis de fadiga;

Hipótese 3 - Há uma correlação entre a qualidade de vida dos participantes e seus níveis de fadiga. Os participantes que possuem uma melhor qualidade de vida experimentam menores níveis de fadiga;

Hipótese 4 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o gênero do participante;

Hipótese 5 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado a faixa etária dos participantes;

Hipótese 6 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o estado civil dos participantes;

Hipótese 7 - Há diferença significativa no resultado do nível da fadiga dado o participante ter filhos;

Hipótese 8 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o nível de escolaridade dos participantes;

Hipótese 9 - Há diferença significativa no resultado do nível da fadiga dado a experiência na manutenção de aeronaves dos participantes;

Hipótese 10 - Há diferença significativa no resultado do nível da fadiga dado o participante ser executante ou não da manutenção de aeronaves;

Hipótese 11 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado a função que o participante exerce na manutenção de aeronaves;

Hipótese 12 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o participante trabalhar por turnos;

Hipótese 13 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o participante trabalhar no horário noturno;

Hipótese 14 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o participante trabalhar em ambiente sujeito a insalubridade e periculosidade;

Hipótese 15 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o participante ter mais de um emprego.

2.3 PÚBLICO-ALVO

A pesquisa foi conduzida no contexto da manutenção de aeronaves no Brasil. O público-alvo incluiu profissionais da manutenção que atuam diretamente ou indiretamente na execução das atividades de manutenção, tais como: MMA, supervisores, inspetores, equipes de gestão da manutenção, equipes de garantia da qualidade, engenheiros, instrutores e outros.

2.4 COLETA DE DADOS

O questionário estruturado é uma ferramenta que permite indagar um número significativo de sujeitos face a um determinado fenômeno social possibilitando quantificar e analisar os dados obtidos (SÁ; COSTA; MOREIRA, 2021). Dessa

forma, a técnica selecionada para a coleta de dados, visando analisar o fenômeno da fadiga e atingir o objetivo da pesquisa, foi o questionário estruturado.

O questionário de autopreenchimento foi desenvolvido através do aplicativo "*Google Forms*" da *Google*. Ele inclui uma introdução que esclarece aos participantes os objetivos, procedimentos de preenchimento, coleta de dados e uso das informações. Composto por 5 seções (A-Fadiga; B-Carga de trabalho; C-Sono; D-Qualidade de vida; E-Informações gerais), o questionário contém 64 itens, todos de resposta obrigatória. A escolha pelo *Google Forms* se deu pela sua facilidade de uso e ampla utilização na pesquisa acadêmica (MOTA, 2019).

O questionário foi distribuído através de *e-mail* e *WhatsApp*, direcionado aos profissionais da manutenção de aeronaves. Utilizou-se um método de coleta não probabilístico chamado "propagação geométrica" ou "*snowball sampling*". Nesse processo, os participantes iniciais convidaram novos participantes de suas redes, gerando uma expansão em cascata da amostra. Essa abordagem permite o aumento da amostra à medida que os participantes selecionados introduzem novos membros (GOODMAN, 1961).

2.5 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Para medir os conceitos ou características dos indivíduos foram usadas escalas que são formas de autoavaliação, constituídas por enunciados ou itens relacionados entre si (CURADO, 2016). Essas escalas permitem que o investigador meça as opiniões e os comportamentos dos respondentes de modo quantitativo (HILL; HILL, 2005). Sem a escala de pesquisa adequada, os dados coletados correm o risco de conter vieses e ter um impacto negativo nos resultados da investigação (CURADO, 2016). Então, é importante conhecer cada uma das escalas utilizadas, fornecendo detalhes de referência completos (PALLANT, 2020).

Os investigadores costumam selecionar instrumentos cuja construção ou adaptação cultural tenha sido desenvolvida de forma criteriosa e que estatisticamente possuam boa confiabilidade (consistência interna) e validade dos itens, de modo a assegurar a qualidade dos resultados dos estudos (PALLANT, 2020; SOUZA et al., 2017).

O alfa de Cronbach (α) é usado com frequência pelos investigadores para estimar a confiabilidade dos itens e das escalas (CRONBACH, 1951). O padrão mínimo comumente aceito para coeficientes de confiabilidade usando o alfa de Cronbach é de 0,70 (SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE OF THE MEDICAL OUTCOMES TRUST, 2002). O número de alternativas (pontos) de resposta aos itens que maximiza as propriedades psicométricas fundamentais de uma escala (confiabilidade e validade) está entre 4 e 7, sendo que com menos de quatro alternativas a confiabilidade e validade diminuem (LOZANO; GARCÍA-CUETO; MUÑIZ, 2008).

As escalas selecionadas para a realização das aplicações práticas e suas características operacionais são detalhadas a seguir:

A *Fatigue Assessment Scale* (FAS) é uma escala unidimensional com 10 itens, avaliando a variável "fadiga" pelo nível induzido. Utiliza uma escala tipo *Likert* de cinco pontos (1-5), com inversão de pontuação nos itens 4 e 10. A escala tem confiabilidade de 0,81 na validação brasileira. A pontuação total da FAS, variando de 10 a 50 pontos, reflete o nível de fadiga, onde 10-21 indicam condição normal, 22-34 apontam fadiga moderada e 35-50 representam fadiga extrema (MICHIELSEN; DE VRIES; VAN HECK, 2003; OLIVEIRA et al., 2010);

A *Need For Recovery* (NFR) é uma escala unidimensional composta por 11 itens, avaliando a variável "carga de trabalho" por meio da necessidade de descanso. Utiliza uma escala tipo *Likert* de quatro pontos (0-3), com inversão de pontuação no item 4. A confiabilidade na validação brasileira é de 0,87. A pontuação total da NFR, variando de 0 a 33, é recodificada para uma escala de 0 a 100, onde pontuações mais altas indicam uma maior necessidade de recuperação (MORIGUCHI et al., 2010; VAN VELDHoven, 2003);

A *Epworth Sleepiness Scale* (ESS) é uma escala unidimensional composta por 8 itens, avaliando a variável "qualidade do sono" por meio do nível de sonolência diária. Utiliza uma escala tipo *Likert* de quatro pontos (0-3) e apresenta confiabilidade de 0,83 na validação brasileira. A pontuação total da ESS, variando de 0 a 24, indica a soma dos pontos de todos os itens, e pontuações superiores a 10 são indicativas de sonolência anormal (BERTOLAZI et al., 2009; JOHNS, 1991);

A *World Organization Health Quality Of Life* (WHOQOL-Bref) é uma escala multidimensional composta por 26 itens, avaliando a variável "qualidade de vida" por meio de quatro dimensões (aspectos físicos, aspectos psicológicos, relações sociais e meio ambiente). Utiliza uma escala *Likert* de cinco pontos (1-5) e apresenta uma confiabilidade de 0,91 na validação brasileira (FLECK et al., 2000; THE WHOQOL GROUP, 1998).

A escolha destas escalas fundamenta-se no fato de serem comumente utilizadas na construção de instrumentos de medição de fadiga (GAWRON, 2016; RAHIMIAN AGHDAM et al., 2019; SHAHID et al., 2012; ZIAKKAS; CHAZAPIS; PLIOUTSIAS, 2022). Além disso, apresentam boa confiabilidade e validade dos itens, bem como adaptação cultural e validação para uso na população brasileira.

2.6 TRATAMENTO DE DADOS

Para análise dos dados foi utilizado o *software Statistical Package for the Social Science* (SPSS) da empresa de tecnologia *International Business Machines* (IBM) na sua versão 28.0.0.0 (190) para *Windows*. O SPSS é um pacote estatístico com diferentes módulos para a utilização de profissionais de ciências humanas e exatas. É uma ferramenta de fácil manuseio e muito abrangente, e permite realizar análises estatísticas e gráficas com amplitude de dados (IBM, 2021).

3 RESULTADOS

3.1 DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA

O questionário foi disponibilizado aos participantes ao longo de 60 dias, resultando em 277 respostas válidas. Entre os respondentes, 243 (87,70%) são do gênero masculino, enquanto 34 (12,30%) são do gênero feminino. Quanto à distribuição etária, 57 (20,60%) situam-se na faixa etária de 21 a 25 anos, 143 (51,60%) na faixa etária de 36 a 50 anos, e 77 (27,80%) na faixa etária de 51 a 80 anos. O participante mais jovem tem 21 anos, enquanto o mais idoso tem 74 anos, resultando em uma média de idade de 44,74 anos. No tocante ao estado civil, 210 (75,80%) dos participantes são casados, e 208 (75,10%) possuem filhos. Quanto à formação acadêmica, a maioria dos participantes, 172 (62,10%), possui formação até o nível de licenciatura.

No que concerne aos aspectos laborais, 146 (52,70%) dos respondentes desempenham a função de MMA, 147 (53,10%) trabalham por turnos, 81 (29,20%) têm jornada de trabalho noturna, 210 (75,80%) exercem suas atividades em ambientes suscetíveis a condições insalubres e perigosas, e 32 (11,60%) mantêm mais de um emprego simultaneamente. A média de tempo de experiência dos participantes na área de manutenção de aeronaves é de 19,40 anos, sendo o período mínimo de experiência de 1 ano e o máximo de 58 anos.

3.2 NÍVEIS DE FADIGA – MENSURAÇÃO

As pontuações obtidas nas escalas de avaliação FAS, ESS, NFR e WHOQOL_Bref possibilitaram a mensuração dos níveis de fadiga, sonolência, carga de trabalho e qualidade de vida dos participantes, respectivamente. Conforme evidenciado na Tabela 1, os resultados relativos ao nível de fadiga dos participantes indicam que 135 (48,70%) destes demonstraram um estado normal (ausência de fadiga), enquanto 116 (41,90%) apresentaram fadiga moderada e 26 (9,40%) evidenciaram fadiga extrema. Ao considerar apenas os participantes que experimentaram fadiga, constatou-se que 142 (51,30%) deles se encontram em um estado de fadiga.

Tabela 1 - Nível de Fadiga

	N	%
Normal (sem fadiga)	135	48,7%
Fadiga moderada	116	41,9%
Fadiga extrema	26	9,4%

Fonte: SPSS

No que concerne ao nível de sonolência dos participantes, conforme evidenciado na Tabela 2, os resultados revelam que 147 (53,10%) deles manifestaram um estado normal (ausência de sonolência), ao passo que 130 (46,90%) apresentaram um nível anormal de sonolência.

Tabela 2 - Nível de Sonolência

	N	%
Normal	147	53,1%
Sonolência anormal	130	46,9%

Fonte: SPSS

No que concerne ao nível de carga de trabalho ao qual os participantes estão expostos, os resultados da Tabela 3 indicam que 112 (40,40%) destes apresentam pontuações mais elevadas, sugerindo uma maior necessidade de recuperação em decorrência da carga de trabalho a que estão submetidos.

Tabela 3 - Nível de Carga de Trabalho

	N	%
<Carga de Trabalho	165	59,6%
>Carga de Trabalho	112	40,4%

Fonte: SPSS

No tocante ao nível de qualidade de vida dos participantes, conforme evidenciado na Tabela 4, os resultados apontam que 75 (27,10%) dos participantes necessitam aprimorar a qualidade de vida, enquanto 155 (56%) apresentam uma qualidade de vida classificada como regular.

Tabela 4 - Nível de Qualidade de Vida

	N	%
Necessita melhorar QV	75	27,1%
Qualidade de Vida regular	155	56,0%
Qualidade de Vida boa	47	17,0%

Fonte: SPSS

3.3 ESCALAS DE AVALIAÇÃO – CORRELAÇÕES

Para avaliar a confiabilidade da escala FAS dentro do estudo procedeu-se ao cálculo do coeficiente alfa de Cronbach para a totalidade dos itens (10), resultando em um valor de 0,88, conforme apresentado na Tabela 5. Este valor sugere uma consistência interna adequada, conforme a classificação estabelecida pelo Scientific Advisory Committee of the Medical Outcomes Trust (2002).

Tabela 5 - Confiabilidade

Alfa de Cronbach	N de itens
,883	10

Fonte: SPSS

Quanto à normalidade da distribuição da variável dependente em estudo, os resultados do teste Kolmogorov-Smirnov na Tabela 6 indicam que a hipótese nula (variável segue uma distribuição normal) deve ser rejeitada, uma vez que $p < 0,05$. Conclui-se, portanto, que os dados da escala FAS não seguem uma distribuição normal. Em decorrência dessa constatação, para a realização dos testes de hipóteses relacionados à variável fadiga, optar-se-á pelo uso de testes estatísticos não paramétricos, como o teste de Mann-Whitney, teste de Kruskal-Wallis, e o cálculo do coeficiente de correlação de Spearman. Enquanto os testes paramétricos dependem da média como medida central, os testes não paramétricos baseiam-se na mediana, tornando-os mais adequados para lidar com dados que apresentam distribuições assimétricas, garantindo resultados mais robustos em tais condições. Estes testes avaliam a hipótese nula (H_0), que pressupõe que as amostras provêm da mesma população, sem diferenças significativas entre elas. A hipótese alternativa (H_a), por sua vez, sugere que as amostras apresentam distribuições distintas.

Tabela 6 – Teste de normalidade

Kolmogorov-Smirnov ^a			
	Estatística	gl	Sig.
Fadiga	,126	277	<,001

Fonte: SPSS

De modo a descrever a força e a direção da relação linear entre a variável dependente “fadiga” e as demais variáveis contínuas, e testar as hipóteses 1, 2 e 3 do estudo, foi realizado o cálculo do coeficiente de correlação através da matriz de correlação de Spearman, conforme Tabela 7. Uma correlação positiva indica que, quando a força de uma variável aumenta, a força da outra também aumenta, já uma correlação negativa indica que, à medida que a força de uma variável aumenta, a força da outra diminui.

Tabela 7 - Correlações

			Fadiga	Sono	Carga_Trab	Qualid_V
rô de Spearman	Fadiga	Coeficiente de Correlação	1,000	,493**	,770**	-,713**
		Sig. (2 extremidades)	.	<,001	<,001	<,001
		N	277	277	277	277

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: SPSS

Hipótese 1 - Há uma correlação entre a sonolência que os participantes sentem e seus níveis de fadiga. Os participantes com altos níveis de sonolência experimentam maiores níveis de fadiga;

Identificou-se uma correlação significativa e positiva entre as duas variáveis, com $r = 0,493$, $n = 277$, e $p < 0,001$, indicando que níveis elevados de sonolência estão associados a níveis mais altos de fadiga percebida. Portanto, os resultados sugerem que participantes com maior sonolência tendem a apresentar níveis mais altos de fadiga percebida.

Hipótese 2 - Há uma correlação entre a carga de trabalho que os participantes são submetidos e seus níveis de fadiga. Os participantes que experimentam altos níveis de carga de trabalho experimentam maiores níveis de fadiga;

Identificou-se uma correlação significativa e positiva entre as duas variáveis, com $r = 0,770$, $n = 277$, e $p < 0,001$, indicando que altos níveis de carga de trabalho estão associados a níveis mais elevados de fadiga percebida. Assim, os resultados indicam que os participantes expostos a uma carga de trabalho mais intensa tendem a apresentar níveis mais altos de fadiga.

Hipótese 3 - Há uma correlação entre a qualidade de vida dos participantes e seus níveis de fadiga. Os participantes que possuem uma melhor qualidade de vida experimentam menores níveis de fadiga;

Identificou-se uma correlação significativa e negativa entre as duas variáveis, com $r = -0,713$, $n = 277$, e $p < 0,001$, indicando que altos níveis de qualidade de vida estão associados a níveis mais baixos de fadiga percebida. Dessa forma, os resultados indicam que os participantes com uma melhor qualidade de vida tendem a apresentar níveis mais baixos de fadiga.

3.4 NÍVEIS DE FADIGA – COMPARAÇÃO ENTRE GRUPOS

Com a finalidade de identificar diferenças significativas nos resultados do nível de fadiga ao comparar grupos independentes, conforme delineado pelas hipóteses de 4 a 15 neste estudo, foram utilizados os testes estatísticos de Mann-Whitney (comparação entre dois grupos) e Kruskal-Wallis (comparação entre mais de dois grupos), conforme apresentado na

Tabela 8, onde a hipótese nula pressupõe a ausência de diferenças significativas entre os grupos em relação aos resultados dos níveis de fadiga.

Tabela 8 - Sumarização de Teste de Hipótese

Nº	Hipótese nula	Teste	Sig. ^{a,b}	Decisão
4	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Gênero.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,517	Reter a hipótese nula.
5	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Idade por intervalo	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,021	Rejeitar a hipótese nula.
6	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Estado Civil	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,299	Reter a hipótese nula.
7	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Filhos.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,548	Reter a hipótese nula.
8	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Escolaridade	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,535	Reter a hipótese nula.
9	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Experiência	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,087	Reter a hipótese nula.
10	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Executante mnt.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	<,001	Rejeitar a hipótese nula.
11	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Função.	Amostras Independentes de Teste de Kruskal-Wallis	,010	Rejeitar a hipótese nula.
12	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Turnos.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	<,001	Rejeitar a hipótese nula.
13	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Horário Noturno.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	<,001	Rejeitar a hipótese nula.
14	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Ambiente Insalubre	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	<,001	Rejeitar a hipótese nula.
15	A distribuição de Fadiga é igual nas categorias de Jornada dupla	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,435	Reter a hipótese nula.

a. O nível de significância é ,050.

b. A significância assintótica é exibida.

Fonte: SPSS

Os resultados dos testes de hipóteses 5, 10, 11, 12, 13 e 14 revelaram uma diferença estatisticamente significativa nos níveis de fadiga entre os grupos, e a decisão foi "rejeitar a hipótese nula". Nesse sentido, é imperativo descrever a direção dessa

diferença, ou seja, identificar qual grupo apresentou valores superiores. Essa determinação foi obtida por meio dos valores medianos individuais de cada grupo, apresentado abaixo.

Hipótese 5 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado a faixa etária dos participantes;

Para identificar as diferenças entre os grupos, realizou-se um teste de comparação dois a dois (Método *Pairwise*) da Tabela 9, que apresenta três grupos etários, comparando cada grupo com os demais. Os resultados significativos referem-se aos grupos em que os valores são inferiores a 0,05. Neste caso, a comparação significativa ocorre entre o Grupo (36-50) e o Grupo (51-80), com um valor de p igual a 0,008.

Tabela 9 - Comparações por Método Pairwise de Idade por intervalo

Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste		
			Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
51-80-21-35	8,767	13,980	,627	,531	1,000
51-80-36-50	29,851	11,309	2,640	,008	,025
21-35-36-50	-21,084	12,532	-1,682	,093	,278

Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais.

As significâncias assintóticas (teste de dois lados) são exibidas. O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

Fonte: SPSS

Uma análise dos postos medianos para os grupos da Tabela 10 sugere que o grupo da faixa etária de 36-50 anos obteve as pontuações de fadiga mais elevadas, Mediana (Mdn)=23, enquanto o grupo da faixa etária de 51-80 anos apresentou as mais baixas (Mdn=20).

Tabela 10 - Relatório

Fadiga		
Idade por intervalo	Mediana	N
21-35	21,00	57
36-50	23,00	143
51-80	20,00	77
Total	22,00	277

Fonte: SPSS

Hipótese 10 - Há diferença significativa no resultado do nível da fadiga dado o participante ser executante ou não da manutenção de aeronaves;

Para identificar as diferenças entre os dois grupos, conduziu-se uma análise dos postos medianos, conforme apresentado na Tabela 11, na qual o grupo que executa manutenção apresentou pontuações de fadiga mais elevadas (Mdn=23), em comparação com o grupo que não executa manutenção (Mdn=20).

Tabela 11 - Relatório

Fadiga

Executante mnt	Mediana	N
Executante	23,00	206
não executante	20,00	71
Total	22,00	277

Fonte: SPSS

Hipótese 11 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado a função que o participante exerce na manutenção de aeronaves;

Para identificar as diferenças entre os grupos, realizou-se um teste de comparação dois a dois da Tabela 12, que apresentou sete grupos de funções, comparando cada grupo com os demais. Neste caso, a comparação significativa ocorreu somente entre o Grupo (Gestão da manutenção) e o Grupo (MMA), com um valor de p menor que 0,001.

Tabela 12 - Comparações por Método Pairwise de Função

Sample 1-Sample 2	Estatística		Estatística de Teste		Adj.
	de teste	Erro Padrão	Padrão	Sig.	Sig. ^a
Gestão da manutenção-Mecânico de manutenção aeronáutica (técnico, mecânico, auxiliar, etc)	49,648	14,726	3,372	<,001	,016

Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais.

As significâncias assintóticas (teste de dois lados) são exibidas. O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

Fonte: SPSS

Uma análise dos postos medianos para os grupos da Tabela 13 sugere que o grupo da função MMA obteve as pontuações de fadiga mais elevadas (Mdn=23) comparado com o grupo da função Gestão da manutenção (Mdn=19).

Tabela 13 - Relatório

Fadiga

Função	Mediana	N
Mecânico de manutenção aeronáutica (técnico, mecânico, auxiliar, etc)	23,00	146
Supervisor/inspetor de manutenção	22,50	60
Gestão da manutenção	19,00	37

Qualidade	22,00	19
Engenheiro	20,00	9
Instrutor	21,00	3
Outros	14,00	3
Total	22,00	277

Fonte: SPSS

Hipótese 12 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o participante trabalhar por turnos;

Para identificar as diferenças entre os dois grupos, conduziu-se uma análise dos postos medianos, conforme apresentado na Tabela 14, na qual o grupo que trabalha por turnos apresentou pontuações de fadiga mais elevadas (Mdn=24), em comparação com o grupo que não trabalha por turnos (Mdn=20).

Tabela 14 - Relatório

Fadiga		
Turnos	Mediana	N
Sim	24,00	147
Não	20,00	130
Total	22,00	277

Fonte: SPSS

Hipótese 13 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o participante trabalhar no horário noturno;

Para identificar as diferenças entre os dois grupos, conduziu-se uma análise dos postos medianos, conforme apresentado na Tabela 15, na qual o grupo que trabalha em horário noturno apresentou pontuações de fadiga mais elevadas (Mdn=26), em comparação com o grupo que não trabalha em horário noturno (Mdn=21).

Tabela 15 - Relatório

Fadiga		
Horário Noturno	Mediana	N
Sim	26,00	81
Não	21,00	196
Total	22,00	277

Fonte: SPSS

Hipótese 14 - Há diferença significativa no resultado do nível de fadiga dado o participante trabalhar em ambiente sujeito a insalubridade e periculosidade;

Para identificar as diferenças entre os dois grupos, conduziu-se uma análise dos postos medianos, conforme apresentado na Tabela 16, na qual o grupo que trabalha em ambiente sujeito a insalubridade/periculosidade apresentou pontuações de fadiga mais elevadas (Mdn=23), em comparação com o grupo que não trabalha em ambiente sujeito a insalubridade/periculosidade (Mdn=19).

Tabela 16 - Relatório

Fadiga

Ambiente Insalubre	Mediana	N
Sim	23,00	210
Não	19,00	67
Total	22,00	277

Fonte: SPSS

Para os testes de hipóteses 4, 6, 7, 8, 9 e 15, a decisão foi "reter a hipótese nula", indicando a inexistência de diferenças significativas nos resultados dos níveis de fadiga entre esses grupos.

Resumidamente, os resultados dos testes que apresentaram diferenças estatisticamente significativas na percepção dos participantes são mostrados na Tabela 17.

Tabela 17 – Diferenças Significativas

Correlações	Resultados
Sonolência x Fadiga	Quanto maior a sonolência, maiores níveis de fadiga.
Carga de Trabalho x Fadiga	Quanto maior a carga de trabalho, maiores níveis de fadiga.
Qualidade de Vida x Fadiga	Quanto melhor a qualidade de vida, menores níveis de fadiga.
Fatores Sociodemográficos/Trabalho	Resultados
Faixa etária	Participantes com idade entre 36 e 50 anos perceberam maiores níveis de fadiga em relação às demais faixas etárias.
Executantes de Manutenção	Participantes que executam manutenção (MMA, supervisores/inspetores) perceberam maiores níveis de fadiga em relação aos que fazem a gestão da manutenção.
Função	Participantes com função de MMA perceberam maiores níveis de fadiga em relação aos demais participantes.
Trabalho por turnos	Participantes que trabalham em turnos perceberam maiores níveis de fadiga em relação aos que não trabalham em turnos.
Trabalho noturno	Participantes que trabalham no horário noturno perceberam maiores níveis de fadiga em relação aos que não trabalham nesse período.
Trabalho em ambiente insalubre e perigoso	Participantes que trabalham em ambientes insalubres e perigosos perceberam maiores níveis de fadiga em relação aos que não trabalham nesses ambientes.

Fonte: Autoria Própria

4 DISCUSSÃO

O escopo da presente pesquisa concentrou-se na análise da fadiga humana no contexto da manutenção de aeronaves, com delimitação temporal ao período contemporâneo, abrangência espacial restrita ao território brasileiro, e foco substantivo na investigação dos fatores humanos e na segurança operacional.

O estudo do objetivo “captar as percepções dos profissionais da manutenção sobre a presença e amplitude da fadiga humana no seu ambiente de trabalho e correlacionar os níveis de fadiga com os aspectos que o influenciam, incluindo fatores sociodemográficos e relacionados ao trabalho, estabelecendo relações entre as variáveis e explicando essas relações à luz de um quadro teórico prévio.” foi operacionalizado através de análise estatística de dados obtidos através de pesquisa por questionário.

O estudo revelou que 51,30% dos profissionais de manutenção de aeronaves experimentam fadiga, sendo 9,40% destes em níveis extremos. Os resultados sugerem a necessidade de aprimoramento de estratégias de gerenciamento de risco para abordar a fadiga, juntamente com a identificação de potenciais perigos. Esse aprimoramento é essencial para assegurar a segurança operacional, conforme preconizado por Dias, Santos e Melicio (2019) e Hobbs (2008).

O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) nº 117 (ANAC, 2019), estabelecido pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), aborda os requisitos para o gerenciamento de risco de fadiga humana em tripulantes e operadores aéreos, concentrando-se principalmente nos membros das tripulações de aeronaves. Contudo, conforme destacado na literatura, há uma lacuna de conhecimento sobre a incidência de fadiga, especialmente entre os profissionais de manutenção de aeronaves. É essencial compreender as características da fadiga nesse ambiente e desenvolver regulamentações específicas para esses profissionais, conforme preconizado por Fonseca (2022), Noy et al. (2011), Santos e Melicio (2019) e Williamson et al. (2011).

Quanto a correlação entre as escalas de avaliação, as análises realizadas destacaram uma correlação positiva entre sonolência, carga de trabalho e os níveis mensurados de fadiga. Constatou-se que à medida que os níveis de sonolência e carga de trabalho aumentam, os níveis de fadiga também se elevam. Resultados revelaram que 46,90% dos participantes apresentaram níveis anormais de sonolência, enquanto 40,40% registraram pontuações mais elevadas em relação à carga de trabalho. Estes resultados indicam que tais fatores atuam como preditores dos níveis de fadiga e podem não estar adequadamente gerenciados, impactando, consequentemente, nos níveis mensurados de fadiga dos participantes.

A análise da qualidade de vida revelou-se um fator moderador em relação aos níveis mensurados de fadiga, apresentando uma correlação negativa significativa. Nesse contexto, constatou-se que elevados níveis de qualidade de vida estão associados a menores índices de fadiga. Os resultados indicam que 27,10% dos participantes apresentam necessidade de aprimorar a qualidade de vida, enquanto 56% mantêm uma classificação regular. Destaca-se a importância de aprimorar esse fator como estratégia para a redução dos níveis de fadiga.

Além disso, os resultados do estudo indicam que, em relação aos aspectos sociodemográficos, os participantes com idades entre 36 e 50 anos apresentaram uma percepção mais elevada de fadiga em comparação com as outras faixas etárias. No contexto dos aspectos relacionados ao trabalho, constatou-se que alguns deles também influenciam significativamente os níveis de fadiga mensurados. Os participantes envolvidos diretamente na execução da manutenção (MMA e supervisor/inspetor) perceberam níveis mais altos de fadiga do que os que não estavam envolvidos nessa atividade. Ao se concentrar apenas nas funções dos participantes, os MMAs demonstraram percepções mais elevadas de fadiga em comparação com os participantes responsáveis pela gestão da manutenção.

Em relação ao horário laboral, os participantes que trabalham em turnos ou durante a noite perceberam níveis mais altos de fadiga do que aqueles que não estão envolvidos nessas condições. Adicionalmente, participantes que atuam em ambientes sujeitos a insalubridade/periculosidade experimentaram níveis mais elevados de fadiga em comparação com aqueles que não trabalham nessas condições, indicando que ambientes nocivos afetam a saúde dos trabalhadores.

Esses resultados estão em consonância com o preconizado pela FAA (2014) e ICAO (2016), que abordam os principais fatores preditores e moderadores dos níveis de fadiga na manutenção de aeronaves.

5 CONCLUSÃO

Embora o número de 277 participantes não seja expressivo em comparação ao total de profissionais de manutenção de aeronaves no Brasil, os resultados da pesquisa são significativos. Isso se deve ao fato de que a amostra investigada demonstrou uma percepção clara dos efeitos da fadiga, e a pesquisa utilizou escalas validadas cientificamente, com altos índices de confiabilidade. Além disso, essas escalas foram culturalmente adaptadas para a população brasileira, o que reforça a validade dos achados e a relevância dos dados obtidos, mesmo com um número relativamente menor de participantes.

Desta forma, com base nas características únicas do ambiente e das funções desempenhadas pelos profissionais de manutenção de aeronaves, e à luz dos resultados desta pesquisa que revela que 51,30% desses profissionais demonstram sinais de fadiga, conclui-se a necessidade de aprimorar estratégias de gerenciamento de risco para abordar a fadiga. Além disso, os regulamentos atuais sobre fadiga podem não ser totalmente adequados para lidar com as demandas específicas envolvidas na manutenção de aeronaves. Em um cenário caracterizado pela redução da força de trabalho por necessidade de corte de custos, os

profissionais da manutenção cada vez mais enfrentam jornadas ininterruptas de trabalho e demandas constantes. Tal situação resulta em escassez de sono adequado e carga excessiva de trabalho, evidenciando um aumento de exposição à fadiga.

Diante desse cenário, recomenda-se que as partes interessadas, como regulador, empresas aéreas e empresas de manutenção, adotem medidas efetivas para mitigar os fatores prejudiciais e a subsequente exposição à fadiga. É crucial reconhecer que a segurança operacional na manutenção de aeronaves é comprometida pela fadiga, podendo resultar em erros de manutenção com consequências catastróficas. Nesse contexto, a promoção de práticas e políticas que favoreçam a saúde e bem-estar dos profissionais de manutenção emerge como uma abordagem educativa e preventiva, visando assegurar um ambiente de trabalho saudável e seguro para todos os envolvidos na indústria da aviação.

REFERÊNCIAS

- ANAC. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil RBAC nº 117: Requisitos para gerenciamento de fadiga humana**. Emenda nº 00 ed. Brasília: Agência Nacional de Aviação Civil, 2019.
- BENDAK, S.; RASHID, H. S. J. Fatigue in aviation: A systematic review of the literature. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 76, p. 102928, mar. 2020.
- BERTOLAZI, A. N. et al. Portuguese-language version of the Epworth sleepiness scale: validation for use in Brazil. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 35, n. 9, p. 877–883, set. 2009.
- BILLONES, R. et al. Dissecting the fatigue experience: A scoping review of fatigue definitions, dimensions, and measures in non-oncologic medical conditions. **Brain, Behavior, & Immunity - Health**, v. 15, p. 100266, 1 ago. 2021.
- CHAGAS, D. **Fadiga no trabalho: fatores e consequências**. 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/309619463>>.
- CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **PSYCHOMETRIKA**, v. 16, n. 3, p. 297–334, 1951.
- CURADO, M. **A medida e as escalas de avaliação da saúde das populações neonatais e pediátricas**. Dissertação—Lisboa: Universidade de Lisboa, 2016.
- DELUCA, J. Fatigue: Its Definition, Its Study, and Its Future. Em: **Fatigue as a Window to the Brain**. [s.l.] The MIT Press, 2005.
- DIAS, N. G.; SANTOS, L. F. F. M.; MELICIO, R. Aircraft Maintenance Professionals: Stress, Pressure and Fatigue. **MATEC Web of Conferences**, v. 304, p. 06001, 17 dez. 2019.
- FAA. Human factors chapter 14. Em: **AMT_Handbook_Addendum_Human_Factors**. [s.l.: s.n.].
- FARIA, A. B. et al. Implicação do Trabalho noturno na qualidade de vida. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, 15 dez. 2021.
- FLECK, M. P. et al. Aplicação da versão em português do instrumento abreviado de avaliação da qualidade de vida “WHOQOL-bref”. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, n. 2, p. 178–183, abr. 2000.
- FONSECA, D. **Fatores humanos na manutenção de aeronaves**. Trabalho de Conclusão de Curso—São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 31 ago. 2022.
- FORTIN, M.-F. **O processo de investigação: da concepção à realização**. [s.l.] Edições Técnicas e Científicas, Lda, 1999.
- GAWRON, V. J. Overview of self-reported measures of fatigue. **The International Journal of Aviation Psychology**, v. 26, n. 3–4, p. 120–131, 13 out. 2016.
- GOODMAN, L. Snowball sampling. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 32, n. 1, p. 148–170, 30 mar. 1961.
- HABIB, K.; TURKOGLU, C. Analysis of Aircraft Maintenance Related Accidents and Serious Incidents in Nigeria. **Aerospace**, v. 7, n. 12, p. 178, 11 dez. 2020.
- HILL, M.; HILL, A. **Investigação por questionário**. 2ª Edição ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2005.
- HOBBS, A. **An overview of human factors in aviation maintenance**. 2008. Disponível em: <www.ag.gov.au/ccca>.
- IBM. **Propel research and analysis with a comprehensive statistical software solution**. Armonk IBM Corporation, , 1 maio 2021.
- ICAO. **Doc 9966, manual for the oversight of fatigue management approaches**. Second Edition ed. Montreal, Canadá: International Civil Aviation Organization, 2016.
- JOHNS, M. W. A new method for measuring daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. **Sleep**, v. 14, n. 6, p. 540–545, 1 nov. 1991.
- KERLINGER, F. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais**. 8ª edição ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1979.
- KHUONG, M. N.; HOANG TO UYEN, N. Factors Affecting Employee Job Engagement towards Aircraft Maintenance Organizations - A Mediation Analysis of Job Satisfaction. **Journal of Economics, Business and Management**, v. 4, n. 4, p. 339–346, 2016.

- LOZANO, L. M.; GARCÍA-CUETO, E.; MUÑIZ, J. Effect of the number of response categories on the reliability and validity of rating scales. **Methodology**, v. 4, n. 2, p. 73–79, 2008.
- MICHELSEN, H. J.; DE VRIES, J.; VAN HECK, G. L. Psychometric qualities of a brief self-rated fatigue measure. **Journal of Psychosomatic Research**, v. 54, n. 4, p. 345–352, abr. 2003.
- MILLER, M.; MRUSEK, B.; HERBIC, J. **Managing fatigue in aviation maintenance while promoting a human factors safety reporting system; a strategic approach to aviation safety**. 2023.
- MORIGUCHI, C. S. et al. Cultural adaptation and psychometric properties of Brazilian Need for Recovery Scale. **Revista de Saúde Pública**, v. 44, n. 1, p. 131–139, fev. 2010.
- MOTA, D.; CRUZ, D.; PIMENTA, C. Fadiga: uma análise do conceito. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 18, n. 3, p. 285–293, set. 2005.
- MOTA, J. Utilização do google forms na pesquisa acadêmica. **Revista Humanidades e Inovação**, p. 372–380, 9 set. 2019.
- NOY, Y. I. et al. Future directions in fatigue and safety research. **Accident Analysis & Prevention**, v. 43, n. 2, p. 495–497, mar. 2011.
- OLIVEIRA, G. et al. Análise fatorial da escala de avaliação da fadiga em uma amostra de universitários de instituição pública. **Revista de Psicologia**, v. 4, n. 11, p. 51, 17 jan. 2010.
- PALLANT, J. **SPSS Survival Manual - A step by step guide to data analysis using IBM SPSS**. 7th edition ed. London and New York: Routledge, 2020.
- RAHIMIAN AGHDAM, S. et al. Fatigue assessment scales: A comprehensive literature review. **Archives of Hygiene Sciences**, v. 8, n. 3, p. 145–153, 1 out. 2019.
- RICHARDSON, R. **Pesquisa social métodos e técnicas**. 3ª Edição ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1999.
- RODRIGUES, M. Investigação científica: Operacionalização de variáveis. **Revista Referência**, p. 77–79, 1998.
- RYBALKINA, A.; ENIKEEV, R. Fatigue management methodology in aircraft maintenance as a way of reducing errors related to the human factor. **MATEC Web of Conferences**, v. 341, p. 00006, 21 jul. 2021.
- SÁ, P.; COSTA, A.; MOREIRA, A. **Reflexões em torno de metodologias de investigação: recolha de dados**. 1ª edição ed. [s.l.] UA Editora, 2021. v. Vol.2
- SANTOS, L.; MELICIO, R. Stress, pressure and fatigue on aircraft maintenance personal. **International Review of Aerospace Engineering (IREASE)**, v. 12, n. 1, p. 35, 28 fev. 2019.
- SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE OF THE MEDICAL OUTCOMES TRUST. Assessing health status and quality-of-life instruments: Attributes and review criteria. **Quality of Life Research**, p. 193–205, 8 jan. 2002.
- SHAHID, A. et al. **STOP, THAT and one hundred other sleep scales**. New York, NY: Springer New York, 2012.
- SHANMUGAM, A.; PAUL ROBERT, T. Human factors engineering in aircraft maintenance: a review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 21, n. 4, p. 478–505, 12 out. 2015.
- SIGNAL, T. L.; VAN DEN BERG, M. J.; MULRINE, H. M. Personal and Work Factors That Predict Fatigue-Related Errors in Aircraft Maintenance Engineering. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 90, n. 10, p. 860–866, 1 out. 2019.
- SOUSA, C. **O contributo das TIC nas artes visuais: Uma investigação na educação pré-escolar com crianças de 5/6 anos**. Castelo Branco: [s.n.].
- SOUZA, A. C. DE et al. Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos: avaliação da confiabilidade e da validade. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 26, n. 3, p. 649–659, 1 jul. 2017.
- THE WHOQOL GROUP. Development of the World Health Organization WHOQOL-BREF Quality of Life Assessment. **Psychological Medicine**, v. 28, n. 3, p. 551–558, 1 maio 1998.
- UMMUL, S. Shift Work and Fatigue. **IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 1, n. 3, p. 17–21, 2012.
- VAN VELDHoven, M. Measurement quality and validity of the “need for recovery scale”. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 60, n. >90001, p. 3i–39, 1 jun. 2003.
- WHO. Night shift work. **IARC Monographs**, v. 124, n. 1, p. 49–92, jan. 2020.
- WILLIAMSON, A. et al. The link between fatigue and safety. **Accident Analysis and Prevention**, v. 43, n. 2, p. 498–515, mar. 2011.
- WINGELAAR-JAGT, Y. Q. et al. Fatigue in Aviation: Safety Risks, Preventive Strategies and Pharmacological Interventions. **Frontiers in Physiology**, v. 12, 6 set. 2021.
- ZIAKKAS, D.; CHAZAPIS, S.; PLIOUTSIAS, A. Safety climate assessment: The implementation of psychological fatigue indicators in airline fatigue risk management systems. **Transportation Research Procedia**, v. 66, n. C, p. 26–39, 2022.

A CONEXÃO ENTRE A SEGURANÇA DA AVIAÇÃO CIVIL (*SECURITY*) E AS INTERSEÇÕES ENTRE OS PODERES CIBERNÉTICO E ESPACIAL

Marcello Guedes Virissimo¹

1 marcello.guedes@anac.gov.br

RESUMO: O estudo examina a segurança da aviação civil, com ênfase no Brasil, destacando o papel do Documento de Segurança da Aviação Civil (DSAC)² na mitigação de vulnerabilidades e na proteção contra atos de interferência ilícita. Além disso, analisa as interseções entre os domínios cibernético e espacial, suas implicações para a aviação e a relevância da governança global e da cooperação internacional. A integração de tecnologias emergentes e parcerias público-privadas são discutidas como soluções estratégicas frente aos desafios do New Space e às ameaças cibernéticas e espaciais.

Palavras Chave: 1. Segurança da Aviação Civil. 2. DSAC. 3. Cibersegurança. 4. Espaço Aéreo. 5. Governança Global. 6. New Space. 7. Parcerias Público-Privadas. 8. Tecnologias Emergentes.

THE CONNECTION BETWEEN CIVIL AVIATION SECURITY AND THE INTERSECTIONS OF CYBER AND SPACE POWER

ABSTRACT: This study examines civil aviation security, focusing on Brazil and emphasizing the role of the Civil Aviation Security Document (DSAC) in mitigating vulnerabilities and protecting against unlawful interference. It explores intersections between the cyber and space domains, their implications for aviation, and the importance of global governance and international cooperation. The integration of emerging technologies and public-private partnerships is discussed as strategic solutions to address New Space challenges and cyber and space threats.

Key words: 1. Civil aviation security. 2. DSAC. 3. Cybersecurity. 4. Airspace. 5. Global Governance. 6. New Space. 7. Public-Private Partnerships. 8. Emerging Technologies.

Citação: Virissimo, MG. (2025) A conexão entre a segurança da aviação civil (*security*) e as interseções entre os poderes cibernético e espacial. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, Nº. 1, pp. 63-67.

1 INTRODUÇÃO

A segurança da aviação civil contra atos de interferência ilícita (AVSEC) é um dos pilares fundamentais para a proteção da infraestrutura aeroespacial de qualquer nação e, consequentemente, para a defesa nacional. No Brasil, o Documento de Segurança da Aviação Civil (DSAC) atua como um importante recurso para monitorar, identificar e mitigar vulnerabilidades na aviação civil, sendo uma ferramenta essencial para a gestão de ameaças modernas e para o fortalecimento do sistema AVSEC brasileiro. Conforme ensina Virissimo (2023), o DSAC é um meio de coleta de dados de ameaças, fornecendo uma visão abrangente sobre vulnerabilidades e facilitando a implementação de medidas de prevenção e segurança.

A Política e Segurança Espacial explora a necessidade de uma abordagem integrada entre os domínios cibernético e espacial e a aviação civil, destacando como os avanços tecnológicos e a expansão de novos atores no espaço requerem uma governança global para proteção do espaço aéreo e da segurança nacional. Conforme apontam Jakhu e Pelton (2017), a governança global do espaço exterior é um pilar crítico para a segurança nacional, considerando que satélites e sistemas espaciais suportam operações essenciais de comunicação e navegação. Diante desse cenário, este ensaio busca examinar como as interseções entre segurança cibernética, espacial e da aviação civil se relacionam, analisando o papel do DSAC, os desafios regulatórios e a relevância da cooperação internacional para fortalecer a segurança da aviação brasileira e, por extensão, a segurança nacional.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA DA AVIAÇÃO CIVIL E O PAPEL ESTRATÉGICO DO DSAC

A segurança da aviação civil tornou-se ainda mais vital após os ataques de 11 de setembro de 2001, que evidenciaram a vulnerabilidade do setor aeronáutico e deram origem a protocolos mais rigorosos para a proteção do tráfego aéreo. Como observado por Monreal (2021, p. 25), "A aviação civil é um fator crítico para o progresso e o desenvolvimento da humanidade, e, não por menos, sua salvaguarda está inserida no escopo do Poder Aeroespacial brasileiro como um de seus seis instrumentos constitutivos".

Nesse contexto, o DSAC foi implementado no Brasil para monitorar as vulnerabilidades no setor de aviação e identificar riscos emergentes, oferecendo uma plataforma para que as autoridades possam estruturar respostas mais eficientes. Esse documento fortalece o Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil contra Atos de Interferência Ilícita (PNAVSEC), que

segue as diretrizes estabelecidas pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI). Dolman (2005, p. 85) argumenta que "a soberania nacional ou individual do Estado pode ser mais bem alcançada por meios coletivos (uma coalizão permanente contra a agressão), estruturada dentro das normas de negociação aberta e vigilância constante", pois a proteção de passageiros, tripulação e infraestrutura aeronáutica é um requisito fundamental para qualquer nação que busca garantir sua soberania e segurança.

O DSAC não se limita à identificação de ameaças, mas também ajuda na formulação de estratégias de prevenção que mitiguem riscos antes que se concretizem, promovendo uma "cultura de segurança" que, de acordo com Vaz-Ferreira e Batista (2021, p. 219), "[...] reside na produção e disponibilização de informações, com valor econômico e estratégico, em diferentes aplicações". Dessa forma, o DSAC funciona como uma ferramenta fundamental para integrar a segurança da aviação ao conceito mais amplo de segurança nacional.

2.2 O IMPACTO DAS INTERSEÇÕES ENTRE OS DOMÍNIOS CIBERNÉTICO E ESPACIAL NA AVIAÇÃO CIVIL

A aviação civil opera em um ambiente de interdependência crescente com os domínios cibernético e espacial, o que aumenta a complexidade dos desafios de segurança. O avanço do "New Space", principalmente caracterizado pela entrada de atores comerciais e privados no setor espacial, ampliou ainda mais a digitalização dos sistemas de comunicação e navegação. Com isso, as operações aeronáuticas tornaram-se cada vez mais dependentes de satélites e de infraestrutura cibernética. Al-Rodhan (2012, p. 72) acrescenta que, "[...] uma crescente dependência de sistemas de comunicação e navegação baseados no espaço, a vulnerabilidade da sociedade moderna e sua infraestrutura tecnológica ao 'clima espacial' aumentou dramaticamente".

O espaço exterior tornou-se uma área de disputa estratégica para vários países, e essa expansão expõe o setor de aviação a novas ameaças. Em sua análise, Lonsdale (1999) observa que o espaço exterior se configura como o quarto domínio estratégico da guerra, e o cibernético, o quinto. De acordo com Vilar-Lopes (2021), a relação intrínseca entre eles fica cada vez mais visível com o passar do século XXI, especialmente após anos de certa falta de protagonismo espacial, com o fim do acirramento espacial entre norte-americanos e soviéticos. Sem uma infraestrutura cibernética segura, qualquer falha nos sistemas de satélites pode comprometer a comunicação e a segurança dos voos, afetando tanto o setor civil quanto o militar.

A governança global do espaço exterior é interligada ao setor cibernético, especialmente no que se refere à proteção contra interferências ilícitas e ataques cibernéticos que podem afetar a aviação civil. Como o DSAC reúne dados críticos sobre incidentes cibernéticos e espaciais, ele desempenha um papel estratégico na criação de uma cultura de segurança que se adapta às vulnerabilidades desses domínios. Sem uma estrutura integrada que lide com essas ameaças, o setor de aviação continua vulnerável a ataques que podem resultar em consequências graves para a segurança pública e a estabilidade nacional.

2.3 DESAFIOS CIBERNÉTICOS E O PAPEL DO DSAC NA MITIGAÇÃO DE RISCOS

A segurança cibernética tornou-se um aspecto essencial da segurança da aviação, uma vez que ameaças digitais podem impactar sistemas críticos, como satélites de comunicação e redes de controle de tráfego aéreo. Como aponta Iglesias (2021), o Brasil desenvolveu sua arquitetura de segurança cibernética e incorporou questões como a proteção das principais instalações de segurança energética em sua política e estratégia de defesa nacional. Isso inclui prontidão para possíveis eventos naturais e ataques cibernéticos.

O DSAC desempenha um papel importante na mitigação desses riscos, ao registrar informações sobre ameaças cibernéticas e auxiliar no desenvolvimento de estratégias preventivas. Com base nas informações coletadas, é possível identificar padrões e prever vulnerabilidades, permitindo uma resposta mais rápida e eficiente. No entanto, como as ameaças cibernéticas evoluem constantemente, é crucial que o DSAC continue a adaptar-se às novas táticas de ataque. Silva (2019, p. 80) ressalta que "[...] a segurança cibernética não se fundamenta apenas na prevenção e no enfrentamento de ameaças, mas também na antecipação da identificação de intenções e potencialidades de adversários [...]".

A eficácia do DSAC em lidar com essas ameaças depende também da integração com políticas de segurança cibernética em nível nacional e internacional, além da capacidade de criar protocolos robustos que fortaleçam a resiliência dos sistemas aeronáuticos. Nesse sentido, o DSAC atua como um facilitador para a implementação de políticas de segurança que contemplem as necessidades cibernéticas do setor aeroespacial.

2.4 A IMPORTÂNCIA DA COOPERAÇÃO INTERNACIONAL PARA A SEGURANÇA AEROESPACIAL

Dado o caráter transnacional das ameaças cibernéticas e espaciais, torna-se indispensável que as nações colaborem para garantir a proteção de suas infraestruturas críticas. A segurança aeroespacial depende de uma rede de colaboração entre as nações, especialmente diante do aumento dos ataques cibernéticos que têm o potencial de afetar satélites e sistemas de navegação. De acordo com a proposição de Vilar-Lopes (2021, p. 215):

"Se tudo passa por satélites, então nada mais óbvio do que buscar fortalecer capacidades e habilidades que podem pôr em risco o desenvolvimento das atividades espaciais, especialmente em contexto de superação de dependências por meio de cooperação internacional e parcerias estratégicas [...]"

No Brasil, o DSAC tem promovido a troca de informações com outras nações, fortalecendo sua capacidade de responder a ameaças transnacionais. Conforme ensina Virissimo (2023), a ANAC tem buscado colaborar com organismos internacionais

para compartilhar dados e experiências em segurança cibernética e espacial. A integração de políticas e normas comuns para a segurança de sistemas críticos e a promoção de uma governança colaborativa para o espaço são fundamentais. A Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) propõe práticas recomendadas para a segurança da aviação que orientam o uso do DSAC, fortalecendo a capacidade do Brasil de enfrentar os desafios globais de segurança.

2.5 INOVAÇÕES E O PAPEL DA GOVERNANÇA E REGULAÇÃO NO SETOR AEROESPACIAL

A governança e a regulação são elementos essenciais para garantir uma segurança integrada na aviação e no espaço exterior, especialmente diante das rápidas inovações tecnológicas. Neto (2021, p. 19) sugere que "é importante a atualização do regime internacional sobre a exploração espacial para refletir a nova realidade do século XXI, uma tarefa complexa dada a necessidade do consenso nos órgãos tradicionais do sistema ONU". Com o aumento das atividades espaciais, a segurança cibernética e espacial exige estruturas regulatórias que respondam às necessidades de proteção do espaço aéreo e das operações espaciais.

O Brasil, como signatário de tratados internacionais de segurança e membro da OACI, segue padrões globais para a regulação da segurança da aviação. O DSAC, por sua vez, é o instrumento que permite que essas diretrizes sejam implementadas e adaptadas à realidade brasileira. Conforme ensina Iglesias (2021, p. 35), "Com efeito, para prever ataques potenciais ou identificar riscos prontamente, é fundamental compartilhar informações de forma colaborativa por meio de plataformas de recursos que ajudem a acessar e trocar dados entre todas as partes interessadas". O DSAC proporciona uma estrutura que facilita a regulamentação e adaptação das políticas de segurança aeroespacial, promovendo um ambiente mais seguro para a aviação civil.

2.6 A EXPANSÃO DO NEW SPACE E SEUS DESAFIOS PARA A SEGURANÇA AEROESPACIAL

A expansão do New Space, que inclui o ingresso de atores privados e novos países na exploração espacial, traz desafios adicionais para a segurança aeroespacial. De acordo com os ensinamentos de Matos (2022, p. 390), "A indústria espacial, pela sua elevada complexidade tecnológica e dualidade de aplicações (civis e militares), é parte de um cenário de competição interestatal permanente, e ao mesmo tempo dinâmico [...]". A crescente competição no setor espacial implica que os países devem adotar práticas de segurança que previnam o uso inadequado do espaço e protejam as infraestruturas orbitais, fundamentais para a aviação civil.

O DSAC, com suas diretrizes de monitoramento e mitigação de riscos, pode ser adaptado para atender a essas novas demandas do setor aeroespacial. No entanto, é necessário que a governança e a regulação do New Space se adequem às realidades de segurança cibernética e espacial para garantir um ambiente seguro. Como Vilar-Lopes (2021, p. 211) explica, "A intersecção entre esses dois domínios, no entanto, tem provocado profundas transformações no braço armado do poder político, servindo de alerta, inclusive, para o debate em países em desenvolvimento, como o Brasil".

2.7 PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS E O PAPEL DA INOVAÇÃO NA SEGURANÇA AEROESPACIAL

As parcerias público-privadas (PPPs) são ferramentas importantes para fortalecer a segurança aeroespacial, especialmente no contexto de novas tecnologias e inovação. A colaboração entre o governo e empresas privadas no setor de tecnologia pode impulsionar a criação de soluções avançadas para enfrentar as ameaças cibernéticas e espaciais. Conforme aduzem Jakhu e Pelton (2017, p. 87):

"No mundo de hoje, os Estados estão incentivando empresas privadas a participar de atividades espaciais. Muitos acreditam que as demandas em termos de 'know-how', experiência e investimento podem ser cobertas de forma mais eficaz por investimentos e atores privados do que por entidades governamentais."

A integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial e análise de big data, no contexto AVSEC, oferece uma oportunidade para identificar padrões de ameaças de forma proativa. Essas tecnologias permitem ao DSAC coletar, processar e analisar grandes volumes de dados em tempo real, facilitando a detecção de anomalias e a implementação de respostas rápidas e eficazes. Como aponta Iglesias (2021), dado o foco crescente nas ameaças cibernéticas, as empresas do setor de tecnologia e informação são as que têm atraído mais atenção. Todavia, a abrangência da cooperação civil-militar ultrapassa esse setor. O rápido avanço nos desenvolvimentos tecnológicos e na digitalização, em contrapartida, aumentou a exposição da infraestrutura pública e privada a ameaças híbridas.

2.8 DESAFIOS REGULATÓRIOS FRENTE AO CRESCIMENTO DO NEW SPACE

O crescimento do New Space traz um desafio regulatório significativo, especialmente no que diz respeito à segurança e à proteção dos recursos espaciais. A falta de regulamentação clara sobre o uso do espaço exterior pode resultar em problemas de segurança, uma vez que os atores privados podem não seguir padrões de segurança internacionais. Jakhu e Pelton (2017, p. 18) enfatizam que "Como a governança global não está consagrada em uma única constituição global, ela é flexível e está em constante mudança. Novos fóruns e organizações são estabelecidos, os existentes veem o escopo de seus mandatos aumentar e novas regras e normas são adotadas".

Nesse sentido, o DSAC pode ser uma ferramenta importante para auxiliar na elaboração de regulamentações que sejam aplicáveis ao contexto nacional, mas alinhadas aos padrões internacionais.

2.9 INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES NO CONTEXTO AVSEC

O uso de tecnologias emergentes no contexto da segurança da aviação civil representa uma mudança de paradigma na forma como ameaças são identificadas e mitigadas. O DSAC, como ferramenta de apoio à segurança, pode ser significativamente beneficiado pela integração de tecnologias como inteligência artificial (IA), machine learning e *big data*¹. Segundo propõe Pilon (2024, p. 121), "quando usamos o aprendizado de máquina para detectar padrões e avaliar conjuntos de dados complexos de opiniões de pessoas expressas em várias plataformas ou por meio de diferentes canais, podemos usar a IA para estruturá-los e dar sentido a eles". Assim, a IA pode ser utilizada para monitorar dados de tráfego aéreo, informações de passageiros e até mesmo comportamentos suspeitos em aeroportos, facilitando uma resposta mais rápida e eficiente a incidentes.

A análise de big data é outro aspecto crucial para a segurança da aviação. A análise de grandes volumes de dados provenientes de diversas fontes (como relatórios de manutenção, comportamento de passageiros, dados meteorológicos e informações de satélites) pode fornecer *uma compreensão* valiosa para a mitigação de riscos. Kitchin (2014) observa que, de forma semelhante a outras soluções analíticas de grandes volumes de dados, delegar a detecção de ameaças às soluções automáticas pode ajudar a agilizar as atividades de segurança e otimizar procedimentos de respostas. O DSAC pode se beneficiar da análise dessa massa de dados para prever ameaças e desenvolver estratégias de mitigação que sejam mais precisas e eficazes.

Além disso, o uso de sistemas autônomos e drones no espaço aéreo, seja para fins de vigilância ou para logística, aumenta a complexidade da gestão do espaço e da segurança. Os drones, que operam em baixas altitudes, podem ser utilizados tanto para reforçar a segurança quanto para criar novas vulnerabilidades, caso sejam utilizados para fins ilícitos. Conforme os ensinamentos de Ahmed et al. (2020, p. 6), "[...] os sistemas autônomos tendem a não ter o julgamento, a consciência situacional e as intervenções instantâneas frequentemente exigidas de pilotos humanos vivos e exigirão um período prolongado para o desenvolvimento de padrões regulatórios".

3 CONCLUSÃO

O Documento de Segurança da Aviação Civil (DSAC) é uma ferramenta essencial para o fortalecimento do sistema de segurança da aviação civil no Brasil, especialmente frente às ameaças dos domínios cibernético e espacial. A análise realizada neste ensaio mostra que as interseções entre esses domínios trazem novos desafios que requerem uma abordagem de segurança integrada, capaz de mitigar vulnerabilidades e responder às ameaças de maneira eficaz e em tempo hábil.

Conforme discutido, a integração de tecnologias emergentes como inteligência artificial e *big data*, bem como as parcerias público-privadas, desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de soluções inovadoras para a segurança aeroespacial. Além disso, a importância da cooperação internacional e do estabelecimento de políticas e regulamentações claras para lidar com o crescimento do setor New Space são elementos essenciais para a criação de um ambiente seguro e estável.

Dada a crescente interdependência entre aviação, cibersegurança e operações espaciais, é imperativo que o DSAC continue a evoluir para incorporar novas práticas e tecnologias de segurança. A integração de políticas nacionais e internacionais, somada à cooperação com outros países e ao envolvimento do setor privado, contribuirá para o fortalecimento do ambiente de segurança aeroespacial, protegendo não apenas a aviação civil, mas também garantindo a estabilidade e a segurança nacional.

Como argumenta Lonsdale (1999, p. 149), "No contexto de uma campanha militar, essas três dimensões da guerra (infosfera, ar e espaço) estão tão intrinsecamente ligadas que o comando ou controle deve ser garantido em todas elas simultaneamente". Em última análise, o DSAC não só apoia a proteção das operações de aviação no Brasil, mas também fomenta o desenvolvimento de uma política de defesa integrada, capaz de enfrentar os desafios contemporâneos e futuros do setor aeroespacial.

REFERÊNCIAS

- AHMED, S. S. et al. The flying car – challenges and strategies toward future adoption. *Frontiers in Built Environment*, v. 6, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2020.00106/full>. Acesso em: 15 nov. 2024. DOI: 10.3389/fbuil.2020.00106.
- BRASIL. Decreto no 11.195, de 8 de setembro de 2022. Dispõe sobre o Programa Nacional de Segurança da Aviação Civil Contra Atos de Interferência Ilícita – PNAVSEC. Brasília, DF: Presidência da República, 2022a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D11195.htm. Acesso em: 15 nov. 2024.
- AL-RODHAN, N. R. F. *Meta-geopolitics of outer space: an analysis of space power, security and governance*. New York: Palgrave Macmillan, 2012.

¹ “Big Data” é um termo que se refere ao conjunto de técnicas, tecnologias e metodologias voltadas para lidar com grandes volumes de dados, que são tão massivos, variados e gerados em alta velocidade que os métodos tradicionais de processamento (como bancos de dados relacionais clássicos) não conseguem tratar de forma eficiente.

- DOLMAN, E. C. *Astropolitik: classical geopolitics in the Space Age*. New York: Routledge, 2005.
- IGLESIAS, M. C. Proteção de infraestruturas críticas: o papel central do setor privado e a cooperação civil-militar. In: KONRAD-ADENAUER-STIFTUNG (Org.). *International security: a European-South American dialogue*. v. 1, p. 23-39, 2021. Disponível em: http://www.kas.de/documents/265553/0/PolicyPapers_FORTE2021_Digital.pdf. Acesso em: 15 nov. 2024.
- JAKHU, R. S.; PELTON, J. N. *Global space governance: an international study*. London: Springer, 2017.
- KITCHIN, R. *The data revolution: big data, open data, data infrastructures and their consequences*. London: SAGE Publications Ltd., 2014.
- LONSDALE, D. Information power: strategy, geopolitics, and the fifth dimension. *Journal of Strategic Studies*, v. 22, n. 2-3, p. 137-157, 1999.
- MATOS, P. O. New Space e poder monetário: os Estados Unidos no setor espacial pós-crise financeira de 2008. *Revista Tempo do Mundo*, n. 29, p. 387-408, 2022.
- MONREAL, E. A. *Gerenciamento de riscos no controle do espaço aéreo brasileiro e a fase de identificação dos atos de interferência ilícita*. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Aeroespaciais) — Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://redebia.direns.fab.mil.br/mobile/detalhe.asp?codigo=78930>. Acesso em: 15 nov. 2024.
- NETO, H. A. P. *A fronteira atual: atores e processos de governança na nova era espacial*. 2021. Dissertação (Mestrado em Governança Global e Formulação de Políticas Internacionais) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://sapientia.pucsp.br/handle/24318>. Acesso em: 15 nov. 2024.
- PILON, R. V. *Artificial intelligence in commercial aviation: use cases and emerging strategies*. New York: Routledge, 2024.
- SILVA, M. V. A. Panorama da ameaça cibernética à aviação civil. *Revista Brasileira de Inteligência*, v. 14, p. 67-84, 2019.
- VAZ-FERREIRA, L.; BATISTA, P. R. Política espacial e segurança: mudanças e continuidades na segunda era. *Revista da Escola de Guerra Naval*, v. 27, p. 209-238, 2021.
- VILAR-LOPES, G. Intersecções entre os domínios espacial e cibernético: implicações para o Poder Aeroespacial brasileiro. In: KONRAD-ADENAUER-STIFTUNG (Org.). *International security: a European-South American dialogue*. v. 1, p. 205-220, 2021. Disponível em: http://www.kas.de/documents/265553/0/PolicyPapers_FORTE2021_Digital.pdf. Acesso em: 15 nov. 2024.
- VIRÍSSIMO, M. C. G. *As avaliações de vulnerabilidade e o combate aos atos de interferência ilícita no Brasil: a contribuição do Documento de Segurança da Aviação Civil (DSAC) para o fortalecimento da segurança nacional*. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências Aeroespaciais) — Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2023.

A REALIZAÇÃO DO LOFT EM SIMULADOR DE VOO

Antônio Ricardo Pinheiro Cintra ¹

¹ ricardo.cintra@outlook.com

RESUMO: O presente artigo é resultado de um trabalho de conclusão de curso sobre a utilização dos simuladores de voo para o treinamento de tripulantes, principalmente voltado ao gerenciamento de recursos de cabine (CRM). Foi realizada uma pesquisa documental e bibliográfica, aplicados questionários aos tripulantes e facilitadores e entrevistas com especialistas em simulação de voo e facilitação de CRM, para identificar e comparar a eficiência do treinamento LOFT de acordo com as características dos simuladores disponíveis no Exército Brasileiro (EB), bem como o cenário de voo a ser aplicado. A amostra contou com membros da Aviação do Exército (AvEx), sendo composta pelos tripulantes do 4º Batalhão de Aviação do Exército (BAvEx) e facilitadores de todas as organizações militares da AvEx. Observou-se que dentre os simuladores existentes, dos tipos FFS, FTD e ATD1, os simuladores FTD apresentaram um melhor custo-benefício quanto à possibilidade de aquisição, instalação e aplicação do LOFT, assim como o cenário de voo deve ser personalizado à organização aeronáutica, abordando suas principais características de operação e ameaças encontradas. Concluiu-se que a simulação de voo é a melhor forma de exercitar o LOFT, o qual por sua vez deve ser conduzido de acordo com as características da organização, preferencialmente em simuladores do tipo FFS, porém, quando não for possível, os objetivos são atingidos da mesma forma nos simuladores FTD, possibilitando assim uma maior aderência ao treinamento nas menores organizações. As conclusões do trabalho não se limitam à AvEx, podendo ser aplicadas nas mais diversas organizações aeronáuticas.

Palavras Chave: 1. CRM. 2. LOFT. 3. Prevenção. 4. Segurança de Voo. 5. Segurança Operacional. 6. Treinamento.

EXERCISING LOFT IN FLIGHT SIMULATORS

ABSTRACT: This article is the result of a final course project on the use of flight simulators for Crew Resource Management (CRM) training. A documentary and bibliographic research was conducted, along with the application of questionnaires to crew members and facilitators, and interviews with specialists in flight simulation and CRM facilitation, to identify the most desirable characteristics for the simulator to be used, as well as the flight scenario to be applied. The sample included members of the Army Aviation (AvEx), consisting of crew members from the 4th Army Aviation Battalion (BAvEx) and facilitators from all military organizations of AvEx. It was observed that among the existing simulators, including FFS, FTD, and ATD types, FTD simulators offered the best cost-benefit ratio in terms of acquisition, installation, and LOFT application. Additionally, the flight scenario should be customized to the aviation organization, addressing its main operational characteristics and encountered threats. It was concluded that flight simulation is the best way to exercise LOFT, which should be conducted according to the organization's characteristics, preferably in FFS-type simulators. However, when this is not possible, the objectives can be equally achieved in FTD simulators, thereby enabling greater adherence to train in smaller organizations. The study's conclusions are not limited to AvEx and can be applied to various aviation organizations.

Key words: 1. CRM. 2. LOFT. 3. Safety. 4. Flight Safety. 5. Training.

Citação: Cintra, ARPC. (2025) A realização do LOFT em simulador de voo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, Nº. 1, pp. 68-76.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início das atividades aéreas, como o balonismo no século XVIII, a aviação tem sido marcada por acidentes frequentes, muitas vezes fatais (LEMOS, 2018, p. 24). Em 1906, no Campo de Bagatelle, em Paris, o brasileiro Alberto Santos Dumont realizou o primeiro voo de uma aeronave mais pesada que o ar. A partir desse marco, a aviação evoluiu exponencialmente, tornando-se um importante vetor de uso civil e militar (FERREIRA, 2021). No âmbito militar, a aviação está presente nas três forças singulares, e o Exército Brasileiro possui equipamentos e pessoal qualificado para operar aeronaves de asas rotativas, com a missão de prover aeromobilidade à Força Terrestre em operações de combate, apoio ao combate e apoio logístico (BRASIL, 1986).

Dada a complexidade e os custos envolvidos, tanto na aviação civil quanto militar, desenvolveu-se uma filosofia de segurança de voo, centrada na investigação e prevenção de acidentes. O objetivo é identificar fatores contribuintes e implementar ações mitigadoras para evitar recorrências. No Exército, as Organizações Militares de Aviação (OMAvEx) contam com a Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA), a qual gerencia riscos e implementa medidas de controle com base em ocorrências internas e externas (BRASIL, 2020).

Inicialmente, a aviação vivenciou altos índices de acidentes, principalmente por falhas materiais e humanas como fatores contribuintes. Segundo *Crouch* (2008), o desenvolvimento tecnológico nas técnicas de fabricação e materiais, aliado a um melhor

controle de qualidade, reduziu significativamente as ocorrências relacionadas ao fator material. Com a normatização dos procedimentos e a experiência adquirida, a influência do erro humano também diminuiu. Entre as décadas de 1950 e 1970, as aeronaves de grande porte experimentaram avanços tecnológicos significativos, com maior automação e confiabilidade, permitindo aos pilotos uma gestão mais eficiente dos sistemas. Nesse período, a aviação entrou na era dos jatos, com aeronaves transportando mais passageiros a velocidades e altitudes maiores (BRASIL, 2023).

Apesar desses avanços, três grandes acidentes marcaram a década de 1970. O voo 401 da Eastern Air Lines, em 1972, resultou em 101 fatalidades; o voo 820 da VARIG, em 1973, causou 123 mortes; e, em 1977, a colisão dos voos 4805 da KLM e 1736 da PanAm em Tenerife vitimou 583 pessoas, o maior acidente aéreo em número de vítimas até hoje (BRASIL, 2023). Esses eventos levaram a intensas investigações e ao desenvolvimento do *Cockpit Resource Management* (CRM), focado no aprimoramento das habilidades não-técnicas (soft skills) das tripulações para mitigar erros humanos. Esse modelo, atualmente na 6ª Geração, continua a evoluir para melhorar a segurança de voo (BRASIL, 2023).

Para orientar o treinamento de CRM na aviação militar, a Força Aérea Brasileira publicou em 2023 o manual MCA 3-10, que detalha a evolução do CRM e seu foco na combinação de habilidades técnicas e não-técnicas (NOTECHS), também conhecidas como *soft skills* (BRASIL, 2023). Segundo a MCA 3-3 - Manual de Prevenção do SIPAER (2012), o programa de CRM é estruturado em três fases: Conscientização, que aborda os fundamentos teóricos; Exercitação e Feedback, nos quais ocorrem práticas simuladas; e Reciclagem. O ciclo completo do CRM deve ser realizado em 2 a 3 anos, conforme a normatização vigente (BRASIL, 2012).

O CRM tem como objetivo otimizar o uso de todos os recursos disponíveis em uma equipe para minimizar erros humanos na atividade aérea, sendo aplicável não apenas em emergências, mas também em situações cotidianas (BRASIL, 2012). As habilidades necessárias para o CRM, conhecidas como NOTECHs (*Non-Technical Skills*), ou *soft skills*, foram definidas para abranger as capacidades cognitivas e sociais essenciais para operações aéreas seguras, complementando as habilidades técnicas (FLIN et al., 2003; FLIN et al., 2010; BRASIL, 2023).

As principais NOTECHs abordadas incluem:

- **Comunicação:** Enviar e receber mensagens de forma clara e assertiva, evitando falhas de comunicação que podem resultar em acidentes;
- **Liderança:** Exercício eficaz da autoridade, mantendo a capacidade de receber assessoramento e feedback sem comprometer a tomada de decisão;
- **Trabalho em Equipe:** Colaboração entre tripulantes com diferentes especialidades, essencial para a divisão de tarefas e monitoramento em voo;
- **Consciência Situacional:** Percepção dos elementos ao redor, compreensão das ameaças e riscos, e ajuste do planejamento do voo conforme necessário;
- **Gerenciamento de Erros e Ameaças (GEA):** Reconhecimento e mitigação de erros e ameaças, com base no modelo TEM (Threat and Error Management);
- **Gerenciamento da Fadiga e Estresse (GFE):** Identificação e mitigação dos efeitos da fadiga e estresse, comuns em operações repetitivas ou longas;
- **Resiliência:** Capacidade de manter a concentração e as habilidades de pilotagem sob adversidade, focando na segurança do voo;
- **Gerenciamento da Carga de Trabalho (GCT):** Delegação e supervisão de tarefas, respeitando a capacidade individual dos tripulantes;
- **Processo Decisório:** A habilidade central que resulta da aplicação eficaz das outras NOTECHs, culminando na tomada de decisões seguras e planejadas (BRASIL, 2023).

Outras NOTECHs incluem o gerenciamento da automação, o monitoramento e feedback, e o Single Pilot Resource Management, que são integrados ao treinamento das habilidades principais (BRASIL, 2023). Na Austrália e alguns outros países, as NOTECHs são agrupadas em habilidades em quatro categorias, duas sociais (Comunicação e Liderança) e duas cognitivas (Consciência Situacional e Processo Decisório). A partir dessas categorias, tem-se o trabalho com as demais NOTECHs elencadas anteriormente (AUSTRÁLIA, 2011). Nos programas de CRM da AvEx, as NOTECHs são fundamentais para melhorar a segurança operacional e a eficácia das tripulações em diferentes contextos.

Tanto a MCA 3-3 quanto a MCA 3-10 recomendam o uso de simuladores de voo como a melhor ferramenta para o treinamento de CRM, sendo os métodos alternativos, como o uso de aeronaves paradas ou discussões em grupo, opções secundárias. Esta fase prática é conhecida como LOFT (*Line Oriented Flight Training*) ou MOST (*Mission Oriented Flight Training*) na aviação militar.

A execução do LOFT ou MOST depende de variáveis como a disponibilidade de simuladores ou ambientes adequados, o cenário simulado e as condições a serem enfrentadas pela tripulação. A padronização na elaboração desses cenários e na definição

dos objetivos é essencial. Diante desse cenário, surge a questão de como a simulação virtual, através dos simuladores de voo, pode ser eficazmente utilizada no treinamento das tripulações para o ensino das técnicas de CRM.

2 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e descritiva, utilizando-se de métodos quantitativos e qualitativos para a coleta e análise dos dados. A pesquisa foi conduzida em duas fases principais: uma revisão da literatura sobre o uso de simuladores de voo no treinamento de CRM e um estudo de caso específico do 4º BAvEx.

2.1 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Foram aplicados questionários a 30 (trinta) tripulantes do 4º BAvEx, incluindo pilotos, mecânicos de voo e facilitadores de CRM, que realizaram o treinamento nos anos de 2022 e 2023 com o objetivo de avaliar suas percepções sobre a eficácia dos simuladores de voo no treinamento de CRM. Entre os participantes houve a realização do treinamento em simuladores do tipo *Aviation Training Device* - ATD e do tipo *Flight Training Device* - FTD, os quais diferem-se basicamente quanto a fidelidade da representação do *cockpit*, comandos de voo e instrumentos das aeronaves, com o simulador do tipo ATD sendo mais simples e menos fidedigno que o simulador do tipo FTD. O objetivo foi avaliar suas percepções sobre a eficácia dos simuladores de voo no treinamento de CRM.

Foi aplicado um questionário aos facilitadores de CRM da AvEx, contando com a participação de 16 (dezesesseis) militares. Além disso, foram realizadas entrevistas com especialistas em segurança de voo, CRM e simulação de voo, inclusive com atuação junto ao CENIPA, buscando obter uma visão aprofundada sobre as práticas e desafios enfrentados na implementação dos treinamentos.

2.2 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

Os dados quantitativos coletados foram analisados utilizando estatística descritiva, enquanto os dados qualitativos foram tratados por meio de análise de conteúdo. As respostas dos questionários foram tabuladas e comparadas, permitindo identificar padrões e divergências nas percepções dos tripulantes sobre o treinamento em simuladores de voo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A EFICÁCIA DO SIMULADOR DE VOO PARA O CRM

O Exército Brasileiro possui no Centro de Instrução de Aviação do Exército, localizado em Taubaté-SP, simuladores de voo do tipo *Full Flight Simulator* – FFS, *Flight Training Device* – FTD, e *Aviation Training Device* – ATD. O FFS reproduz com fidelidade a aeronave Airbus H125M – Fennec Avex. Os FTD possuem versões para as aeronaves H125M e para a aeronave AS365K2. Já os ATD são configuráveis conforme a necessidade e destinam-se ao treinamento tático de tripulações em voos de combate.

A pesquisa buscou identificar a efetividade dos simuladores de voo no treinamento das NOTECHs, coletando a percepção de militares que utilizaram essa ferramenta. Observou-se que a pesquisa alcançou o público-alvo, e verificou-se que a maioria dos militares treinou no CIAvEx (figura 1), com uma minoria no simulador do 4º BAvEx (figura 2).



Figura 1 – Simulador de voo do tipo FTD da aeronave H-125M Fennec, disponível no CIAvEx. (Fonte: o autor).



Figura 2 – Simulador de voo do tipo ATD, disponível no 4º BAvEx. (Fonte: o autor).

A amostra revelou que a maioria das NOTECHs alcançou uma percepção de desenvolvimento superior a 4, em uma escala de 1 a 5, conforme o Gráfico 1, exceto para o Gerenciamento de Fadiga e Estresse. Essa constatação foi reforçada pela entrevista com a Psicóloga de Aviação, a qual destacou que o tempo de voo simulado não é suficiente para atingir níveis de fadiga significativos.

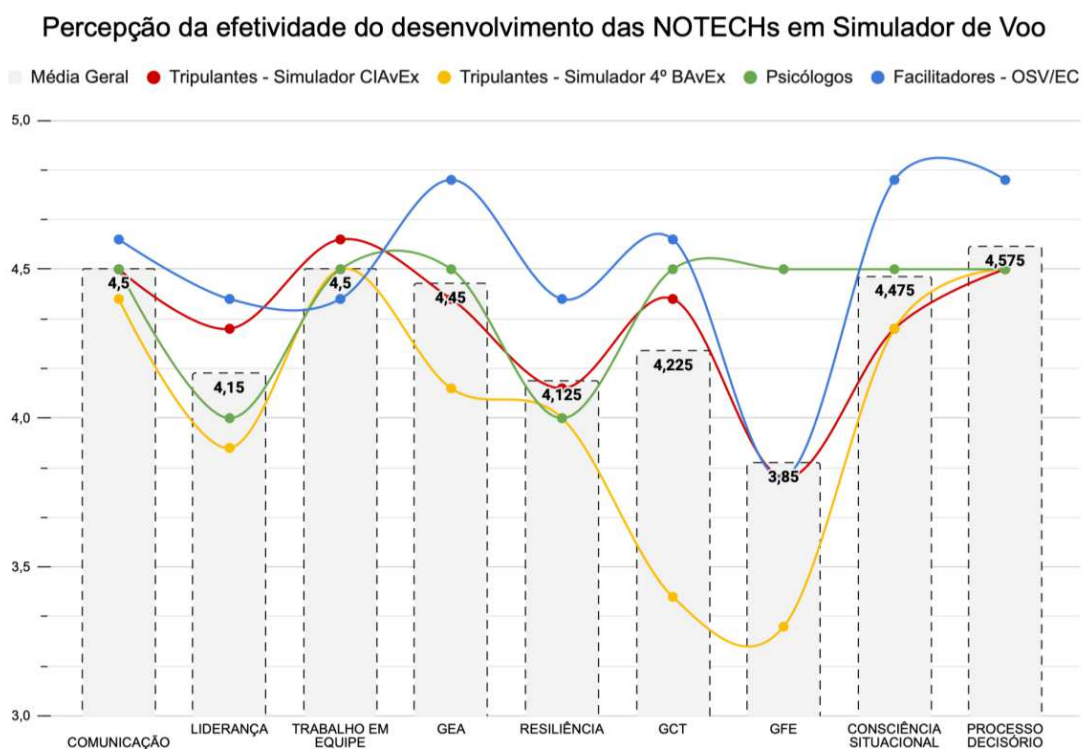


Gráfico 3 – Percepção do desenvolvimento das NOTECHs em simulador de voo média (barras) e por facilitadores, psicólogos e tripulantes (linhas). (Fonte: o autor).

As habilidades de Processo Decisório, Consciência Situacional, Trabalho em Equipe e Comunicação foram as mais bem avaliadas, em conformidade com o Manual *Non-Technical Skills Training and Assessment for Regular Public Transport Operations* (AUSTRÁLIA, 2011). Facilitadores e psicólogos tiveram uma percepção superior em comparação aos executantes, possivelmente por estarem focados em identificar essas habilidades.

Foi observado que os mecânicos de voo relataram um maior desenvolvimento das NOTECHs que os pilotos, o que pode ser explicado pela diferente imersão nos exercícios. As tripulações que utilizaram o simulador ATD do 4º BAvEx tiveram uma percepção inferior do desenvolvimento das NOTECHs em comparação ao simulador FTD do CIAvEx, especialmente nas categorias de Liderança e Gerenciamento de Carga de Trabalho.

O FTD foi identificado em entrevistas como a ferramenta mais adequada para o treinamento MOST, proporcionando uma imersão natural e facilitando o processo de aprendizagem. As vantagens do simulador incluem a possibilidade de realizar treinamentos específicos sem riscos e oferecer feedback instantâneo com base nos dados de voo. A Psicóloga de Aviação ressaltou a importância da imersão e fidelidade dos simuladores às aeronaves reais para o desenvolvimento dos comportamentos desejados.

Tripulações do 4º BAvEx que treinaram no CIAvEx destacaram a imersão proporcionada pelo ambiente fora de sede e o realismo do simulador. Isso sugere que treinamentos fora de sede, simulando missões operacionais, aumentam a percepção de fadiga e estresse, semelhantes às condições reais de operação.

O feedback livre confirmou a eficácia dos simuladores para o treinamento de CRM, com relatos de confiança adquirida e pedidos de maior frequência das sessões. O custo da hora de voo em simuladores FTD foi avaliado em US\$250,00, enquanto o custo em simuladores FFS externos à AvEx pode ser mais de 10 vezes maior, conforme Alves (2018) coletou e observa-se no quadro abaixo. Foi observado que para o LOFT, sem a condução de treinamentos específicos da aeronave, o FTD é o tipo de simulador com melhor custo-benefício, sendo suficiente para as necessidades de treinamento de CRM.

Valor do Custo da Hora de Voo em Dólares Americanos (USD)			
Frota	Valor da Hora de Voo Real	Valor da Hora de Voo Simulada	Localização do Simulador
HA-1 Fennec AvEx	1.790,15	250,00	CIAvEx
HM-1A Pantera K2	3.996,10	250,00	CIAvEx
HM-2 BlackHawk	6.120,62	3.405,00	Estados Unidos da América
HM-3 Cougar	5.610,40	1.857,00	França
HM-4 Jaguar	11.216,00	2.281,00	Rio de Janeiro-RJ

Quadro 1 - Relação de custo de hora de voo em aeronave e hora de voo simulada por modelo de aeronave operado na Aviação do Exército.

Fonte: ALVES (2018) e CIAvEx, adaptado pelo autor.

Quanto ao 4º BAvEx, operador de 3 (três) projetos distintos, o HM-1A Pantera K2 (AS65), o HM-2 *BlackHawk* (S70) e o HM-4 Jaguar (EC25), concluiu-se que a simulação virtual, especialmente em simuladores FTD, é altamente eficaz para o treinamento de CRM. Para a unidade, o treinamento no simulador de sua aeronave (HM-1A) é preferível para as tripulações operadoras do modelo, enquanto as demais tripulações podem treinar no simulador HA-1 *Fennec* (AS50) devido à familiaridade com a formação inicial na AvEx.

3.2 O CENÁRIO DE TREINAMENTO DO LOFT

O cenário de um voo envolve o ambiente, o tipo de voo e as situações-problema enfrentadas pelos tripulantes, criando um ambiente imersivo e realista para desenvolver as habilidades não técnicas. O objetivo é avaliar a importância do cenário no desenvolvimento das NOTECs e identificar as características ideais relacionadas ao perfil de voo escolhido, tempo de duração da simulação, conteúdo do programa e problemas a serem abordados para um exercício de LOFT.

Segundo MELLO (2018), o LOFT deve simular um voo realista, com situações de normalidade e anormalidade, incluindo falhas técnicas, gerenciais e comportamentais. O Manual do Facilitador de CRM (MCA 3-10, 2023) reforça que os cenários devem conter falhas de sistemas que desafiam os conhecimentos técnicos e a interação da tripulação, além de ameaças as quais aumentem a carga de trabalho e testem o processo decisório.

Os entrevistados consideram que ameaças e contingências devem ser parte do cenário, alinhando-se com a MCA 3-10. A fidelidade ao ambiente operacional e ao tipo de operação foi destacada, corroborando as observações de MELLO (2018). Foi observado que os facilitadores da AvEx priorizam essas características ao montar cenários.

As falhas de sistemas devem ser simuladas conforme as limitações do simulador. Os dados coletados com tripulantes e com facilitadores indicam que essas falhas não foram completamente valorizadas, possivelmente devido à falta de familiaridade com os comandos específicos de diferentes aeronaves. A entrevista com o Oficial de Segurança de Voo destaca o risco de treinamento negativo ao simular emergências em aeronaves diferentes daquelas que a tripulação normalmente opera. Para mitigar este risco, recomenda-se a aplicação de falhas menos complexas ou a discussão teórica das mais complexas, tais como panes de indicação de parâmetros de voo ou motor, exercitando assim as NOTECs. Quando o simulador é do mesmo modelo da aeronave, a introdução de falhas mais desafiadoras pode ser feita progressivamente.

Os cenários devem ser personalizados para a organização aeronáutica e, se necessário, para seus setores específicos, considerando ameaças próprias das operações realizadas. A MCA 3-10 (2023) ressalta que o LOFT deve refletir a realidade operacional da tripulação.

Foi observado que a maioria dos facilitadores utiliza sua própria experiência para elaborar cenários, mas há uma despadronização na aplicação desses treinamentos, corroborado por MELLO (2018). É essencial que os cenários sejam adaptados a novas operações e padronizados para garantir a melhor preparação das tripulações. Durante o voo, o facilitador deve inserir situações-problema específicas, como conflitos de tráfego ou alterações na missão, sempre em ambientes que reflitam as condições reais enfrentadas pelas tripulações.

3.3 A REALIZAÇÃO DO LOFT

Após identificar os meios de simulação virtual mais adequados para o CRM, buscaram-se definir as características de cenário para o exercício de LOFT, focando nas NOTECs a serem trabalhadas e na postura do facilitador durante a sessão.

O LOFT é a fase prática na qual as habilidades teóricas são exercitadas, sob a condução de um facilitador de CRM, idealmente com o apoio de um psicólogo. Um levantamento dos fatores contribuintes em incidentes do 4º BAvEx e acidentes na aviação do Exército revelaram que 44% dos fatores em acidentes e 42% em incidentes estavam ligados ao CRM, especialmente nos anos de 2000 a 2013. Esse período corresponde ao aumento dos investimentos em simuladores de voo e ao treinamento LOFT, conforme observado por Mello (2018) e o Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos do Comando de Operações Terrestres (2022).

Os principais fatores contribuintes foram Atenção, Atitude, Coordenação de Cabine, Percepção e Processo Decisório. Esses fatores estão intimamente ligados às NOTECs de Comunicação, Consciência Situacional, Liderança, Processo Decisório e Trabalho em Equipe.

Como mostrou o gráfico 1, as habilidades de Comunicação, Trabalho em Equipe, Consciência Situacional e Processo Decisório foram as mais bem percebidas pelos facilitadores, psicólogos e tripulantes, mesmo quando utilizando o simulador ATD. Embora o ATD ofereça um treinamento limitado, ele ainda é eficaz na prevenção ao desenvolver as principais NOTECs, conforme descrito no Manual *Non-Technical Skills Training and Assessment for Regular Public Transport Operations* (AUSTRÁLIA, 2011).

O simulador ATD é útil para desenvolver as habilidades iniciais de CRM, especialmente em transições operacionais, como no caso de pilotos recém-habilitados. Já o simulador FTD expande as possibilidades, permitindo o desenvolvimento de habilidades mais complexas, como Liderança, Gerenciamento de Erros e Ameaças, Resiliência e Gerenciamento da Carga de Trabalho. O FTD também é eficaz no gerenciamento da Fadiga e Estresse, especialmente em cenários que envolvem desgaste mental.

O FTD permite a aplicação do *Line Oriented Evaluation* - LOE, um treinamento de CRM avaliado em que todas as habilidades não técnicas (*Non Technical Skills* – NOTECHs) podem ser desenvolvidas em cenários mais complexos, com panes factíveis e condizentes com a fase do voo, e podem ser inseridos, baseando-se em relatos de prevenção e ocorrências anteriores. Se disponível, o FFS também pode ser utilizado.

O principal objetivo dos voos de CRM é consolidar habilidades, atingindo um nível de performance baseado em atividades rotineiras e bem conhecidas, que requeiram pouco esforço mental, como descrito no *Manual Aviation Non-Technical Skills* (AUSTRÁLIA, 2023). O treinamento deve abranger sempre que possível mais de um voo, preferencialmente no simulador FTD, porém, caso necessário, simuladores mais simples podem ser utilizados observando sempre as NOTECHs mais favoráveis ao seu treinamento.

O facilitador tem um papel crucial na condução do treinamento, permitindo que a tripulação desenvolva suas NOTECHs através de autoavaliação e aprendizado por meio de erros e acertos. A intervenção direta deve ser evitada, permitindo que a tripulação perceba seus pontos fortes e oportunidades de melhoria. A avaliação formal deve ser baseada em missões de treinamento, registrando o desempenho em fichas individuais ou de tripulação.

Conclui-se que o facilitador deve ter uma atuação destacada no briefing, relembrando as NOTECHs e a dinâmica do voo. Durante a sessão de LOFT, o facilitador deve observar, aplicar os problemas gradativamente e registrar o desempenho da tripulação, ajustando os cenários conforme a fase do treinamento, tipo de simulador e ameaças mais frequentes. No debriefing, o facilitador deve observar a autoavaliação e fornecer feedback junto com o psicólogo, visando aprimorar o desempenho das tripulações.

4 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo explorar como a simulação virtual pode ser melhor utilizada para o ensino das técnicas de CRM nas tripulações do 4º BAvEx, visando aprimorar a segurança de voo e a operacionalidade da organização. A pesquisa identificou as plataformas de simulação mais adequadas, os fatores críticos na construção de cenários simulados e as habilidades não técnicas (NOTECHs) que devem ser desenvolvidas durante os exercícios de LOFT.

A análise concluiu que os simuladores FTD e FFS são eficazes para o treinamento de CRM, proporcionando uma imersão que permite às tripulações exercitar habilidades essenciais como Comunicação, Liderança, Consciência Situacional e Processo Decisório. Embora os simuladores ATD ofereçam uma eficácia menor, eles ainda são valiosos, especialmente para a prática dessas habilidades iniciais.

O estudo também destacou a importância de cenários de voo realistas que refletem as operações do 4º BAvEx. Cenários devem incluir ameaças e erros comuns na organização, mantendo a relevância operacional e cultural das missões simuladas. Além disso, enfatizou-se a necessidade de que o treinamento seja progressivo, com avaliações contínuas e feedbacks padronizados, assim como a postura do facilitador deve evitar ao máximo a interferência no voo, permitindo à tripulação a avaliação de suas decisões durante o *feedback*.

Diante das semelhanças entre as unidades da Aviação do Exército, sugere-se que as conclusões deste estudo sejam aplicadas em toda a AvEx. Recomenda-se a elaboração de um guia padronizado para a realização de LOFT em simuladores de voo, visando à uniformização e melhoria dos treinamentos de CRM, com o objetivo de elevar os padrões de segurança de voo em toda a organização. As conclusões desse estudo também podem ser aplicadas a operadores aeronáuticos que tenham interesse na realização de sessões de LOFT, para elaborar seus programas de treinamento.

Por fim, dada a abrangência do estudo, observou-se a necessidade de trabalhos futuros para desenvolver programas específicos para voos de instrução e aprofundar a aplicação do *Corporate Resource Management* (CRM de sexta geração), que envolve todos os participantes de uma missão aérea, além da tripulação, como uma forma de continuar aprimorando a eficácia e segurança das operações aéreas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Adriano Leodonio. **A UTILIZAÇÃO LOGÍSTICA DA AERONAVE HM-1 MODERNIZADA DO EXÉRCITO BRASILEIRO EM OPERAÇÕES DE ASSALTO AEROMÓVEL**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais - CAO, Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, RJ, 2018.
- AUSTRÁLIA, Civil Aviation Safety Authority. **Non-Technical Skills Training and Assessment for Regular Public Transport Operations**. Canberra, 2011.
- _____, Defense Flight Safety Bureau. **Aviation Non-Technical Skills. Fundamentals for Aviation Professionals**. Guidebook. 3 ed. Canberra, 2023.
- BALDASSARI, Marcos Rogério Fernandes e PRADO, Liz Áurea. **A IMPORTÂNCIA DO EMPREGO DO SIMULADOR DE VOO PARA O TREINAMENTO DO CRM (COCKPIT RESOURCE MANAGEMENT) DAS TRIPULAÇÕES NAS ORGANIZAÇÕES MILITARES DA AVIAÇÃO DO EXÉRCITO BRASILEIRO**. 2020. 15 f. Tese de Conclusão de Curso – Curso de Gestão e Assessoramento de Estado-Maior – CGAEM, Escola de Saúde e Formação Complementar do Exército, Salvador, BA, 2020.
- BRANCO FILHO, David. *Pense em emergência. Dédalo: Revista de Segurança de Voo da Aviação do Exército*, Taubaté, SP, ano 18, n.21, p. 16, out. 2018.

- BRASIL, Presidência da República. **DECRETO Nº 93.206, DE 3 DE SETEMBRO DE 1986**. Dispõe sobre a criação, no Ministério do Exército, da Aviação do Exército, e dá outras providências. Brasília, DF, 1986.
- _____. Estado Maior do Exército. **Portaria nº 071-EME, de 26 de agosto de 1999**. Aprovar as Normas para o Funcionamento do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos do Exército. Brasília, DF, 1999.
- _____. Estado Maior do Exército. **Portaria nº 039-EME, de 14 de abril de 2010**. Aprova as Normas para o Funcionamento do Sistema Aviação do Exército (SisAvEx). Brasília, DF, 2010.
- _____. Ministério da Defesa. **PORTARIA Nº 056, DE 28 DE JANEIRO DE 2011**. Altera a subordinação do 3º Batalhão de Aviação do Exército e dá outras providências. Brasília, DF, 2011.
- _____. Departamento de Educação e Cultura. **PORTARIA Nº 008, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2011**. Aprova a diretriz para implantação do Sistema de Simulação para o Ensino do DECEX (SIMENS) . Brasília, DF, 2011b.
- _____. Ministério da Defesa. **EB70-CI-11.405: Caderno de Instrução de Emprego de Simulação**. 1. ed. Brasília, DF, 2015.
- _____. Estado Maior do Exército. **PORTARIA Nº 442 - EME, DE 10 DE OUTUBRO DE 2016**. Aprova a Diretriz de Iniciação do Programa Estratégico Aviação do Exército e constitui a equipe que confeccionará o Estudo de Viabilidade do Programa. Brasília, DF, 2016.
- _____. Ministério da Defesa. **Normas Operacionais do Comando de Aviação do Exército**. Taubaté, SP, 2017.
- _____. Ministério da Defesa. **PORTARIA Nº 1.073, DE 21 DE AGOSTO DE 2017**. Reorganiza o Comando de Aviação do Exército e dá outras providências. Brasília, DF, 2017b.
- _____. **Manual do Comando da Aeronáutica 3-6: Manual de Investigação do SIPAER**. Brasília, DF, 2017c.
- _____. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Portaria nº 039-DCT, de 26 ABR 2018** – Classifica o Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx) como Instituição Científica e Tecnológica (ICT). Brasília, DF, 2018.
- _____. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil RBAC nº 60**. Requisitos para qualificação e uso de dispositivos de treinamento para simulação de voo. Brasília, DF, 2020.
- _____. Ministério da Defesa. **EB70-MC-10.358: Batalhão de Aviação do Exército**. 1. ed. Brasília, DF, 2020b.
- _____. _____. **PPT AvEx: Programa-Padrão de Instrução de Capacitação Técnica e Tática do Mecânico de Voo da Aviação do Exército (EB70-PP-11.026)**. 1. ed. Brasília, DF, 2020c.
- _____. Ministério da Defesa. **EB70-MC-10.373: Brigada de Aviação do Exército**. 1. ed. Brasília, DF, 2021.
- _____. **Aviação do Exército 35 anos: 1986 - 2021**. Taubaté: Comando de Aviação do Exército, 2021b.
- _____. Ministério da Defesa. **EB70-P-13.001: Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos**. 1ª ed. Brasília, DF, 2022.
- _____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **NSCA 3-15, 2022c**
- _____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Formação e Capacitação dos Recursos Humanos do Sistema de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos**. - NSCA 3-10, Brasília, DF, 2022d
- _____. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Manual do Facilitador de CRM (Corporate Resource Management) da Força Aérea Brasileira** – MCA 3-10, Brasília, DF, 2023.
- _____. Agência Nacional de Aviação Civil. **Instrução Suplementar Nº 141-007 Revisão D**. Programas de Instrução e Manual de Instruções e Procedimentos. Brasília, DF, 2024.
- BRAUN, Douglas e BUCHAUL, Awire Espíndola. **A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE SIMULADOR DE VOO NA SEGURANÇA DE VOO**. 2020. Artigo.
- CINTRA, Antônio Ricardo Pinheiro. O uso do FFS SHEFE como ferramenta de segurança de voo: estudo sobre o curso de pilotos de aeronaves 2018. **Revista Conexão SIPAER**, Brasília, v.10, n. 1, p. 56-61, 17 fev 2019. Quadrimestral.
- DUQUE, Rafael da Silva. **A IMPORTÂNCIA DA SIMULAÇÃO VIRTUAL NO APOIO A DECISÃO DAS TRIPULAÇÕES DA ESQUADRILHA DE HELICÓPTEROS DE EMPREGO GERAL PARA GERENCIAR SITUAÇÕES DE CONTINGÊNCIA EM VOO**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais - CAO, Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, RJ, 2023.
- EASA, EQUIPE EUROPEIA DE SEGURANÇA DE HELICÓPTERO (EHST). **Vantagens dos simuladores (FSTDs) em treinamentos de voo de helicópteros**. Livreto. Köln, Alemanha, 2013.
- EUA. Federal Aviation Administration. **Crew Resource Management: An Introductory Handbook**. Washington, DC, 1992
- _____. Department of the Army. **Pamphlet 385-40. Safety - Army Accident Investigations and Reporting**. Washington, DC, 2015.
- _____. Department of the Army. **FM 3-04. Army Aviation**. Washington, DC, 2020.
- _____. Department of the Army. **ATP 5-19. Risk Management**. Washington, DC, 2021.
- _____. Department of the Army. **Army Regulation 385-10. Safety - The Army Safety and Occupational Health Program**. Washington, DC, 2023.

- ESPAÑA. Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil (CIAIAC). **A-102/1977 y A-103/1977.** Accidente Ocurrido el 27 de Marzo de 1977 a las Aeronaves Boeing 747, Matrícula PH-BUF de K.L.M. y Aeronave Boeing 747, matrícula N736PA de PANAM en el Aeropuerto de los Rodeos, Tenerife (Islas Canarias). Espanha, 1978. Disponível em: <<https://www.mitma.es/organos-colegiados/ciaiac/publicaciones/informes-relevantes/accidenteoccurrido-el-27-de-marzo-de-1977-aeronaves-boeing-747-matricula-ph-buf-de-klm-y-aeronaveboeing-747-matricula-n736pa-de-panam-en-el-aeropuerto-de-los-rodeos-tenerife-islas-canarias>>. Acesso em: 21 fev 2024
- FERREIRA, Luiz Claudio. **Primeiro voo há 115 anos: Santos Dumont aliou invenções à ciência.** Artigo. 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-10/primeiro-voo-ha-115-anos-santos-dumont-aliou-invencoes-ciencia>. Acesso em 9 fev 2023.
- FLIN, R.; MARTIN, L.; GOETERS, K. M.; HORMANN, H. J.; AMALBERTI, R.; VALOT, C.; NIJHUIS, H. Development of the NOTECHS (non-technical skills) system for assessing pilots' CRM skills. **Human factors and aerospace safety**, v. 3, p. 97-120, 2003.
- INGLATERRA. Ministry Of Transport And Civil Aviation. Civil Aircraft Accident **Report of the Court of Inquiry into the Accidents to Comet G-ALYP on 10th January, 1954 and Comet G-ALYY on 8th April, 1954.** Londres, 1955.
- MARTINS, A., OLIVEIRA, B. F. **Impacto financeiro da implantação de simulador de voo na instrução aérea do 1º/11º GAv.** XII Simpósio de Aplicações Operacionais em Área de Defesa. Universidade da Força Aérea - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- MASCULO, F.S., VIDAL, M.C. **Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente.** Rio de Janeiro: Elieser: ABEPRO, 2011, p. 512-516.
- MELLO, Leandro da Silva. **A utilização do treinamento LOFT no programa CRM para elevação dos níveis de segurança de voo da Aviação do Exército.** Artigo. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Curso Gestão, Assessoramento e Estado-Maior, Escola de Formação Complementar do Exército, 2018.
- ROCHA, Leonard Soares da. **O EMPREGO DE DISPOSITIVOS DE SIMULAÇÃO DE VOO NO ADESTRAMENTO TÁTICO DOS PELOTÕES DE RECONHECIMENTO E ATAQUE DA AVIAÇÃO DO EXÉRCITO, PARA AS MISSÕES DE COMBATE.** 2017. 252 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais – EsAO, Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2017.
- SALAS, E., TANNENBAUM, S.I., KRAIGER, K., SMITH-JENTSCH, K.A. **The Science of training and development in organizations: what matters in practice.** Psychological science in the Public Interest, 2012, v. 13, p. 74-101. Disponível em <<http://journals.sagepub.com/stoken/rbtf/g8tvuLmoeZfN2/full>> . Acessado em 27 de fevereiro de 2024.
- WISE, John A.; HOPKIN, V. David; GARLAND, Daniel J. **Handbook of Aviation Human Factors**, CRC Press, 201

SONOLÊNCIA E FADIGA MENTAL E SUA INFLUÊNCIA SOBRE AS FUNÇÕES COGNITIVAS DOS PILOTOS DE AERONAVES: UMA REVISÃO

Paulo Galimberti^{1,2}

André Boff^{3, 4}

1 Bacharel em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

2 paulo.galimberti@outlook.com

3 Professor do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

4 andre.boff@puers.br

RESUMO: Este estudo pretende identificar referencial teórico que apresente os efeitos dos fatores sonolência e fadiga mental sobre as funções cognitivas dos pilotos de aeronaves dentro do ambiente operacional em que atuam. A capacidade cognitiva dos pilotos, envolvendo atenção, memória, tomada de decisão e raciocínio, influencia sua segurança e desempenho. A sonolência e fadiga mental podem comprometer essas funções, aumentando os riscos de acidentes e incidentes aéreos. Utilizando uma abordagem de pesquisa exploratória, foram feitas comparações e assimilações de livros, pesquisas científicas e revisões bibliográficas relacionadas ao ambiente operacional e rotineiro dos pilotos de aeronaves. A identificação do referencial teórico diferenciou os fatores sonolência e fadiga mental e, além disso, apresentou seus efeitos sobre as funções cognitivas dos pilotos de aeronaves dentro do ambiente operacional em que atuam. Os resultados apontaram uma relação entre níveis de sonolência e fadiga mental e desempenho cognitivo prejudicado. A literatura mostra que pilotos com maior sonolência enfrentaram dificuldades na atenção sustentada e na tomada de decisões rápidas e precisas. Além disso, a fadiga mental foi associada a lapsos de memória e diminuição do raciocínio lógico. Esses achados destacam a importância de abordar a sonolência e a fadiga mental como questões críticas na indústria da aviação. Em suma, como mostra a literatura, a sonolência e a fadiga mental apresentam-se como fatores de impacto nas funções cognitivas dos pilotos de aeronaves, o que requer medidas preventivas e intervencionistas essenciais para garantir a segurança operacional e a saúde dos pilotos.

Palavras Chave: 1. Cognição. 2. Consciência Situacional. 3. Sonolência. 4. Fadiga.

SLEEPINESS AND MENTAL FATIGUE AND THEIR INFLUENCE ON AIRCRAFT PILOTS' COGNITIVE FUNCTIONS: A REVIEW

ABSTRACT: This study aims to identify theoretical frameworks that present the effects of sleepiness and mental fatigue on the cognitive functions of aircraft pilots within the operational environment in which they operate. The safety and performance of pilots are influenced by their cognitive capacity, which encompasses processes such as attention, memory, decision-making, and reasoning. Sleepiness and mental fatigue can impair these functions and, consequently, increase the risks of aviation accidents. To conduct this study, an exploratory research procedures was employed to gain a deeper understanding of the problem within the aviation field. Multiple comparisons and assimilations were made among books, scientific research, and literature reviews that focused on the operational and routine environment of aircraft pilots. The identification of the theoretical framework differentiated the factors of sleepiness and mental fatigue, and moreover, elucidated their effects on the cognitive functions of aircraft pilots within the operational environment in which they operate. The results revealed a significant connection between levels of sleepiness and mental fatigue and impaired cognitive performance. Pilots who reported higher levels of sleepiness experienced difficulties in sustained attention and the ability to make quick and accurate decisions. Additionally, mental fatigue was associated with memory lapses and a decrease in logical reasoning ability. These findings highlight the importance of addressing sleepiness and mental fatigue as critical issues in the aviation industry. In summary, as indicated by the literature, sleepiness and mental fatigue manifest as impactful factors affecting the cognitive functions of aircraft pilots, necessitating essential preventive and interventionist measures to ensure operational safety and pilots' health.

Key words: 1. Cognition. 2. Situation Awareness. 3. Sleepiness. 4. Fatigue.

Citação: Galimberti, PG, Boff, AB. (2025) Sonolência e fadiga mental e sua influência sobre as funções cognitivas dos pilotos de aeronaves: uma revisão. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, N°. 1, pp. 77-91.

1 INTRODUÇÃO

O estado de fadiga em pilotos de linha aérea é um problema de toda a indústria, tendo como principal causa as deficiências encontradas na rotina de um sono adequado, a fim de garantir que os pilotos descansem efetivamente antes de assumir a aeronave (SULLENBERGER, 2011). Fatores sistêmicos como a regulamentação vigente podem fazer com que esses se apresentem ao

serviço depois de conseguirem apenas algumas horas de sono em sofás e cadeiras da sala da tripulação, por exemplo, prejudicando diretamente a qualidade do sono e posterior performance operacional.

Além do mais, quando em operação, fatores como estresse, temperaturas altas, ruído (> 80 dB) e vibração, são outros contribuintes e complicadores do estado de fadiga (FLIN, O'CONNOR e CRICHTON, 2008). De acordo com a Oxford Aviation Academy (2018), um nível razoável de estresse é benéfico para o ser humano, no entanto, os fatores estressores são cumulativos. Onde, um evento estressor como uma discussão com um colega antes de um voo, preocupações financeiras, falta de treinamento para com a operação, luto, problemas domésticos, entre outros, podem deixar o piloto mais sensível quando encontrar outra situação estressora – como as citadas anteriormente – elevando o estresse para um nível que se associa a respostas psicológicas e fisiológicas desagradáveis, a qual se inclui a fadiga.

Segundo Caldwell e Caldwell (2003), fadiga é o estado de cansaço que é associado com longas horas de trabalho – períodos prolongados sem sono – ou necessidade de trabalhar em momentos que estão “fora de sincronia” com o ciclo circadiano; sendo reconhecida por ser uma preocupação de segurança significativa em indústrias de alto risco (ROSEKIND et al., 1995). Segundo a *International Civil Aviation Organization* (ICAO, 2020), a fadiga é definida como sendo um estado fisiológico de redução da capacidade mental ou física de desempenho, resultante da perda de sono, vigília prolongada, fase circadiana e/ou carga de trabalho (atividade mental e/ou física) que pode prejudicar a vigilância e a habilidade de realizar tarefas operacionais relacionadas à segurança. No contexto da aviação, o estado de fadiga em voo foi relatado entre 68% e 91% dos pilotos de companhias aéreas comerciais (JACKSON; EARL, 2006; REIS et al., 2016; ALJURF et al., 2018); destacando-se a fadiga mental e a sonolência como as formas mais relevantes de fadiga (WILLIAMSON et al., 2011).

A fadiga mental é causada principalmente pelo tempo na tarefa e carga de trabalho cognitiva (BALKIN; WESENSTEN, 2011). Deste modo, a fadiga mental pode ser categorizada em duas subdivisões, sendo essas: a fadiga mental crônica e fadiga mental aguda (GRAIG; COOPER, 1992). A fadiga mental crônica é, como o termo sugere, caracterizada pela sua persistência ou falta de recuperação rápida. Sendo a fadiga crônica um sintoma central em muitos distúrbios psicológicos ou somáticos, por exemplo, a Síndrome de Burnout (MASLACH; SCHAUFELI; LEITER, 2001); é um importante sintoma secundário na depressão (DEMYTTENAERE; DE FRUYT; STAHL, 2005); e na doença de Parkinson (CHAUDHURI; BEHAN, 2000). Ou seja, a fadiga crônica é relevante em muitos contextos clínicos e teóricos.

Segundo Van der Linden (2011), a fadiga mental aguda é de natureza temporária. Isto é, ela geralmente está associada a atividades mentalmente exigentes realizadas anteriormente (por exemplo, um dia de voo com diversas formações meteorológicas, em contraste com um voo sem interferência meteorológica relevante — CAVOK, termo usado na aviação para indicar céu limpo e boa visibilidade). Além disso, sua recuperação tende a ser mais rápida do que a da fadiga mental crônica. Em alguns casos, apenas mudar de tarefa já é suficiente para aliviar os sintomas dessa fadiga (GRAIG; COOPER, 1992).

Segundo Flin, O'Connor e Crichton (2008) do estado de fadiga surgem alguns efeitos nas capacidades motoras, comunicativas, sociais e cognitivas. O termo cognição é definido como o conjunto de atividades mentais que envolvem aquisição, armazenamento, retenção e uso do conhecimento (CAFFARRA et al., 2002). Estes processos mentais constituem os fundamentos da percepção, da atenção, da motivação, da ação, do planejamento e do pensamento, além do próprio aprendizado e da memória (LEZAK, 1995).

Os principais efeitos da fadiga sobre a cognição ocorrem na criatividade e flexibilidade em tomada de decisões. A redução da capacidade de lidar com mudanças rápidas; a baixa aptidão para lidar com imprevistos ao ajustar planos quando novas informações se tornam disponíveis; a tendência a adotar pensamentos mais rígidos e soluções anteriores – que talvez sejam ultrapassadas; e a tolerância com desempenhos mais baixos em tarefas; são características por trás do problema. Assim, segundo Lorist e Faber (2011), o sistema cognitivo parece não usar as informações disponíveis para preparar e orientar as ações quando indivíduos ficam mentalmente cansados. Além disso, o monitoramento das ações é menos eficiente, resultando em deteriorações na execução de ações corretivas e ajustes no comportamento.

Outro aspecto que afeta a cognição é a sonolência. Esta é causada principalmente pelo tempo em que se está acordado; da privação de sono; e das interrupções e incoerências do ritmo circadiano (BALKIN; WESENSTEN, 2011). Além do mais, Horne (1988) conceituou sonolência como um estado fisiológico distinto caracterizado por alerta e déficits de desempenho que sugerem o funcionamento comprometido do córtex pré-frontal (região do cérebro responsável pela tomada de decisão, manutenção da atenção, controle do comportamento emocional etc.).

Depois de uma noite sem dormir, o desempenho cognitivo pode diminuir por 25%, e depois de duas noites sem dormir, o desempenho cognitivo pode cair para quase 40% da linha de base (KRUEGER, 1989). BANDARET et al. (1981) descobriram que após 36 horas de trabalho constante, soldados se distraíram de tarefas críticas e demoraram muito nas tarefas que eles anteriormente predominaram. Ou seja, quando em estado de fadiga mental ou sonolência, de um modo geral, pilotos de aeronaves podem ser mais propensos a erros na rotina, e em tarefas repetidas que exigem vigilância sustentada.

Assim, a partir destes conceitos, este estudo pretende identificar referencial teórico que apresente os efeitos dos fatores sonolência e fadiga mental sobre as funções cognitivas dos pilotos de aeronaves dentro do ambiente operacional em que atuam.

2 A SONOLÊNCIA E A FADIGA MENTAL: ORIGENS E EFEITOS

Existem inúmeras definições de fadiga, com classificações variadas dos tipos de fadiga, por exemplo: mental e física. Foi demonstrado que o desempenho físico reduzido afeta a capacidade de um indivíduo de pilotar uma aeronave com segurança. Por exemplo, pilotos de helicóptero mostram uma deterioração significativa do desempenho psicomotor nas mãos e nos pés durante operações em estado de fadiga (MCMAHON; NEWMAN, 2018).

No contexto da aviação, a fadiga mental e a sonolência foram mencionadas como a forma mais relevante de fadiga (WILLIAMSON et al., 2011). Isto pois, em termos de operações contínuas, Balkin e Wesensten (2011) argumentam que os efeitos de sonolência e fadiga são tipicamente confundidos neste contexto. Onde, um entendimento completo de alerta e déficits de desempenho que resultam de operações contínuas, exige uma apreciação das diferenças conceituais e práticas entre sonolência e efeitos da fadiga mental. Sugerindo que esses dois fatores prejudicam sinergicamente o desempenho durante operações contínuas.

Conforme Hu e Lodewijks (2020) argumentam, torna-se importante distinguir sonolência de fadiga mental, de maneira que se enfatize as diferenças em suas causas e respostas psicológicas/físicas; reconhecendo que contribuem interativamente para a redução do desempenho e da vigilância.

A fadiga mental é causada principalmente pelo tempo na tarefa e carga de trabalho cognitiva (BALKIN; WESENSTEN, 2011). Deste modo, a fadiga mental pode ser categorizada em duas subdivisões, sendo essas: a fadiga mental crônica e fadiga mental aguda (GRAIG; COOPER, 1992).

Quanto à sonolência, esta é causada principalmente pelo tempo em que se está acordado, privação de sono e interrupções e incoerências do ritmo circadiano (BALKIN; WESENSTEN, 2011). Além do mais, Horne (1988) conceituou sonolência como um estado fisiológico distinto caracterizado por alerta e déficits de desempenho que sugerem o funcionamento comprometido do córtex pré-frontal (região do cérebro responsável pela tomada de decisão, manutenção da atenção, controle do comportamento emocional etc.).

Essas definições reforçam o fato de que a fadiga é um problema multifatorial, com várias causas e apresentações, incluindo comprometimento do estado de alerta e redução do desempenho, o que pode prejudicar as habilidades do indivíduo para desempenhar suas funções com segurança (WINGELAAR-JAGT et al., 2021).

A fadiga, de um modo geral, tem sido implicada em notórios acidentes em todos os setores industriais (COREN, 1996; MAAS, 1998). Entre uma série de potenciais falhas de fatores humanos que foram consideradas contribuintes para o desastre do ônibus espacial Challenger, algumas se associam ao tema: os possíveis efeitos da falta de sono; excessivos turnos de serviço; efeitos de um desregulado ciclo circadiano; e a fadiga resultante sobre aqueles que tomaram a decisão de lançar o ônibus, apesar das preocupações com a segurança (HAWKINS; ORLADY, 1987).

Além do mais, a fadiga é a maior causa identificável e evitável de acidentes em indústrias de transporte, superando incidentes relacionados com drogas ou álcool (ÅKERSTEDT, 2000). Na indústria da aviação, especificamente, se estima que a fadiga pode estar envolvida em 4% a 7% dos acidentes da aviação civil (KIRSCH, 1996); e em qualquer lugar entre 4% e 25% dos acidentes da aviação militar (CALDWELL et al., 2002; RAMSEY; MCGLOHN, 1997).

Complementando, Flin, O'Connor e Crichton (2008) definem que as causas da fadiga incluem longas horas de trabalho, culminando, na falta de um sono adequado. Além disso, os autores também definem que quanto mais maçante a tarefa, maior a probabilidade de o colaborador sofrer os efeitos da fadiga. Um exemplo são experimentos de fadiga em condição simulada, onde as pessoas estão mais propensas a sair da estrada ao dirigir em um trecho reto em vez de em uma esquina (CALDWELL, 1997).

Através de uma associação, Dawson; Reid (1997) compararam os efeitos da fadiga e da intoxicação alcoólica, mostrando que uma noite de privação de sono produz prejuízo no desempenho maior do que é atualmente aceitável para intoxicação alcoólica na legislação americana (FLIN et al., 2008). Uma perda de duas (2) horas de sono produz um decréscimo de desempenho em tarefas psicomotoras equivalente a beber entre duas (2) a três (3) cervejas.

A socialização de um indivíduo também é afetada pela fadiga, ocasionando uma falta de consideração pelas convenções sociais normais, infantilidade, impaciência, irritabilidade e comportamento interpessoal inadequado. Estes aspectos foram descritos por indivíduos que participaram de estudos de privação de sono (HORNE, 1993). Em uma análise de 19 estudos, Pilcher e Huffcutt (1996) descobriram que o humor é mais afetado pela privação do sono do que o desempenho cognitivo ou motor.

As pessoas podem não reconhecer quando estão sofrendo de níveis de fadiga, o que pode levar a um acidente ou incidente. Helmreich e Merritt (1998) descobriram que mais de 60% de uma amostra de médicos concordou com a declaração: “mesmo quando cansado, eu atuo de forma eficaz durante as operações críticas”. Ou seja, sinais mais óbvios de fadiga em si mesmo ou em outros membros da equipe é uma degradação no desempenho da tarefa. Por exemplo, ao dirigir, a frequência de ultrapassagens arriscadas aumenta com o número de horas de condução (BROWN et al., 1970).

No entanto, as pessoas podem ser hábeis em aumentar o esforço concentrando-se em mais tarefas para mitigar os efeitos da fadiga (MACKIE; MILLER, 1978). Um estudo feito por Petrilli et al. (2006) estudou a capacidade de tripulações de voo de longas distâncias para realizar tarefas de tomada de decisão após um voo transoceânico, em comparação com tripulações

descansadas. Eles encontraram que as tripulações cansadas se engajaram em comportamentos protetores, como se comunicar mais, verificações adicionais e assim por diante, mas também cometeram mais erros de decisão.

Deste modo, com as definições de fadiga mental e sonolência já abordadas, destaca-se a consideração de Flin, O'Connor e Crichton (2008), que enfatizam o sono como a única forma eficaz de recuperação da fadiga. Essa perspectiva será aprofundada no tópico a seguir.

2.1 O SONO COMO SOLUÇÃO

Segundo Walker (2018), no cérebro, o sono potencializa uma diversidade de funções, incluindo a nossa capacidade de aprender, memorizar, tomar decisões e fazer escolhas lógicas. O autor também destaca que o sono desempenha um papel importante na reparação da saúde psicológica, ao calibrar os circuitos cerebrais emocionais e permitir o enfrentamento de desafios sociais e psicológicos com sereno autocontrole. Além disso, o sono tem impacto no restante do corpo, reabastecendo o sistema imune, combatendo o câncer, prevenindo infecções e protegendo contra diversas doenças. Walker (2018) ainda menciona uma pesquisa realizada na Austrália, na qual dois grupos de adultos saudáveis foram recrutados. Um grupo foi embriagado até o limite jurídico para dirigir (0,08% de álcool no sangue), enquanto o outro foi privado de sono por uma única noite. Os resultados mostraram que, após 19 horas acordadas, as pessoas privadas de sono apresentaram um desempenho cognitivo tão prejudicado quanto aquelas que estavam embriagadas.

A duração ideal do sono por noite varia entre indivíduos, mas de 7 a 8 horas de sono são recomendadas para adultos (HIRSHKOWITZ et al., 2015). A quantidade de sono durante as 24h anteriores a operação mostrou-se um preditor independente de gerenciamento de ameaças e erros em um simulador de Boeing 747-400 de alta fidelidade, além de ser um preditor significativo de fadiga autoavaliada e velocidade média de resposta (PETRILLI et al., 2006; GANDER; SIGNAL, 2009). Além disso, o sono restrito, definido como <5h, durante as 24h anteriores foi associado à confusão (DRURY et al., 2012). A perda de sono pode ser aguda (não dormir por um longo período, também conhecido como privação de sono) ou crônica “redução” do sono à noite por 1 ou 2 horas, também conhecida como restrição de sono; (GOEL et al., 2013; ICAO, 2020).

Descobriu-se que 80% dos aviadores da ativa do exército americano e 90% dos aviadores em treinamento dormiam <8h por noite, com esses indivíduos dormindo em média 6,6h por noite (TVARYANAS; THOMPSON, 2006; KELLEY et al., 2018; BERNHARDT et al., 2019). O sono diminuiu ainda mais durante as operações, sendo a média de sono por noite de 6 horas antes de uma operação e apenas 5,6 horas durante uma operação (BELLAND; BISSELL, 1994). Padrões semelhantes foram observados na aviação civil, com um estudo mostrando que 22% dos pilotos de companhias aéreas comerciais do Conselho de Cooperação do Golfo dormiam menos de 6 horas por dia (ALJURF et al., 2018). Outro estudo relatou que a duração média do sono diminuiu de 7,8h por noite para <6h durante um período de serviço de 7 dias, levando a uma perda cumulativa de sono de 15h (SAMEL et al., 2004). A pesquisa mostrou que os efeitos da restrição de sono se acumulam, levando a uma redução progressiva no desempenho, que se intensifica à medida que a restrição de sono por noite aumenta (SAMEL et al., 2004; International Civil Aviation Organization, 2020).

Além da redução das horas dormidas, a qualidade do sono também pode ser prejudicada. Por exemplo, o sono nas escalas pode ser complicado por fatores transitórios, como ambientes de sono desconhecidos ou desconfortáveis, interrupções circadianas ou estresse situacional (CALDWELL, 1997). Isso também pode ser visto em desdobramentos militares; apenas 26,3% relataram que o sono no campo era bom, em comparação com 64,5% em casa (KELLY; EFTHYMIU, 2019). Esses distúrbios, por sua vez, podem levar a uma diminuição na quantidade de sono. Por exemplo, a avaliação de um elemento de asa rotativa implantado no Iraque descobriu que 62,5% da tripulação relatou dificuldades em adormecer e 48% relataram dificuldades em permanecer dormindo (RABINOWITZ et al., 2009).

A única maneira de se recuperar da fadiga é através do sono (FLIN, O'CONNOR e CRICHTON, 2008). O desejo de dormir é um impulso fisiológico como o de sede ou fome. Em um estudo com ratos que foram totalmente privados de sono até morrerem, Everson et al. (1989) não encontraram causa anatômica da morte, no entanto, todos os ratos mostraram uma aparência debilitada, lesões em suas caudas e patas e perda de peso apesar do aumento da ingestão de alimentos.

Necessidades individuais de sono podem variar de 4 (quatro) a 10 (dez) horas por dia. Margaret Thatcher precisava de apenas 4 (quatro) horas de sono por dia durante seus 11 anos como primeira-ministra britânica, no entanto, em média, os adultos requerem 7 (sete) a 8 (oito) horas de sono por dia (HIRSHKOWITZ et al., 2015), e não há evidências de pesquisa sugerindo que um indivíduo possa treinar para sobreviver com menos horas de sono por meio da privação constante de sono.

Embora as pessoas consigam performar com menos do que a quantidade normal de sono por algumas noites, quando a dívida de sono se acumula, há uma degradação linear no desempenho cognitivo, especialmente em tarefas para as quais as pessoas têm baixa motivação para realizar (GAWRON et al., 2001). No entanto, após um período de privação de sono, as pessoas podem retornar para níveis normais de alerta após uma ou duas noites inteiras de sono.

Barboza et al. (2008) comentam que o trabalho por escalas e trabalhos em horários noturnos contribuem com a alteração do processo de sono e vigília, o que pode alterar as formas concretas de funcionamento do organismo, colaborando com um papel arriscado de desencadear diversas sensações de mal-estar, cansaço, alteração no humor, redução da capacidade de atenção e concentração além de acabar provocando distúrbios que afetam o intestino, coração e entre outros processos vitais para a saúde.

Costa et al. (2015) sugerem que as condições submetidas a enfermeiros que realizam a profissão durante o período noturno, apresentam irregularidades no exercício do sono, o que contribui com a dessincronização de fatores relacionados a personalidade do indivíduo, ao emocional, fatores da cognição e psicofisiológico. Deste modo, aplicando para a realidade de um piloto de linha aérea, a rotina escalar exige diversos cuidados e menções quanto à segurança operacional. Isto tendo em vista que a maioria dos padrões fisiológicos passam por alternâncias dentro do período de 24 horas, podendo ser observado na temperatura corporal, elementos que compõe o sangue, nos hormônios, atividades motoras e nos mecanismos de sono e vigília.

Deste modo, pode-se dizer que a privação de sono pode desregular o ritmo circadiano e, consequentemente, alterar as funções cognitivas de trabalhadores por escalas. Além disso, a privação de sono pode trazer consequências prejudiciais a longo prazo em função do modelo estabelecido pelo trabalho noturno.

O ciclo circadiano é um marcapasso neural no cérebro que monitora o ciclo dia/noite através da entrada de luz ocular e determina a preferência por dormir à noite (International Air Transport Association et al., 2015). Este relógio controla o chamado processo circadiano, basicamente definindo os limiares para a pressão do sono conforme descrito anteriormente (GOEL et al., 2013). Vale a pena mencionar vários períodos durante o ciclo dia/noite: O período durante o ciclo circadiano em que a fadiga e a sonolência são maiores e as pessoas são menos capazes de realizar trabalho mental ou físico, que é chamado de janela de baixa circadiana – WOCL (International Air Transport Association et al., 2015). Esse período, quando os níveis de atenção são mais baixos, em média, ocorre entre 2h e 6h da manhã, mas há diferenças interindividuais no tempo (VALDEZ, 2019). Outro período bem conhecido é a sonolência pós-almoço; ocorrendo entre 14h e 16h, quando os níveis de atenção e o limiar de sono são novamente baixos (VALDEZ, 2019). Essa queda é seguida por um período com altos níveis de alerta ocorrendo entre 16h e 20h, e depois pela “zona de manutenção de vigília noturna”, o par de horas antes da hora habitual de dormir, quando é muito difícil adormecer (GOEL et al., 2013; VALDEZ, 2019; ICAO, 2020).

O ritmo circadiano pode ser interrompido pelo trabalho noturno (ou seja, trabalho por turnos), pois isso altera o padrão de sono/vigília e por transições de fuso horário que causam mudanças repentinas no ciclo dia/noite, também chamado de *jet lag* (International Air Transport Association et al., 2015). Essas interrupções do ritmo circadiano podem ter um efeito duplo no desempenho dos pilotos. Primeiro, eles podem reduzir o desempenho (cognitivo) e o estado de alerta ao voar, como durante o WOCL (*Window of Circadian Low*) e, segundo eles, podem levar ao sono prejudicado pelo deslocamento do sono para o período diurno, quando a quantidade e a qualidade do sono são restritas (GANDER et al., 1998).

O sono é dividido em cinco estágios que se alternam durante um determinado período (em adultos em média de 7 a 8 horas), normalmente durante a noite, os quais são:

- O estágio 1, *transitional*, é o primeiro estágio do sono e pode durar de 5 a 10 minutos, é a transição entre o estar adormecido e acordado, e ainda pode haver alguma consciência de atividade no meio envolvente. Esta é a fase que um indivíduo está para adormecer ao volante de um carro por exemplo, e é muitas vezes descrito como *microsleep*. Uma *microsleep* pode durar de alguns segundos a um minuto de tempo.
- O estágio 2, *light sleep*, é uma fase que dura de 10 a 20 minutos. Durante esta etapa, a respiração e a frequência cardíaca diminuem e há uma ligeira diminuição na temperatura corporal. Ondas cerebrais tornam-se mais lentas, intercaladas e com rajadas ocasionais de ondas rápidas.
- O estágio 3 e 4, *deep sleep*, são os estágios do sono profundo e tendem a durar cerca de 30 minutos. A atividade muscular é limitada e o cérebro produz ondas delta lentas. Alguém que é acordado nesses estágios do sono pode estar muito “grogue” e pode levar alguns minutos para acordar adequadamente. Essa sonolência (ou inércia do sono) pode durar mais (até 20 a 30 minutos). No entanto, Rosekind et al. (1995) sugerem que, em uma emergência, os efeitos da adrenalina podem superar rapidamente os efeitos negativos da inércia do sono.
- O estágio 5, *rapid eye movement (REM)*, é a fase em que os sonhos ocorrem. É caracterizada por movimentos oculares rápidos atrás das pálpebras fechadas. Os músculos relaxam, a frequência cardíaca e as ondas cerebrais aceleram, e a respiração torna-se rápida e superficial. Ocorrem alguns períodos de sono REM em uma noite normal de sono. O primeiro período é curto (de 5 a 10 minutos), mas tornam-se mais longos à medida que a noite avança. Há algumas evidências sugerindo que o sono REM é particularmente importante para o armazenamento de memórias.

Assim, o sono adequado se apresenta como o único modo de se recuperar dos estados de sonolência e/ou fadiga mental que podem estar sendo vivenciados por um indivíduo. Desta ideia, dentro do contexto operacional de um piloto de aeronaves, é essencial que ele execute sua atividade de maneira segura, ao compreender como estes fatores afetam suas funções cognitivas.

3 FUNÇÕES COGNITIVAS EXIGIDAS PARA A PILOTAGEM DE AERONAVES

Em sistemas automatizados, altamente dinâmicos e complexos, os usuários desenvolvem processos cognitivos habilidosos que são muito sensíveis ao contexto. Essas inúmeras habilidades processuais reunidas podem ser abordadas como funções cognitivas. Boy (1998) define que a função cognitiva é o atributo humano que permite que um indivíduo transforme uma tarefa prescrita em uma atividade efetiva.

As funções cognitivas referem-se a um conjunto de processos mentais complexos que são responsáveis pela percepção, memória, atenção, pensamento, resolução de problemas, raciocínio e tomada de decisões. Essas funções são essenciais para a nossa capacidade de processar informações, interagir com o mundo ao nosso redor e adaptar-se a situações novas e desafiadoras (EYSENCK; KEANE, 2020).

Existem diversas funções cognitivas que trabalham juntas para permitir que indivíduos processem informações de forma eficiente e eficaz – afetando de maneira mais específica a consciência situacional:

FUNÇÕES COGNITIVAS	DESCRIÇÃO
Atenção	A atenção é fundamental para a consciência situacional, pois é preciso estar alerta e focado no ambiente e nos eventos que ocorrem nele. A atenção é necessária para detectar informações relevantes, ignorar distrações e mudanças no ambiente (ENDSLEY, 1995).
Memória	A memória é usada para armazenar informações sobre a situação, como dados importantes, eventos recentes, decisões tomadas e possíveis consequências. É necessário que as informações relevantes da situação sejam armazenadas na memória de trabalho para permitir a construção de uma compreensão completa da situação, e que essas informações possam ser acessadas e utilizadas para orientar as ações e decisões do indivíduo. A memória de longo prazo também é de alta importância na construção de uma consciência situacional efetiva, pois permite que o indivíduo reconheça padrões e tire proveito de experiências passadas para lidar com situações similares no futuro (ENDSLEY, 1995).
Percepção	A percepção é essencial para a compreensão do ambiente, pois é através dos sentidos que recebemos informações sobre o mundo ao nosso redor. A percepção é um dos três elementos que compõem o conceito de consciência situacional, juntamente com a compreensão da situação atual e a previsão da evolução da situação. Nesse sentido, a percepção é vista como fundamental para a compreensão do ambiente e para a tomada de decisão em situações dinâmicas e complexas (ENDSLEY, 1995).
Raciocínio	O raciocínio é frequentemente usado para fazer inferências sobre o que pode acontecer a seguir com base nas informações disponíveis, e para avaliar o impacto de diferentes ações possíveis em relação aos objetivos desejados (ENDSLEY, 1995).
Tomada de Decisão	A tomada de decisão é um aspecto crítico da consciência situacional, e uma boa consciência situacional é fundamental para uma tomada de decisão eficaz. A falta de consciência situacional pode levar a decisões inadequadas ou erradas, enquanto uma boa consciência situacional pode ajudar a evitar erros e melhorar o desempenho em situações críticas (ENDSLEY, 1995).
Planejamento e Organização	A capacidade de planejar e organizar as ações é essencial para manter uma consciência situacional eficaz. Isso envolve antecipar eventos futuros, planejar ações e organizar informações relevantes. Estabelecer e manter uma estrutura cognitiva organizada é fundamental para lidar com situações complexas e dinâmicas. O planejamento e a organização ajudam a antecipar possíveis cenários e a desenvolver estratégias adequadas, enquanto a organização permite que o indivíduo mantenha as informações relevantes em mente e as acesse rapidamente quando necessário (ENDSLEY, 1995).
Resolução de Problemas	A resolução de problemas é uma função cognitiva crucial para a consciência situacional, pois permite que o indivíduo desenvolva soluções para os desafios encontrados em uma situação. Isso envolve a identificação de problemas potenciais, a formulação de hipóteses sobre suas causas, a geração de alternativas de solução e a avaliação dessas alternativas em relação aos objetivos da tarefa e às condições da situação. A resolução de problemas também está relacionada à capacidade de antecipar problemas e adotar medidas preventivas para evitar que ocorram (ENDSLEY, 1995).

Quadro 1 – Funções Cognitivas que afetam a Consciência Situacional

Segundo Flin, O'Connor e Crichton (2008), a consciência situacional pode ser explicada de forma simples como “estar ciente do que está acontecendo ao seu redor”. De maneira complementar, Endsley (1995) define a consciência situacional como “a percepção dos elementos no ambiente dentro de um volume de tempo e espaço, a compreensão de seus significados e a projeção de seus estados em breve”.

Este conceito tem sido amplamente utilizado em treinamentos na aviação, e uma definição mais específica de consciência situacional para tripulantes ilustra os principais componentes desta habilidade: “a consciência situacional é uma dinâmica, que envolve a manutenção e antecipação de tarefas críticas” (FLIN et al., 2008). Ou seja, os tripulantes devem estar com consciência situacional em todas as fases do voo, antecipando eventos futuros com base no conhecimento do passado e do presente. Sendo crucial que os indivíduos monitorem o ambiente para que possíveis problemas possam ser corrigidos antes que eles aumentem (SHRESTHA et al., 1995).

Assim sendo, a consciência situacional é um conceito complexo que envolve diversas funções cognitivas, como a percepção, a atenção e a memória. A percepção é responsável por coletar informações sensoriais do ambiente, enquanto a atenção desempenha um papel crucial ao selecionar quais dessas informações serão processadas de maneira mais detalhada. A memória, por sua vez, permite o armazenamento e a recuperação de informações relevantes para o contexto. Essas funções, embora interdependentes, contribuem de maneiras distintas para o monitoramento contínuo do ambiente, permitindo que o indivíduo perceba o que está acontecendo e detecte alterações importantes no contexto. Assim, a consciência situacional envolve um processo contínuo de coleta, processamento e análise das informações disponíveis no ambiente. Os seres humanos utilizam seus cinco sistemas sensoriais — visão, audição, tato, paladar e olfato — para reunir essas informações, sendo o cérebro responsável por selecionar, de forma seletiva, os estímulos a serem processados, dada a grande quantidade de informações disponíveis a qualquer momento (FLIN et al., 2008). Essa seleção é impulsionada em parte pelo ambiente – por exemplo, um ruído repentino ou mudança de luz atrairá nossa atenção – mas também somos guiados por experiências passadas. Isso é, informações que armazenamos na memória de longo prazo – nosso conhecimento do mundo em que vivemos – nos orientará a atender a certas pistas do ambiente, pois sabemos que estão em alguma forma significativa ou importante para nós. Esse processo de atenção seletiva forma essencialmente a base da consciência situacional (ENDSLEY, 1995).

Com um viés mais técnico, as informações do ambiente entram no sistema cognitivo como sinais químicos através das células receptoras sensoriais no olho, ouvido, nariz, boca e pele. Estes se tornam mensagens químicas que são transportadas através dos nervos sensoriais para o cérebro onde são interpretados e podem ser armazenados no sistema de memória (FLIN et al., 2008).

O sistema de memória tem sido estudado extensivamente por psicólogos nos últimos 40 anos. Pesquisas sobre a capacidade e função da memória levaram ao desenvolvimento de um modelo amplamente aceito da arquitetura cognitiva – a estrutura do sistema de armazenamento e processamento do cérebro para informações (FLIN et al., 2008). Uma visão simplificada da memória propõe que existem três sistemas interligados: memória sensorial, memória de curto prazo (também conhecida como memória de trabalho) e memória de longo prazo, cada uma das quais será descrita na sequência.

A memória sensorial é a memória que retém as informações recebidas por períodos muito breves de tempo (EYSENCK; KEANE, 2005). Raramente temos conhecimento desses armazenamentos transitórios, mas quando se percebe que uma imagem persiste muito brevemente após o estímulo visual ter sido removido, isso é a memória sensorial.

A memória de trabalho contém essencialmente a percepção consciente. É um limitado armazenamento de capacidade. A capacidade de memória de trabalho pessoal é fácil de medir – basta ver quantos dígitos um indivíduo consegue lembrar de uma lista aleatória de números. Caso este puder combiná-los em unidades ou blocos significativos (por exemplo, códigos de discagem de área telefônica ou datas), então uma lista mais longa pode ser lembrada (FLIN et al., 2008).

A memória de trabalho não só tem uma pequena capacidade de armazenamento, mas também não é muito boa para manter as informações. Caso não seja dedicada atenção mental aos números da lista que se está tentando lembrar, por exemplo, repetindo-os várias vezes, então o traço de memória desses números decairá. Além disso, se houver distração e mudança na atenção para outra coisa, então, novamente, apenas a informação será perdida (OXFORD AVIATION ACADEMY, 2018).

A capacidade de manter informações na memória de trabalho é particularmente importante quando envolvidos em tarefas críticas de segurança. Quando um piloto está se lembrando da autorização dada pelo controle de tráfego aéreo, então este está usando sua memória de trabalho para armazenar as informações. Saber quando e como preservar informações na memória de trabalho é um aspecto-chave da consciência situacional (OXFORD AVIATION ACADEMY, 2018).

Com *expertise*, as tarefas (como a habilidade física de voar) se tornam “automáticas” – os procedimentos e ações tornam-se bem conhecidos e são armazenados na memória de longo prazo. Portanto, isso libera a memória de trabalho para atender a outras tarefas, como falar no rádio e gerenciar problemas. Porém, quando não se tem que pensar cuidadosamente nas etapas de uma tarefa, isso pode causar outros problemas relativos a suposições e expectativas, conforme discutido mais adiante (FLIN et al., 2008).

A memória de longo prazo, que é o armazenamento da memória principal, é um enorme repositório para todo tipo de informação que se adquire e se armazena durante nossa vida. Ela contém todas as memórias pessoais de eventos que foram vivenciados, como também todo o estoque de conhecimento adquirido. Este último é conhecido como memória semântica e detém gostos e desgostos, os idiomas que são falados, como realizar tarefas como pilotar uma aeronave, nadar e operar um computador – isto é, tudo o que se sabe sobre o mundo em que se vive (OXFORD AVIATION ACADEMY, 2018).

A qualquer momento, usa-se apenas uma pequena fração deste armazenamento de memória, que pode ter diferentes níveis de ativação dependendo das atividades atuais. Para conscientização da situação, as informações armazenadas na memória de longo prazo são recuperadas – onde, algumas das quais serão transferidas para a memória de trabalho, outras associadas ao conhecimento pode então passar para um nível mais alto de disponibilidade. Certos tipos de informações são mais fáceis de recuperar da memória, por exemplo, quando a informação é familiar, foi “acessada” recentemente ou é incomum, saliente ou de particular interesse pessoal (OXFORD AVIATION ACADEMY, 2018).

Tendo em vista esses atributos, destaca-se que a manutenção da qualidade da consciência situacional depende de múltiplas funções cognitivas, como percepção, memória de trabalho, raciocínio e tomada de decisão. No entanto, esses processos podem

ser afetados negativamente por fatores como fadiga e estresse, comprometendo a capacidade de interpretar e reagir adequadamente às informações do ambiente. A fadiga mental e a sonolência, por exemplo, reduzem a capacidade de processamento de novas informações, impactando diretamente a atenção e, consequentemente, a consciência situacional (FLIN et al., 2008). Acidentes envolvendo estes fatores são provavelmente devido à influência negativa da sonolência ou fadiga mental na consciência situacional de um indivíduo. O estresse, muitas vezes manifestado como ansiedade, tem um efeito prejudicial semelhante, provavelmente porque a pessoa está preocupada com outros problemas que estão ocupando atenção e a memória de trabalho (CALDWELL; CALDWELL, 2003).

Em conjunto, certos produtos químicos podem influenciar a capacidade de atenção de um indivíduo. Estimulantes, tipicamente cafeína, são frequentemente usados para neutralizar os efeitos prejudiciais da fadiga. Os níveis de glicose no sangue podem fazer com que o indivíduo se sinta mais alerta ou mais sonolento, e assim, pode influenciar a consciência situacional (CALDWELL; CALDWELL, 2003).

Como a consciência situacional é muito dependente da memória de trabalho (como explicado anteriormente), é afetada por distração, interrupção, sobrecarga de estímulos etc. Estes podem ser altamente arriscados para os trabalhadores envolvidos em tarefas complexas. Distrações e interrupções ocorrem com frequência surpreendente em domínios críticos de segurança, como salas de cirurgia (HEALEY et al., 2006) e quando as equipes estão ressuscitando pacientes (MARSCH et al., 2005).

Assim, a consciência situacional é um termo usado na indústria para descrever as habilidades cognitivas que envolvem a seleção e compreensão de informações do mundo ao nosso redor para dar sentido ao nosso ambiente de trabalho. Problemas relacionados com a consciência situacional são comumente atribuídos como causas de acidentes em configurações de tarefas dinâmicas, como a pilotagem de aeronaves.

Deste modo, tendo sido definido e diferenciado fadiga mental de sonolência, bem como referido o sono como o único modo de se recuperar destes estados de fato; abordado um exemplo de uma capacidade cognitiva (consciência situacional) necessária para que um piloto de aeronaves gerencie seu voo de modo seguro; e sua consequente precariedade, caso exista o estado de sonolência e/ou fadiga mental no piloto de aeronaves; a seguir, serão abordadas as características do ambiente operacional que o piloto atua e seus eventuais indutores para os estados de sonolência e fadiga mental, que foram sugeridos como complicadores das funções cognitivas.

4 O AMBIENTE OPERACIONAL DOS PILOTOS DE AERONAVES

Tendo em vista que pilotos não possuem regularidade em sua escala de trabalho, onde podem trabalhar em turnos distintos do dia durante o mês, existe uma exposição que promove uma desregulação do ritmo circadiano, o que pode alterar o “relógio biológico”, os forçando a trocar a noite pelo dia, tendo potencial de resultar em uma série de complicações no organismo, contribuindo para o desencadeamento de doenças e alterações nas funções cognitivas.

Segundo Silva et al. (2019), tais prejuízos podem ser irreversíveis tanto fisiologicamente quanto cognitivamente, incluindo doenças metabólicas e problemas comportamentais como a ansiedade, depressão e estresse. Assim, parece interessante que estratégias não farmacológicas sejam implementadas na tentativa de minimizar tais prejuízos. Uma das alternativas pode ser por meio de trabalho terapêutico com métodos e técnicas para melhorar o funcionamento cerebral em função de uma alteração no ritmo circadiano responsável pela homeostase do organismo humano.

Segundo Arendt (2006), a espécie *homo sapiens* é conhecida como uma espécie diurna, com o organismo totalmente adaptado e preparado para exercer as atividades na fase clara do dia, e repousar na fase escura. Deste modo, por mais que algumas formas de trabalho sejam prejudiciais para a saúde do profissional, o trabalho no horário noturno, como eventualmente ocorre na aviação, é indispensável para a assistência adequada da população, e facilitação da operação, deixando-a mais econômica/barata, transferindo a economia também ao consumidor na compra da passagem. No entanto, há uma necessidade de se elaborar certas estratégias a fim de proporcionar ações de bem-estar, com o intuito de diminuir as consequências negativas causadas por essas condições de trabalho na saúde dos profissionais (SOUZA, 2019), bem como, consequentemente, o aumento da segurança operacional.

A modernidade e necessidade de acesso a empresas que possuem agendas não habituais facilitam a vida dos indivíduos que precisam do serviço e conseguem se encaixar nos horários, porém, os turnos de trabalho e as escalas possuem impactos diretos na qualidade de atenção e vigília dos colaboradores dessas empresas, podendo prejudicar diretamente na segurança operacional.

Como mencionado logo no início desta pesquisa, segundo Flin, O'Connor e Crichton (2008), fatores como estresse, temperaturas altas, ruído (> 80 dB) e vibração, são contribuintes e complicadores operacionais do estado de fadiga – isto é – em momentos que estão “fora de sincronia” com o ciclo circadiano (CALDWELL; CALDWELL, 2003). Na sequência, todos estes fatores serão abordados.

Quanto ao estresse, inicialmente, um nível razoável de estresse é benéfico, mas um alto nível de estresse está associado a respostas psicológicas e fisiológicas desagradáveis, e uma destas é a fadiga. Os causadores de estresse (ou estressores) podem ser divididos em duas categorias: internos e externos. A fadiga está inclusa nos estressores internos e, além dela, inclui-se outros muito importantes, como: fome, sede, falta de sono e dor. Sendo que, com exceção da dor, esses fatores normalmente estão (ou

eram para estar) sob o controle da tripulação. Deste modo, é fundamental que as tripulações assegurem que nunca iniciem um período de serviço com qualquer um destes estressores fisiológicos internos (FLIN et al., 2008).

Em acréscimo, o cérebro, de um modo geral, possui a capacidade de se adaptar a estressores fisiológicos. No caso de estressores externos, a exposição repetida a níveis moderados de estressores do ambiente fará com que o corpo se adapte ao estresse para reduzir seu impacto. Por exemplo, se um indivíduo vive perto de um aeroporto movimentado, os sons podem não ser percebidos depois de um tempo, enquanto um visitante pode comentar sobre os níveis de ruído. Essa capacidade é limitada e varia de pessoa para pessoa (OXFORD AVIATION ACADEMY, 2018).

Em temperaturas elevadas, quando a temperatura do sangue atinge aproximadamente 41°C (106°F), os sistemas autorreguladores do corpo entram em colapso, iniciando os efeitos do calor extremo. Entre eles, destacam-se a sudorese excessiva, que provoca uma rápida depleção de fluidos e eletrólitos, levando à desidratação. Esse quadro, por sua vez, intensifica o aumento da temperatura corporal, agravando a condição. Os sintomas típicos incluem fadiga, câibras musculares, tontura, aumento acelerado da frequência cardíaca e maior demanda por oxigênio, além de sede intensa, danos celulares — especialmente no cérebro —, insolação e, em casos extremos, coma. Além disso, a adaptação da mente e do corpo a um ambiente quente e úmido costuma levar, em média, duas semanas (FLIN et al., 2008).

O impacto do ruído no desempenho cognitivo varia conforme o estado do indivíduo. Em situações de tédio ou fadiga, um nível moderado de ruído pode aumentar a excitação e melhorar o desempenho. No entanto, quando o ruído se torna excessivo (acima de aproximadamente 80 dB), ele compromete o desempenho, resultando em distração, degradação das informações armazenadas na memória de trabalho — aumentando a carga cognitiva — e um maior número de erros da tripulação. Além disso, no design de avisos sonoros para falhas de sistemas em aeronaves, é essencial garantir que os alertas captem a atenção sem causar susto ou pânico na tripulação (FLIN et al., 2008).

Já em relação à vibração, por fim, essa pode afetar todo o corpo ou partes específicas dele, onde, qualquer vibração causará fadiga, podendo influenciar negativamente o desempenho visual e motor. A frequência da vibração determinará quais partes são afetadas e a magnitude da vibração determinará a gravidade dos sintomas (OXFORD AVIATION ACADEMY, 2018).

5 MÉTODO

Este estudo pretende identificar referencial teórico que apresente os efeitos dos fatores sonolência e fadiga mental sobre as funções cognitivas dos pilotos de aeronaves dentro do ambiente operacional em que atuam.

Para a realização deste estudo, foi conduzida uma pesquisa exploratória, que, segundo Gil (2002), busca proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais claro na área abordada. Seu principal objetivo é aprimorar ideias ou descobrir novos *insights*. Além disso, esse tipo de pesquisa se caracteriza por um planejamento altamente flexível, permitindo a consideração de diversos aspectos relacionados às circunstâncias em estudo. Dessa forma, foram realizadas múltiplas comparações e análises entre livros, pesquisas científicas e revisões bibliográficas que tratam do ambiente operacional e rotineiro de um piloto de aeronaves; diferenciam a sonolência da fadiga mental; e demonstram a degradação das funções cognitivas causadas por esses estados.

Para tanto, a pesquisa foi baseada em abordagens de fontes terciárias, que, segundo Pizzani et al. (2012), consiste em índices categorizados de trabalhos de fontes primárias e secundárias. Em complemento, as fontes primárias contemplam trabalhos com conhecimento original e publicado pela primeira vez pelos autores. São as teses universitárias, livros, relatórios técnicos, artigos em revistas científicas, entre outros; e, quanto às fontes secundárias, são os trabalhos não originais e que basicamente citam, revisam e interpretam trabalhos originais. São os artigos de revisão bibliográfica, artigos de divulgação, entre outros (PIZZANI et al., 2012).

Para isso, este estudo teve caráter qualitativo exploratório, com ênfase na coleta de dados por revisão bibliográfica, definida por Gil (2002), como a obtenção de dados através de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Quanto ao caráter exploratório, segundo Gil (2002), essa pesquisa buscou proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito e construindo questões para análise:

- Questão 1 (Q1): o estado de sonolência do piloto afeta suas funções cognitivas – como a consciência situacional – gerando erros durante a realização de um voo e afetando a segurança operacional.
- Questão 2 (Q2): o estado de fadiga mental do piloto afeta suas funções cognitivas – como a consciência situacional – gerando erros durante a realização de um voo e afetando a segurança operacional.

O desenvolvimento das respostas destas questões aconteceu por meio da técnica de “Análise de Conteúdo”, a qual conceitua-se como “o processo de categorizar informações textuais qualitativas em aglomerados de entidades similares, ou categorias conceituais, para identificar padrões consistentes e a relação entre as variáveis ou temas” (GIVEN, 2008). Validade e confiabilidade são pontos chave nesta técnica, por isso, diferentes autores devem ser consultados e comparados, uma triangulação metodológica que leva a descobertas positivas, negativas ou contraditórias (GIVEN, 2008).

6 ANÁLISE DE DADOS

De maneira geral, através do referencial teórico levantado, foi possível identificar-se que os fatores de sonolência e fadiga mental podem afetar negativamente as funções cognitivas dos pilotos de aeronaves de diversas maneiras, comprometendo suas capacidades de conduzir a operação com segurança e eficiência – visto que a complexidade das operações aéreas requer uma adequada performance e funcionamento cognitivo. De maneira mais aprofundada, as duas questões estruturadas na pesquisa apresentam os possíveis impactos destes dois fatores sobre a consciência situacional de pilotos de aeronaves, fundamentando-se no Quadro 1 apresentado na Seção 3.

6.1 A SONOLÊNCIA AFETANDO A CONSCIÊNCIA SITUACIONAL (Q1)

Como visto ao longo deste estudo, o fator sonolência pode ter um impacto significativo na consciência situacional. Conforme atributos mencionados no Quadro 1, isto pode ocorrer, principalmente, dos seguintes modos:

1. **Atenção, Memória e Percepção**: É mais difícil de manter a concentração em uma tarefa ou mesmo manter o foco por longos períodos.
 - **Dificuldade em manter o foco**: Podem ocorrer períodos de distração e dificuldade em manter a atenção em uma única tarefa, propiciando que a mente do piloto se desvie para pensamentos desconexos (GEHRMAN et al., 2009).
 - **Problemas de memória de curto prazo**: A memória de curto prazo ou memória de trabalho, que é responsável por reter informações recentes por um curto período, pode ser prejudicada, resultando em dificuldade em lembrar detalhes imediatos (DURMER; DINGES, 2005).
 - **Dificuldade em interpretar informações sensoriais**: A capacidade de interpretar e dar sentido às informações sensoriais pode ser prejudicada, ocasionando em dificuldade em reconhecer e compreender corretamente os estímulos do ambiente, o que pode levar a uma percepção distorcida ou incompleta da realidade (DONGEN et al., 2003).
2. **Raciocínio, Tomada de Decisão, Planejamento e Organização**: A capacidade de pensar de forma clara e eficiente pode ser comprometida.
 - **Diminuição da capacidade de resolução de problemas**: A fadiga mental resultante da sonolência pode prejudicar a capacidade de resolver problemas complexos, dificultando a aplicação de estratégias lógicas, a consideração de diferentes soluções e a tomada de decisões informadas (PILCHER; HUF CUTT, 1996).
 - **Erros de julgamento**: A diminuição da vigilância e da capacidade de processamento de informações pode levar a conclusões precipitadas, avaliação inadequada de riscos e tomada de decisões inadequadas, aumentando a propensão a cometer erros de julgamento. (ALHOLA; POLO-KANTOLA, 2007).
 - **Dificuldade em estabelecer prioridades**: A falta de clareza mental e a falta de energia podem levar a uma sensação de sobrecarga e a dificuldades para identificar quais tarefas são mais urgentes ou relevantes (PILCHER; HUF CUTT, 1996).

6.2 A FADIGA MENTAL AFETANDO A CONSCIÊNCIA SITUACIONAL (Q2)

De acordo com o já exposto, o fator fadiga mental pode ter um impacto significativo na consciência situacional. Conforme atributos mencionados no Quadro 1 da Seção 3, a consciência situacional é impactada, principalmente, dos seguintes modos:

1. **Atenção, Memória e Percepção**: Quando um indivíduo está mentalmente fatigado, a capacidade de se concentrar e processar informações de forma eficiente pode ser comprometida.
 - **Diminuição da flexibilidade da atenção**: A fadiga mental pode resultar em uma diminuição da flexibilidade da atenção, dificultando a alternância entre diferentes tarefas ou o ajuste do foco de acordo com as demandas do momento. A pessoa pode se sentir presa em um único modo de atenção, tornando difícil se adaptar a novos estímulos ou situações (GEHRMAN et al., 2009).
 - **Dificuldade em recuperar informações armazenadas**: A capacidade de recuperar informações armazenadas na memória pode sofrer interferência da fadiga mental, resultando em lapsos de memória, como esquecer restrições operacionais, *callouts* ou outros detalhes importantes em uma operação aérea (LIM; DINGES, 2008).
 - **Distúrbios na percepção do tempo**: A percepção do tempo pode sofrer distorção, ocasionando um sentimento de que o tempo está passando mais devagar ou mais rápido do que realmente está, o que pode interferir na capacidade de julgar a duração de eventos ou estimar o tempo necessário para realizar uma tarefa (HARRISON; HORNE, 2000).
2. **Raciocínio, Tomada de Decisão, Planejamento e Organização**: Quando um indivíduo está mentalmente exausto, o pensamento lógico, a capacidade de tomar decisões e o processamento de informações podem ser comprometidos.
 - **Redução da velocidade de processamento**: O cérebro pode processar informações mais lentamente do que o normal, vindo a resultar em atrasos nas respostas, dificuldade em acompanhar conversas ou leituras e menor fluidez no pensamento. A velocidade de processamento cognitivo refere-se à capacidade de receber, interpretar e responder rapidamente a estímulos e informações relevantes (ÅKERSTEDT, 1988).

- **Dificuldade em considerar diferentes perspectivas:** A abordagem de pensamento tem uma tendência a ficar mais limitada, acarretando dificuldades em considerar diferentes perspectivas e abordar o problema de maneiras criativas. Isso pode restringir as opções de solução e levar a soluções menos eficientes e inseguras (ALHOLA; POLO-KANTOLA, 2007).
- **Falta de criatividade e flexibilidade mental:** O pensamento criativo e a forma de encontrar soluções inovadoras para problemas podem ficar limitados, conduzindo a padrões de pensamento menos eficientes, dificuldade em gerar novas ideias ou em adaptar uma abordagem em situações de mudança (ALHOLA; POLO-KANTOLA, 2007).
- **Dificuldade em criar modelos mentais detalhados:** A capacidade de criar modelos mentais detalhados e estratégias eficazes podem ficar distorcidos, ocasionando problemas em dividir tarefas complexas em etapas menores, estabelecer prazos realistas e identificar os recursos necessários para realizar essas tarefas. Modelos mentais detalhados desempenham um papel fundamental no planejamento e na execução de um voo seguro e eficiente (GEHRMAN et al., 2009).

7 CONCLUSÕES

A problemática geral em relação aos fatores de sonolência e fadiga mental sobre as funções cognitivas dos pilotos de aeronaves é uma questão de grande importância na aviação. A sonolência e a fadiga mental podem ter impactos significativos nas habilidades cognitivas e no desempenho dos pilotos, potencialmente comprometendo a segurança e a eficiência das operações aéreas.

Este estudo trouxe fatores que chamam a atenção para a importância de abordar adequadamente a sonolência e a fadiga mental na aviação. Deste modo, embora tanto a sonolência quanto a fadiga mental possam afetar a consciência situacional e possuam diversas consequências semelhantes para a cognição, existem diferenças importantes entre elas em termos de como impactam este aspecto:

- A sonolência, em resumo, tende a afetar a consciência situacional de uma pessoa de forma mais direta. Quando se está sonolento, o estado de alerta diminui, e pode-se ter dificuldade em manter uma consciência clara e precisa do ambiente ao redor. Isso pode resultar em uma diminuição da percepção de estímulos externos, menor capacidade de processar informações relevantes e uma sensação de desconexão com a realidade imediata. A consciência situacional estando prejudicada, pode aumentar o risco de erros nos diversos âmbitos cognitivos anteriormente mencionados (atenção, memória, percepção, raciocínio, tomada de decisão, planejamento e organização, resolução de problemas, entre outros).
- Já sobre a fadiga mental, em resumo, ela pode afetar a consciência situacional de forma mais indireta, principalmente devido aos efeitos que tem na atenção e no processamento de informações. Quando se está mentalmente fatigado, a capacidade de se concentrar e processar informações de maneira eficiente pode ser comprometida, resultando em uma consciência situacional diminuída, onde o indivíduo pode ter dificuldade em manter um senso claro e abrangente do contexto, bem como uma compreensão completa das informações relevantes.

Assim, a sonolência e a fadiga mental não são mutuamente exclusivas e podem ocorrer simultaneamente, agravando ainda mais os efeitos na consciência situacional. Ambas as condições podem comprometer a capacidade de perceber, processar e interpretar corretamente as informações do ambiente, bem como influenciar negativamente a tomada de decisões e a execução de tarefas.

Deste modo, para lidar com esses desafios, como a literatura do assunto sugere, é fundamental priorizar o descanso adequado e o sono de qualidade. No entanto, no âmbito da fadiga mental parece interessante adotar estratégias, como: técnicas de relaxamento e estabelecer limites saudáveis de trabalho. Manter a consciência da própria condição de sonolência ou fadiga mental e buscar ajuda ou apoio quando necessário também são medidas importantes para preservar a consciência situacional e, portanto, a segurança operacional.

Assim, ressalte-se que, mesmo que a sonolência possa contribuir para a fadiga mental, nem toda fadiga mental é causada pela sonolência. A fadiga mental pode ser resultado de diversos fatores, como trabalho mental intenso, estresse emocional, falta de motivação ou até mesmo condições médicas subjacentes. Por fim, ao se diferenciar e abordar de maneira ampla a sonolência e a fadiga mental, buscando as estratégias adequadas para gerenciar e recuperar-se da fadiga mental, se desenvolve diversos âmbitos de pesquisa mais específicos sobre como conduzir meios para mitigar que tais consequências se demonstrem presentes no dia a dia dos tripulantes, favorecendo a segurança operacional no setor aéreo.

Assim sendo, este artigo científico buscou contribuir para o avanço do conhecimento geral sobre os efeitos da sonolência e fadiga mental nas funções cognitivas dos pilotos de aeronaves. Vale ressaltar que este estudo não objetivou a análise dos fatores sistêmicos do gerenciamento de fadiga humana – como políticas, regulamentações vigentes, procedimentos e treinamentos utilizados – para minimizar os riscos associados à sonolência e fadiga mental em pilotos de aeronaves.

REFERÊNCIAS

- ÅKERSTEDT, T. *Consensus statement: fatigue and accidents in transportation operations*. Journal of Sleep Research, 2000. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11123524/>
- ÅKERSTEDT, T. *Sleepiness as a consequence of shift work*. Sleep, 1988. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3283910/>
- ALHOLA, P.; POLO-KANTOLA, P. *Sleep deprivation: Impact on cognitive performance*. Neuropsychiatric Disease and Treatment, 2007. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2656292/>
- ALJURF, T.; OLAISH, A.; BAHAMMAM, A. *Assessment of sleepiness, fatigue, and depression among gulf cooperation council commercial airline pilots*. Sleep Breath, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11325-017-1565-7>
- ARENDT, J. *Melatonin and human rhythms*. Chronobiology International, 2006. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16687277/>
- BALKIN, T.; WESENSTEN, N. *Differentiation of sleepiness and mental fatigue effects: Cognitive Fatigue: Multidisciplinary Perspectives on Current Research and Future Applications*. Edição por: Ackerman P. American Psychological Association, 2011. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Cognitive+Fatigue:+Multidisciplinary+Perspectives+on+Current+Research+and+Future+Applications.&author=T.+J.+Balkin&author=N.+J.+Wesensten&publication_year=2011&
- BANDARET, I.; STOKES, J.; FRANSCESCONI, R.; KOWAL, D.; NAITHOW, P. *Artillery teams in simulated sustained combat: performance and other measures: Biological Rhythms, Sleep and Shift Work*. Edição por: Johnson, L. Tepas, D. Colquhoun, W. Pergamon Press, 1981. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA956133>
- BARBOZA, J.; MORAES, R.; PEREIRA, E.; REIMÃO, E. *Avaliação do padrão de sono dos profissionais de Enfermagem dos plantões noturnos em Unidades de Terapia Intensiva*. Einstein (São Paulo), 2008. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-516945>
- BELLAND, K.; BISSELL, C. *A subjective study of fatigue during navy flight operations over southern Iraq: operation southern watch*. Aviation, Space and Environmental Medicine, 1994. <https://psycnet.apa.org/record/1994-43365-001>
- BERNHARDT, K.; KELLEY, A.; FELTMAN, K.; CURRY, I. *Rest and activity patterns of Army aviators in routine and operational training environments*. Aerospace Medicine and Human Performance, 2019. <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/amhp/2019/00000090/00000001/art00011>
- BOY, G. *Cognitive Function Analysis for Human-Centered Automation of Safety-Critical Systems*. European Institute of Cognitive Sciences and Engineering (EURISCO), 1998. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/274644.274682>
- BROWN, I.; TICKNER, A.; SIMMONDS, C. *Effects of prolonged driving on overtaking criteria*. Ergonomics, 1970. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5432365/>
- CALDWELL, JOHN A. *Fatigue in the aviation environment: An overview of the causes and effects as well as recommended countermeasures*. Aviation Space and Environmental Medicine, 1997. <https://europepmc.org/article/med/9327120>
- CALDWELL, JOHN A.; GILREATH, S. ERICKSON, B. *A survey of aircrew fatigue in a sample of army aviation personnel*. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 2002. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12014607/>
- CALDWELL, JOHN A.; CALDWELL, J. LYNN. *Fatigue in Aviation*. Routledge, 2003.
- CAFFARRA, P.; VEZZAINI, G.; DIECI, F.; ZONATO, F.; VENNARI, A. *Una versione abbreviata del test di Stroop: dati normativi nella popolazione italiana*. Nuova Rivista di Neurologia, 2002. <https://moh-it.pure.elsevier.com/en/publications/a-short-version-of-the-stroop-test-normative-data-in-an-italian-p>
- CHAUDHURI, A.; BEHAN, P. *Fatigue and basal ganglia*. Journal of the Neurological Sciences, 2000. [https://www.jns-journal.com/article/S0022-510X\(00\)00411-1/pdf](https://www.jns-journal.com/article/S0022-510X(00)00411-1/pdf)
- COREN, S. *Sleep Thieves: an eye-opening exploration into the science and mysteries of sleep*. Free Press, 1996. <https://cmc.marmot.org/Record/.b10707025>
- COSTA, A.; ROTENBERG, L.; GRIEP, R.; FISCHER, F. *Cochilos durante o trabalho noturno em equipes de enfermagem: Possíveis benefícios à saúde dos 152 trabalhadores*. Escola Anna Nery Revista de Enfermagem, 2015. <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/13096>
- DAWSON, D.; REID, K. *Fatigue, alcohol and performance impairment*. Nature, 1997. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9230429/>
- DEMYTTENAERE, K.; DE FRUYT, J.; STAHL, S. *The many faces of fatigue in major depressive disorder*. International Journal of Neuropsychopharmacology, 2005. <https://psycnet.apa.org/record/2005-03606-011>
- DONGEN, H.; MAISLIN, G.; MULLINGTON, J.; DINGES, D. *The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation*. Sleep, 2003. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12683469/>
- DRURY D.; FERGUSON S.; THOMAS, M. *Restricted sleep and negative affective states in commercial pilots during short haul operations. Accident Analysis & Prevention*, 2012. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457511002685?casa_token=Ui8-iyfXnjKAAAAA:rzbvX5pyrV5_U91tcFYl7AqqaOGw3Rw2LeirxAtEO9yMwI8yIo8IksnW9fzsWUjuzPxOrPG9hQ

- DURMER, J.; DINGES, D. *Neurocognitive consequences of sleep deprivation*. Semin Neurol., 2005. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15798944/>
- ENDSLEY, M. *Toward a theory of situation awareness in dynamic systems*. Human Factors, 1995. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1518/001872095779049543>
- EVERSON, C.; BERGMANN, B.; RECHTSCHAFFEN, A. *Sleep deprivation in the rat: III. total sleep deprivation*, Sleep, 1989. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2928622/>
- EYSENCK, M.; KEANE, M. T. *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. Psychology Press, 2005.
- FLIN, R.; O'CONNOR, P.; CRICHTON, M. *Safety at the Sharp end: a Guide to non-technical Skills*. CRC Press, 2008.
- GANDER, P.; SIGNAL, L. *Who is too old for shift work? Developing better criteria*. Chronobiology International, 2009. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07420520802077556>
- GANDER, P.; ROSEKIND, M.; GREGORY, K. *Flight crew fatigue VI: a synthesis*. Aviation Space and Environmental Medicine, 1998. <https://europepmc.org/article/med/9749940>
- GAWRON, V.; FRENCH, J.; FUNKE, D. *An overview of fatigue*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2001. <https://psycnet.apa.org/record/2000-14014-027>
- GIL, A. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. Atlas, 4ª Edição, 2002.
- GIVEN, L. *The Sage Encyclopedia of Qualitative Research Methods*. SAGE, 2008.
- GOEL, N.; BASNER, M.; RAO, H.; DINGES, D. *Circadian rhythms, sleep deprivation, and human performance*. Progress in Molecular Biology and Translational Science, 2013. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123969712000075>
- GRAIG, A.; COOPER, R. *Symptoms of acute and chronic fatigue: Handbook of human performance: State and trait*. In: A. P. Smith. D. M. Jones. Academic Press, 1992.
- HARRISON, Y.; HORNE, J. *The impact of sleep deprivation on decision making: a review*. Journal of Experimental Psychology: Applied, 2000. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11014055/>
- HAWKINS, F.; ORLADY, H. *Human Factors in Flight*. Routledge, 1987. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781351218580/human-factors-flight-frank-hawkins-harry-orlady>
- HEALEY, A.; SEVDALIS, N.; VINCENT, C. *Measuring intra-operative interference from distraction and interruption observed in the operating theatre*. Ergonomics, 2006. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140130600568899?journalCode=terg20>
- HELMREICH, R.; MERRITT, A. *Culture at Work in Aviation and Medicine*. Aldershot, 1998. <https://www.semanticscholar.org/paper/Culture-at-Work-in-Aviation-and-Medicine%3A-National%2C-Helmreich-Merritt/b965ea35d03ca5ed3042066360800ce412ce2801>
- HIRSHKOWITZ, M.; WHITON, K.; ALBERT, S.; ALESSI, C.; BRUNI, O.; DONCARLOS, L. et al. *National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: final report*. Sleep Health, 2015. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352721815001606?casa_token=dS-3r-jszEgAAAAA:xRtSmp-72sGOpe_iHvQYpXSsL1uK0ANspBUjqDrSv_hzdj5IUDYjokg-SJEcnSJ3oNO9I5mz9MA
- HORNE, J. *Sleep loss and "divergent" thinking ability*. Sleep, 1988. <http://europepmc.org/article/MED/3238256>
- HORNE, J. *Human sleep, sleep loss and behaviour: implications for the prefrontal cortex and psychiatric disorder*. British Journal of Psychiatry, 1993. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8453439/>
- HU, X.; LODEWIJKS, G. *Detecting fatigue in car drivers and aircraft pilots by using non-invasive measures: The value of differentiation of sleepiness and mental fatigue*. Journal of Safety Research, 2020. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437519306735?casa_token=BOrXwnpehnIAAAAA:DwhiDPTQmSS4Rpfl0J-jVWafKB9lFiX6Auh_DMbUwMu53TCdCkFTUsriRfJ7g-KgfQqsXhi6zg
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). *"Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches (Doc 9966)"*. ICAO, 2020.
- JACKSON, C.; EARL, L. *Prevalence of fatigue among commercial pilots*. Occupational Medicine, 2006. <https://academic.oup.com/occmed/article/56/4/263/1540971>
- KELLEY, A. FELTMAN, K. CURRY, I. *A survey of fatigue in army aviators*. Aerospace Medicine and Human Performance, 2018. <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/amhp/2018/00000089/00000005/art00009>
- KELLY, D.; EFTHYMIOU, M. *An analysis of human factors in fifty controlled flight into terrain aviation accidents from 2007 to 2017*. Journal of Safety Research, 2019. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437518308405?casa_token=sU5woM5xo18AAAAA:m9vJzzDoPwGAVkk7cc54RoPorOloGllxGw3cpG5g0vIj-u31fjg8wwISZn0h3aG8nRiS7i9lBA
- KIRSCH, A. *Report on the statistical methods employed by the U.S. FAA and its cost benefit analysis of the proposed 'flight crewmember duty period limitations, flight time limitations and rest requirements'*. FAA Docket Number 28081, Appendix D, 1996.

- KRUEGER, G. *Sustained work, fatigue, sleep loss and performance: a review of the issues*. Work and Stress, 1989. https://www.researchgate.net/publication/247510793_Sustained_Work_Fatigue_Sleep_Loss_and_Performance_A_Review_of_the_Issues
- LEZAK, M. *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press, 1995.
- LIM, J.; DINGES, D. *Sleep deprivation and vigilant attention*. Academy of Sciences, 2008. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18591490/>
- LORIST, M.; FABER, L. *Consideration of the Influence of Mental Fatigue on Controlled and Automatic Cognitive Processes and Related Neuromodulatory Effects: Cognitive Fatigue: Multidisciplinary Perspectives on Current Research and Future Applications*. Edição por: Ackerman P. American Psychological Association, 2011.
- MAAS, J. *Power Sleep: The Revolutionary Program that Prepares Your Mind for Peak Performance*. Villard, 1998.
- MACKIE, R.; MILLER, J. *Effects of hours of service, regularity of schedules, and cargo loading on truck and bus driver fatigue*. Human Factors Research, 1978. https://www.researchgate.net/publication/261436757_Effects_of_Hours_of_Service_Regularity_of_Schedules_and_Cargo_Loading_on_Truck_and_Bus_Driver_Fatigue
- MARSCH, S.; TSCHAN, F.; SEMMER, N.; SPYCHIGER, M.; BREUER, M.; HUNZIKER, P. *Unnecessary interruptions of cardiac massage during simulated cardiac arrests*. European Journal of Anesthesiology, 2005. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16225716/>
- MASLACH, C.; SCHAUFELI, W.; LEITER, M. *Job burnout*. Annual Review of Psychology, 2001. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.psych.52.1.397>
- MCMAHON, T.; NEWMAN, D. *The differential effect of sustained operations on psychomotor skills of helicopter pilots*. Aerospace Medicine and Human Performance, 2018. <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/amhp/2018/00000089/00000006/art00003>
- OXFORD AVIATION ACADEMY. *Human Performance & Limitations*. CAE Oxford Aviation Academy, 2018. https://books.google.com.br/books/about/Human_Performance_and_Limitations.html?id=fZ37rQEACAAJ&redir_esc=y
- PETRILLI, R.; THOMAS, M.; DAWSON, D.; ROACH, G. *The Decision making of Commercial Airline Crews Following an International Pattern*. Paper Presented at the 7th International Australian Aviation Psychology Symposium, 2006. https://www.researchgate.net/publication/259010643_The_decision-making_of_commercial_airline_crews_following_an_international_pattern
- PILCHER, J.; HUF CUTT, A. *Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis*. Sleep, 1996. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8776790/>
- PIZZANI, L.; SILVA, R.; BELLO, S.; HAYASHI, M. *A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento*. UNICAMP, 2012. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/1896>
- RABINOWITZ, Y.; BREITBACH, J.; WARNER, C. *Managing aviator fatigue in a deployed environment: the relationship between fatigue and neurocognitive functioning*. Military Medicine, 2009. <https://academic.oup.com/milmed/article/174/4/358/4333793>
- RAMSEY, C.; MCGLOHN, S. *Zolpidem as a fatigue counter measure*. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 1997. <https://psycnet.apa.org/record/1997-43091-006>
- REIS, C.; MESTRE, C.; CANHAO, H.; GRADWELL, D.; PAIVA, T. *Sleep complaints and fatigue of airline pilots*. Sleep Science, 2016. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1984006316300220>
- ROSEKIND, M.; SMITH, R.; MILLER, D.; GREGORY, K.; WEBBON, L.; GANDER, P.; LEBACQZ, J. *Alertness management: Strategic naps in operational settings*. Journal of Sleep Research, 1995. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10607214/>
- SAMEL, A.; VEJVODA, M.; MAASS, H. *Sleep deficit and stress hormones in helicopter pilots on 7-day duty for emergency medical services*. Aviation, Space and Environmental Medicine, 2004. <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/ase/2004/00000075/00000011/art00001>
- SHRESTHA, L.; PRINCE, C.; BAKER, D.; SALAS, E. *Understanding situation awareness: concepts, methods, training*. Human Technology Interactions in Complex Systems, 1995. <https://www.air.org/resource/report/understanding-situational-awareness-concepts-methods-and-training>
- SILVA, A.; SARDINHA, L.; LEMOS, V. *Relações entre privação do sono, ritmo circadiano e funções cognitivas em trabalhadores por turnos*. Revista Diálogos Interdisciplinares: Saúde e Sociedade III, 2019. <https://revistas.brazcubas.br/index.php/dialogos/article/view/838>
- SOUZA, Â. *Estado emocional e qualidade do sono em profissionais de enfermagem nos turnos hospitalares*. 2019. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2019. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/27144>
- SULLENBERGER. *Capt. Sully Exclusive: Airline Industry Must Take Care of Tired Pilots*. ABC News, 2011. <https://abcnews.go.com/Blotter/chesley-sully-sullenberger-miracle-hudson-pilot-airline-industry/story?id=12877028#:~:text=%22The%20interesting%20thing%20about%20fatigue,fatigue%20affects%20a%20pi lot's%20judgment>

- TVARYANAS, A.; THOMPSON, W. *Fatigue in military aviation shift workers: survey results for selected occupational groups*. Aviation, Space and Environmental Medicine, 2006. <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/asem/2006/00000077/00000011/art00012>
- VALDEZ, P. *Circadian rhythms in attention*. Yale Journal of Biology and Medicine, 2019. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6430172/>
- VAN DER LINDEN, DIMITRI. *The Urge to Stop: The Cognitive and Biological Nature of Acute Mental Fatigue: Cognitive Fatigue: Multidisciplinary Perspectives on Current Research and Future Applications*. Edição por: Ackerman P. American Psychological Association, 2011. <https://psycnet.apa.org/search>
- WALKER, M. *Why We Sleep*. Scribner Book Company, 2018.
- WHITMORE, J.; FISHER, S. *Speech during sustained operations*. Speech Communication, 1996. <https://psycnet.apa.org/record/1997-04210-004>
- WILLIAMSON, A.; LOMBARDI, D.; FOLKARD, S.; STUTTS, J.; COURTNEY, T.; CONNOR, J. *The link between fatigue and safety*. Accident Analysis & Prevention, 2011. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457509003121?casa_token=06EhCg8gGtgAAAAA:dYdyawyjfxlOdPmCmG0pz6tVhrboTedzuW_nFu5zxWQ8WV22dfJETgzques2Msy-R_nYZtGuQ
- WINGELAAR-JAGT, Y.; WINGELAAR, T.; RIEDEL, W.; RAMAEKERS, J. *Fatigue in Aviation: Safety Risks, Preventive Strategies and Pharmacological Interventions*. Frontiers in Physiology, 2021. https://www.researchgate.net/publication/354415735_Fatigue_in_Aviation_Safety_Risks_Preventive_Strategies_and_Pharmacological_Interventions

DURADOURO OU TEMPORÁRIO: COMO OS ALUNOS VALORIZAM O APRENDIZADO DO CONHECIMENTO AERONÁUTICO NA PREPARAÇÃO PARA A PROVA TEÓRICA DA AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL

Renan Nathan dos Santos Silva ^{1,2}

1 Piloto Comercial de Avião. Graduado em Pilotagem Profissional de Aeronaves pela Universidade Positivo - UP, Pós-graduado em *Safety* em Aviação pela Universidade Tuiuti do Paraná - UTP, Especialista em Sistema de Gestão da Segurança Operacional - SGSO, Elemento Certificado em Prevenção de Acidentes Aeronáuticos pelo CENIPA (EC-PREV).

2 renannathan@hotmail.com

RESUMO: Este artigo tem como objetivo verificar se os candidatos à prova teórica da Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC) para piloto de avião valorizam o aprendizado, como ocorre essa aprendizagem, se os simulados influenciam a decorar questões e se isso desencadeia um hábito. A pesquisa, de abordagem quantitativa, utilizou questionário online. Os resultados mostraram que 58% dos candidatos declararam que memorizaram a resposta correta de uma ou mais questões, mesmo sem compreendê-las. Notou-se também que, ao estudar uma única vez para a prova da ANAC, memorizando as questões, os candidatos repetem o mesmo comportamento em outras provas. Ao relacionar os dados obtidos na pesquisa com estudos de Ausubel sobre a Aprendizagem Significativa, observa-se que a maioria dos respondentes pode ter adotado uma abordagem de aprendizagem mecânica, ao decorar perguntas e respostas dos simulados, em vez da construção significativa do conhecimento. O efeito provocado pela aprendizagem puramente memorística é o esquecimento a curto prazo. É essencial destacar que o aprendizado teórico aeronáutico possui a mesma importância que o aprendizado prático. É possível que o estudo evidencie a existência de uma condição latente presente no sistema de medição de conhecimentos teóricos, decorrente da aplicação de exames cujos gabaritos são amplamente divulgados, possivelmente trazendo prejuízos ao processo de aprendizagem na aviação civil brasileira, indicando a provável necessidade de intervenção por parte da autoridade aeronáutica, instituições de ensino, docentes e alunos, para que ocorra uma mudança no panorama atual, ora aparentemente frágil. Ao final, algumas recomendações que visam contribuir para melhoria.

Palavras Chave: 1. Aprendizagem Significativa. 2. Aprendizagem Mecânica. 3. Aprendizagem. 4. Aviação. 5. Agência Nacional de Aviação Civil. 6. Hábito.

LASTING OR TEMPORARY: HOW STUDENTS VALUE THE LEARNING OF AERONAUTICAL KNOWLEDGE IN PREPARATION FOR THE THEORETICAL TEST OF THE NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY

ABSTRACT: This article aims to investigate whether candidates taking the theoretical exam of the National Civil Aviation Agency (ANAC) for airplane pilots value learning, how this learning occurs, whether practice tests encourage memorization of questions, and if this behavior leads to the formation of a habit. The research, using a quantitative approach, collected data through an online questionnaire. Results showed that 58% of the candidates reported memorizing the correct answer to one or more questions without fully understanding them. It was also observed that candidates who prepared for the ANAC exam only once, by memorizing the questions, tend to repeat this behavior in subsequent exams. When relating the collected data to Ausubel's studies on Meaningful Learning, it appears that most respondents adopted a mechanical learning approach by memorizing questions and answers from practice tests, rather than constructing meaningful knowledge. Purely rote memorization leads to short-term forgetting. It is essential to highlight that theoretical aeronautical learning is as important as practical training. The study suggests the existence of a latent condition within the system of theoretical knowledge assessment, resulting from the widespread dissemination of exam answer keys, which may impair the learning process in Brazilian civil aviation. This indicates a likely need for intervention by the aeronautical authority, educational institutions, instructors, and students to foster change in the currently fragile situation. Finally, some recommendations aimed at improving the situation are presented.

Key words: 1. Meaningful learning. 2. Mechanical Learning. 3. Learning. 4. Aviation. 5. National Civil Aviation Agency. 6. Habit.

Citação: Silva, RNSS. (2025) Duradouro ou temporário: como os alunos valorizam o aprendizado do conhecimento aeronáutico na preparação para a prova teórica da agência nacional de aviação civil. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 15, Nº. 1, pp. 92-115.

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem é parte fundamental da vida de qualquer pessoa. Para poder viver e progredir é necessário aprender. Nesse sentido, apresentam-se várias teorias da aprendizagem, e o objetivo desta pesquisa é destacar a teoria de Ausubel sobre a Aprendizagem Significativa, que defende que não basta memorizar dados, sendo necessário compreendê-los e internalizá-los. A aprendizagem significativa dá sentido ao conteúdo, o que favorece a transferência deste para a memória de longo prazo, tornando-a uma aprendizagem ativa, construtiva e duradoura. Se for entendido, é aprendido, então o aprendizado é considerado útil e não

se limita à memorização. Isso é aprendizado ativo, que se distingue do aprendizado passivo, mecânico, que logo é esquecido e nada acrescenta ao ser.

É preciso pensar sempre em como encaminhar a aprendizagem para que o aluno construa seu conhecimento de forma consistente e significativa. Existem duas maneiras distintas de se aprender, a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa. A aprendizagem mecânica colabora para a degradação do conhecimento, ao passo que a aprendizagem significativa constrói o conhecimento.

O estudo tem como objetivo geral investigar como ocorre o processo de aprendizagem dos alunos candidatos a prestar a prova teórica da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), sejam elas para: piloto privado, piloto comercial, piloto de linha aérea e instrutor de voo. A pesquisa também busca investigar se os alunos valorizam o aprendizado do conhecimento aeronáutico durante a preparação para o exame e se há a possibilidade dos simulados influenciarem na memorização das questões, tornando-se um hábito.

Com o avanço tecnológico que os computadores e outros dispositivos eletrônicos passaram a disponibilizar ao longo dos anos, atualmente pode-se ler um livro, assistir a uma aula e até conquistar um diploma sem sair de casa. O uso do computador facilita a realização de tarefas.

Os alunos da área da aviação, assim como estudantes de outros ramos se beneficiaram com esta ascensão tecnológica. Estudar com o objetivo de tornar-se piloto, nos tempos atuais, conta com a praticidade proporcionada pelos simulados. Disponíveis na Rede Mundial de Computadores, os simulados são *sites*, voltados a capacitar alunos para obterem êxito nas provas teóricas da ANAC, pois a aprovação nesta prova é um dos requisitos para prosseguir na carreira de piloto civil no Brasil.

Os simulados fazem parte do Ensino Auxiliado por Computador (CAE), visto que é por intermédio de um computador que os simulados são acessados pelos alunos. A figura do professor em sala de aula foi substituída por um *display*¹ repleto de informações, cujo acesso pelo aluno é feito sem precisar estar na sala de aula. Não há horário específico para estudar por simulados, o aluno é quem escolhe, além disso, o estudo pode ser feito em qualquer lugar que disponha de uma conexão com a *internet*.

Este artigo estrutura-se da seguinte forma: a primeira seção apresenta a introdução. Na sequência, busca-se delimitar a área de estudo. A terceira seção consiste na revisão concisa da literatura. Em seguida, aborda-se a metodologia. A quinta seção descreve os procedimentos éticos do estudo. Na sexta seção mostra-se a apresentação e análise dos dados. A sétima seção apresenta a discussão. E, por fim, na oitava seção, a conclusão sobre o tema abordado neste estudo.

2 ÁREA DE ESTUDO

Muitos simulados são programados apenas com perguntas e respostas, não contém ilustrações e explicações que possam estimular o raciocínio e a interação do aluno com o conteúdo. Deve-se destacar ainda que o AeroSimulados, por exemplo, dispõe de um número expressivo de questões em sua plataforma, mais de 15 mil (AEROSIMULADOS, 2021). Entretanto, todas as perguntas são apresentadas apenas com as alternativas de resposta.

Apesar da tecnologia atual possibilitar interações e discussões essenciais para a aprendizagem, especialmente com o uso da inteligência artificial (IA), observa-se que os simulados ainda não exploram esse potencial tecnológico. Falta integração com práticas que estimulem o diálogo entre alunos, professores ou com a própria IA das plataformas. Em muitos casos, não há qualquer recurso interativo disponível, como a utilização da IA para oferecer explicações, *feedbacks* ou apoio ao estudante, o que pode limitar a experiência do aluno a uma aprendizagem predominantemente mecânica. Nesse contexto, a observação de Ausubel; Novak; Hanasian, (1980, p. 323), permanece atual:

[...] Computador algum jamais pode ser programado com respostas para todas as questões que os alunos possam fazer. E nas áreas de conhecimento menos estabelecidas, a discussão e a interação aluno-aluno e aluno-professor são essenciais para a aprendizagem.

De acordo com a Instrução Suplementar da ANAC (IS nº 00-003, Revisão F, 2018) os exames são divididos em matérias. Cada disciplina é composta por vinte questões de múltipla escolha, com quatro alternativas cada, apenas uma alternativa é correta. Novak (2011), argumenta que testes de múltipla escolha frequentemente se concentram em avaliar a memória, sem garantir que o significado da informação seja compreendido pelo aluno.² Novak (2011), exemplifica que a aplicação desse tipo de teste ocorre porque facilita a testagem do aluno, e diz: Infelizmente, é muito mais fácil testar a aprendizagem mecânica usando testes “objetivos” do que testar entendimento para avaliar os ganhos na compreensão do aluno sobre o assunto, e acompanhando mudanças positivas de atitude em sua apreciação da disciplina e entendimento da maneira que o conhecimento é criado na disciplina.³

¹ Na computação, um *display* é um dispositivo com tela que exibe uma imagem eletrônica renderizada. (tradução feita pelo autor de: SHELDON, 2022).

² Citação adaptada para adequação ao contexto. Originalmente: “[...] *multiple-choice tests* [...] *require little more than recall of information, and no evidence that the meaning of this information is understood*[...]”

³ *Unfortunately, it is much easier to test for rote learning using “objective” tests than to test for understanding to evaluate the gains in student understanding of subject matter, and accompanying positive attitudinal changes in their appreciation of the discipline and understanding of the ways knowledge is created in the discipline.*

Salienta-se que a segurança de voo inicia-se antes mesmo do avião decolar, e partindo-se dessa premissa, a preparação teórica de um candidato que almeja ingressar como piloto civil na aviação brasileira é um assunto relativo à segurança de voo, já que a aplicação de provas teóricas por parte da ANAC age como um recurso utilizado com o viés de proteger o sistema da Aviação Civil brasileira de possíveis falhas, avaliando-se os candidatos com questões importantes, como regulamentação aeronáutica, por exemplo, e tantos outros assuntos que são de suma importância para a segurança na aviação.

Dessa forma, faz-se necessário um estudo que aborde essa questão, uma vez que a segurança de voo, conforme o resultado desta pesquisa, poderia eventualmente ser comprometida devido a uma possível condição latente presente no sistema.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 HÁBITO ANGULAR

Classifica-se hábito, segundo Mattos (2001, p.317) como “[...] Característica de voltar a fazer alguma coisa que sempre se tem feito [...]” Resulta-se que o hábito é a continuidade, uma garantia que o padrão desenvolvido irá ocorrer com certa regularidade (SANTAELLA, 2004).

De acordo com Duhigg (2012), os hábitos angulares, por sua vez, são hábitos capazes de desencadear uma série de reações no modo como as pessoas organizam sua própria vida. Quando um hábito surge, o cérebro para de participar de forma integral em relação à tomada de decisões. Deixa de ocorrer a participação consciente da mente e assim o cérebro desvia o foco para outras tarefas. Se um indivíduo não resistir à formação de um hábito, um padrão será estabelecido e irá desenrolar de forma automática. Duhigg (2012, p.47) sugere ainda que: “[...] a dependência do cérebro de rotinas automáticas pode ser perigosa [...]” pois uma vez que estão alojados em nossa mente, eles podem influenciar as atitudes humanas sem que haja a devida consciência.

Hábitos angulares podem gerar mudanças produtivas, todavia, conforme o sentido tomado na formação do padrão, podem gerar desastres. Os hábitos estão codificados nas estruturas do nosso cérebro, e se constituem em uma vantagem para os seres humanos (DUHIGG, 2012). Em termos práticos, como seria custoso e inviável no caso dos pilotos terem seu desempenho em voo produzido de forma consciente e vigilante, por todo o tempo.

Duhigg (2012, p.45-46), afirma que: “O problema é que nosso cérebro não sabe a diferença entre hábitos ruins e os bons, e por isso, se você tem um hábito ruim, ele está sempre ali à espreita, esperando as deixas e recompensas certas.” Duhigg demonstra a existência do *loop* do hábito, três fatores caracterizam este *loop*, são eles: deixa, rotina e recompensa. A deixa pode ser caracterizada por quase qualquer referência, e relaciona-se com estímulo visual, determinados locais, certa hora do dia, emoções, pensamentos, companhia de pessoas específicas, entre outras coisas. As rotinas podem ser muito simples ou deveras complexas, e são baseadas em alguns hábitos associados a emoções. As recompensas variam desde uma comida, drogas que causam sensações físicas, até compensações emocionais. Faz-se necessário, nesse caso, a utilização de um exemplo relacionado a recompensas na área da aviação. No caso dos aviadores, sentir orgulho por algum feito que possa ser acompanhado de elogios, como ser aprovado na prova da ANAC. Sem o *loop* dos hábitos, nosso cérebro entraria em pane, sobrecarregado com as minúcias da vida cotidiana.

Para acabar com um determinado hábito, basta que pequenas alterações sejam feitas no padrão do *loop* dos hábitos. O problema é reconhecer nosso próprio *loop*, pois uma vez que ele não é reconhecido, os hábitos tendem a se fortalecer. Quando observamos as deixas e as recompensas, conseguimos ter a capacidade de controlar este *loop* e mudar a rotina.

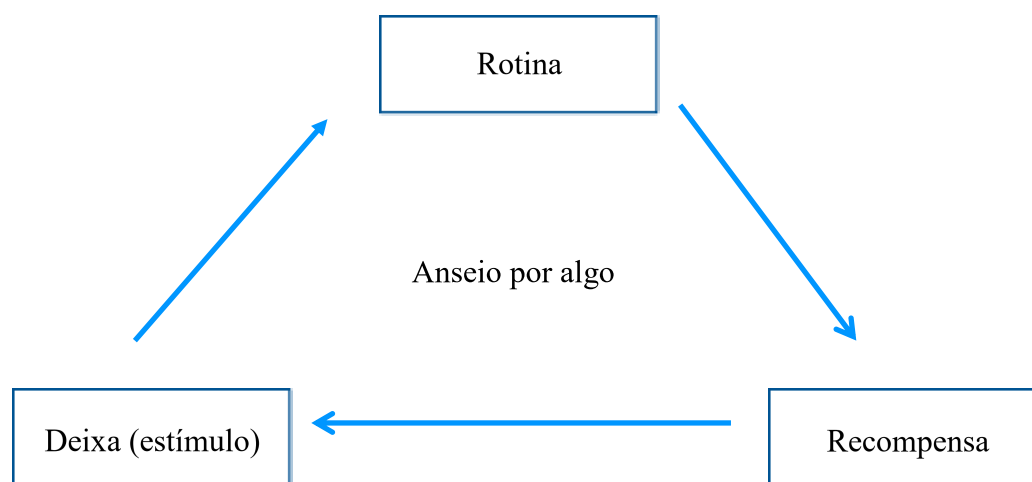


Figura 1 - *Loop* do hábito. (Fonte: adaptado de Duhigg, 2012).

3.2 APRENDIZAGEM

A aprendizagem é, sem dúvida, um fator de suma importância para a educação.

No âmbito do desenvolvimento deste estudo, a pesquisa é realizada a partir de uma visão construtivista, resume-se na questão de perceber a aprendizagem como um processo que armazena a informação, condensando-a em classes mais genéricas de conhecimentos, que são incorporadas a uma estrutura na mente do indivíduo, de modo que esta possa ser manipulada e utilizada no futuro (MOREIRA; MASINI, 2011).

Para Ausubel (1980), aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva. Ele se baseia na premissa de que existe uma estrutura na qual a organização e a integração se processam. É a estrutura cognitiva. Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, como ponto de ancoragem para as novas ideias e conceitos (MOREIRA; MASINI, 2011).

Braathen (2012, p.76), considera que:

É fundamental entender que o conhecimento não é um achado como o ouro ou o petróleo, mas sim construído como edifícios e computadores. E, ainda, que a construção desse conhecimento (aprendizagem) é realizado pelo indivíduo (aprendiz, estudante) e não causada diretamente pelo ensino do professor num processo de causa (o professor ensina) e efeito (o aluno aprende).

Na perspectiva de Novak e Gowin (1996, p.14), compete ao estudante provocar a aprendizagem:

[...] os professores têm estado a trabalhar intensamente para atingirem algo que é, simultaneamente, impraticável e gravoso e, portanto, caro. Esperava-se que a aprendizagem dos estudantes fosse da responsabilidade do professor, quando, na realidade, a aprendizagem é da responsabilidade do aluno [...]

Braathen (2012), expõe a visão de Novak e Gowin, e aponta que embora os autores possam passar uma ideia de que professores não são necessários ao processo de aprendizagem, na verdade, eles são os guias que mostram o caminho, os motivadores, cujo papel é incentivar e ser exemplo para seus alunos. Contudo, Perry, no prefácio da obra *Understanding Students Learning*, de Entwistle; Ramsden (1982), atribui que é competência do estudante assumir uma aprendizagem de maneira bem organizada, ou não, e que aos professores cabe entender mais a respeito de como diferentes estudantes aprendem para que possam ajudá-los a aprender melhor.

3.3 APRENDIZAGEM MECÂNICA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ausubel; Novak; Hanesian (1980) pesquisaram sobre como os seres humanos aprendem. Os autores demonstram, segundo a visão cognitivista de aprendizagem, duas formas distintas de se aprender, que são: aprendizagem mecânica (também conhecida como aprendizagem automática, e no Brasil chamada popularmente de “decoreba”) e aprendizagem significativa (BRAATHEN, 2012).

A aprendizagem automática é quase sem significado, puramente memorística, cuja finalidade é servir para provas e após os testes é esquecida, apagada (MOREIRA, 2010).

Ausubel; Novak; Hanasian (1980, p.121-122), definem como é o processo da aprendizagem automática e destacam que:

[...] As tarefas da aprendizagem automática são incorporadas na estrutura cognitiva somente na forma de associações arbitrárias. Essas associações são entidades discretas encerradas em si mesmas, organizacionalmente isoladas, para todos os fins práticos, a partir dos sistemas ideacionais estabelecidos no indivíduo. A obrigatoriedade dessas associações arbitrárias serem constituídas, antes de tudo, sobre uma base literal ao invés de substantiva (uma vez que nada menos do que a fidelidade literal completa é válida no caso das associações puramente arbitrárias) aumenta posteriormente a natureza discreta e isolada das entidades incorporadas mecanicamente. Uma consequência importante da incorporação discreta e isolada das tarefas da aprendizagem automática dentro da estrutura cognitiva é que [...] a base de apoio para os sistemas ideacionais estabelecidos não é completa. [...]

Quando Ausubel; Novak; Hanasian (1980) citam que a aprendizagem automática é incorporada na estrutura cognitiva de forma arbitrária, significa que o aluno aprende sem entender do que se trata ou compreender o significado do porquê. Além disso, os autores apresentam que a aprendizagem mecânica ocorre de forma literal, ou seja, o aluno aprende da maneira como foi falado ou escrito, sem margem para uma interpretação própria (BRAATHEN, 2012).

Posto isso, um exemplo seria um estudante que prepara-se para a prova da ANAC aprender que durante um procedimento de *drift down*, a trajetória líquida, sobre os obstáculos, deverá ser de pelo menos 2000 pés, sem saber o que é um *drift down* e/ou trajetória líquida.

Na aprendizagem mecânica a incorporação do conhecimento ocorre de forma isolada na estrutura cognitiva, gera-se uma base de apoio incompleta. Esse método de aprendizagem automática traz algumas consequências importantes para a

aprendizagem. Ausubel; Novak; Hanasian (1980, p.122), destacam que: “[...] uma vez que a mente humana não é eficientemente programada para o armazenamento literal, duradouro de associações arbitrárias, o período de fixação daquilo que é aprendido mecanicamente é relativamente breve”. Os autores citam que o equipamento cognitivo humano não é igual ao de um computador, não está apto a lidar de forma correta, sem erros e que alcance bons resultados com a informação adquirida de forma automática, apenas algumas tarefas simples podem ser internalizadas desse modo, todavia são retidas por um período curto de tempo, a não ser que sejam aprendidas de forma mais consistente e se reproduzam de maneira frequente.

Hermann Ebbinghaus viveu no século XIX e foi o primeiro psicólogo a dedicar um grande esforço a estudar a memória na aprendizagem. Em sua obra *Memory: A Contribution to Experimental Psychology* (1885/1913) ele cita que o período de tempo de retenção na mente humana, no caso de sílabas sem sentido, é uma questão de horas, e de acordo com Boreas (1930, *apud* AUSUBEL; NOVAK; HANASIAN, 1980), são dias, no caso da poesia. Uma outra consequência para a aprendizagem é que a relação arbitrária e literal torna as tarefas de aprendizagem automática deveras vulnerável à interferência de informações similares que são adquiridas de forma prévia ou que se tenha acesso simultâneo (AUSUBEL; NOVAK; HANASIAN, 1980).

Segundo a proposição de Ausubel; Novak; Hanasian (1980), a segunda forma de se aprender é a aprendizagem significativa. Nesse modelo de aprendizagem, que diferencia-se da aprendizagem mecânica, o aluno busca integrar novos conhecimentos com um conhecimento específico relevante que já existe na estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste), para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos (AUSUBEL, 2001).

Novak (2011) associa que aprender de forma significativa relaciona-se com a motivação, gratificação e afeto, e explica que: Na aprendizagem significativa o reconhecimento de como a nova informação integra-se com o conhecimento prévio e “faz sentido” fornece uma motivação intrínseca muito mais gratificante. Além disso, quando a aprendizagem é parte integrante de alguma atividade e ajuda a orientar e esclarecer a atividade, geralmente há um nível mais alto de afeto positivo resultante.⁴

A aprendizagem significativa implica relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação. Não arbitrária refere-se que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com outras das quais o aluno já esteja familiarizado (AUSUBEL; NOVAK; HANASIAN 1980), e substantiva considera-se não ao pé da letra (MOREIRA, 2012). Utilizando-se o exemplo referido anteriormente, o aprendiz já incorporou o conceito de *drift down* e/ou trajetória líquida para depois aprender que em voo, deve-se manter a trajetória líquida, sobre os obstáculos, a 2000 pés, na ocorrência de um *drift down*.

Braathén (2012), esclarece que o conhecimento significativo é o conhecimento em rede com muitos conteúdos (unidades de conhecimento) interligados e que quanto maior for a rede, mais significativo é o conhecimento, por sua vez, o conhecimento mecânico consiste na incorporação de conceitos isolados na estrutura cognitiva do indivíduo.

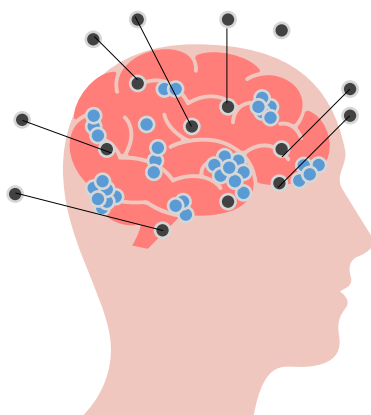


Figura 2 - O processo de aprendizagem mecânica e de aprendizagem significativa ilustrado. (Fonte: adaptado de Braathén, 2012).

Nota: As bolas azuis representam conhecimentos (na forma de novos conceitos) que devem ser incorporados na estrutura cognitiva, e as bolas pretas são os conceitos já existentes na mesma estrutura cognitiva. Se agrupados, simbolizam o conhecimento significativo. Se isolados, representam conhecimento mecânico (BRAATHÉN, 2012).

A aprendizagem significativa não é aquela que o sujeito, em nenhuma circunstância esquece. Tanto na aprendizagem mecânica quanto na significativa há a possibilidade do esquecimento, porém, o que diferencia ambas é que na aprendizagem mecânica o aluno esquece o conteúdo aprendido de forma total, enquanto que na aprendizagem significativa dá-se uma perda de discriminabilidade, de diferenciação de significados, não uma perda dos significados (MOREIRA, 2010). Além disso, a aprendizagem e a retenção, no caso do aprendizado significativo, não dependem da frágil capacidade humana para fixar associações arbitrárias e literais enquanto entidades autônomas, discretas e isoladas. Resulta-se que o período de tempo de retenção é demasiado dilatado (AUSUBEL; NOVAK; HANASIAN, 1980).

⁴ In meaningful learning the recognition of how the new information integrates with prior knowledge and “makes sense” provides much more rewarding intrinsic motivation. Moreover, when the learning is integral to some activity and helps to guide and clarify the activity, there is usually a higher level of positive affect resulting.

3.4 SIMULADOS COMO MODELO DE APRENDIZAGEM

É difícil imaginar que uma pessoa nos anos 80 idealizasse uma era tão tecnológica como esta em que vivemos. Contudo, mesmo com a existência de computadores limitados para a época, os autores Ausubel; Novak; Hanasian (1980), pareciam homens à frente de seu tempo ao discorrerem sobre o CAE.

A ausência de interação aluno-aluno, aluno-professor e até mesmo aluno-inteligência artificial nos simulados pode comprometer o processo de aprendizagem. Sem a oportunidade de discutir dúvidas ou de receber explicações, o aluno talvez não consiga ser estimulado a compreender profundamente o conteúdo. Quando o aluno tem dúvidas ou erra uma questão, apenas é exibido a ele a resposta correta, sem quaisquer sistemas de apoio que propiciem um pequeno exemplo ou uma breve explicação do conteúdo visto em cada pergunta (conforme figura 3, questão 5). Essa falta de interação, especialmente com a IA (pela ausência desse recurso nas plataformas de simulados), possivelmente dificulte o fornecimento de um *feedback* dinâmico e personalizado, essencial para um aprendizado eficiente.

5 - QUANDO SE OBSERVA NO CÉU APENAS NUVENS CIRRUS, PODE-SE AFIRMAR QUE HÁ

A) FORMAÇÃO DE GELO.

B) TURBULÊNCIA DE ORIGEM TÉRMICA.

C) HALO.

D) VENTOS MUITO FORTES.

6 - A APROXIMAÇÃO DE UM SISTEMA FRONTAL FRIO TEM COMO CARACTERÍSTICA

A) DECRÉSCIMO DA PRESSÃO E AUMENTO DA TEMPERATURA

B) AUMENTO DA PRESSÃO E DA TEMPERATURA

C) DECRÉSCIMO DA PRESSÃO E DECRÉSCIMO DA TEMPERATURA

D) AUMENTO DA PRESSÃO E DECRÉSCIMO DA TEMPERATURA

7 - SÃO NUVENS CONSTITUÍDAS EXCLUSIVAMENTE POR CRISTAIS DE GELO:

A) XS

B) SC

C) CI

D) ST

Figura 3 - Exemplo de estudo por simulados. (Fonte: *print screen* do gabarito de um simulado da matéria de Meteorologia realizada na plataforma <https://www.aerosimulados.com.br/>. Acesso em: 3 de jan. 2021).

Observa-se, de acordo com a figura 3, que os simulados são um modelo de aprendizagem por recepção. Para Ausubel; Novak; Hanasian (1980, p.20), a aprendizagem receptiva é

[...] Todo o conteúdo daquilo que vai ser aprendido é apresentado ao aluno sob a forma final. A tarefa de aprendizagem não envolve qualquer descoberta independente por parte do estudante. Do aluno exige-se somente internalizar ou incorporar o material (uma lista de sílabas sem sentido ou adjetivos emparelhados, um poema ou um teorema geométrico) que é apresentado de forma a torna-se acessível ou reproduzível em alguma ocasião futura [...]

Conforme Ausubel (1961, *apud* AUSUBEL; NOVAK; HANASIAN, 1980), há a possibilidade da aprendizagem receptiva tornar-se automática ou significativa, vai depender das condições sob as quais a aprendizagem ocorre.

Na epígrafe do livro de 1980, os autores Ausubel; Novak; Hanasian, afirmam:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.

Não é fácil verificar com precisão o que um aluno já sabe (NOVAK, 2011). Os simulados, por sua vez, podem apresentar limitações, já que carecem de um sistema de interação entre aluno e professor, dificultando a percepção real do conhecimento do aprendiz. Esse fator pode, em alguns casos, influenciar a aprendizagem.

Por outro lado, observa-se que os simulados são frequentemente divulgados de maneira atrativa e sugerem ao aluno que, com apenas alguns minutos de estudo diário, poderá ser aprovado na prova da ANAC na primeira tentativa (AEROSIMULADOS, 2021). Embora essa ideia de aprovação rápida seja destacada nos sites dos simulados e, em alguns casos, possa ser vista como apelativa, ela pode não levar em consideração aspectos essenciais de um bom aprendizado, como a compreensão profunda do conteúdo.

Ebbinghaus (1885/1913), ao abordar as deficiências em nosso conhecimento sobre a memória, diz que: Aquele que aprende rapidamente também esquece rapidamente⁵. Ausubel (prefácio, xii, 2001) afirma que a aprendizagem por memorização não aumenta a substância ou a composição do conhecimento, que sua utilidade é limitada e que quando praticada, é apenas com vista a poupar tempo e esforço. Os simulados são uma ferramenta de aprendizagem que, a depender de como são utilizados, podem resultar na aprendizagem mecânica, ou, quando usados de maneira adequada, são capazes de promover a aprendizagem significativa. O impacto desse processo na vida do estudante vai depender de como ele utilizará o simulado em seu aprendizado.

3.5 AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL

O Brasil é um país cuja dimensão territorial apresenta uma área de 8.547.403 quilômetros quadrados. Geograficamente, o Estado brasileiro caracteriza-se por dispor de 47% de toda a terra que está acima do nível do mar na América do Sul (FREITAS, 2022). Logo, há de concluir-se que esse país dispõe de grande extensão territorial, comparando-se a de continentes. Contudo, não é simples manter um controle de um país tão vasto, por isso, o governo brasileiro criou as agências reguladoras. Em breve síntese, essas agências têm a responsabilidade de regular a atividade de um setor da economia brasileira, isso significa que as agências podem legislar e dessa forma, manter um controle sobre o setor que fiscaliza (REIS, 2018).

A ANAC também faz parte das agências reguladoras federais da União. Criada no ano de 2005, porém com atuação a partir de 2006, a ANAC tem o objetivo de regular, certificar, normatizar e fiscalizar as atividades da Aviação Civil, a infraestrutura aeronáutica e aeroportuária do Brasil (BRASIL, 2022). Entretanto, ela se diferencia por ser uma autarquia especial, isso significa ter independência administrativa, personalidade jurídica, patrimônios e receitas próprias (BISCEGLIA, 2015). Dessa forma, ao ser uma autarquia especial, a ANAC goza de benefícios que a ajudam a atuar para promover a segurança na aviação civil brasileira.

3.6 A AVALIAÇÃO DA AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL

Compete à ANAC, dentre tantas responsabilidades, a de promover a segurança na aviação civil do Brasil. Diante disso, a agência elabora diversos exames teóricos, cada um com um conteúdo específico, para avaliar os profissionais da aviação civil brasileira. A aprovação na avaliação teórica da ANAC se faz necessária para que uma pessoa civil possa exercer atividade na aviação em território brasileiro. Conforme consta na Instrução Suplementar da ANAC (IS nº 00-003, Revisão F, 2018) os exames são divididos em matérias. Cada disciplina é avaliada por meio de vinte questões de múltipla escolha, com quatro alternativas cada e apenas uma alternativa é correta.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os métodos e procedimentos adotados para o desenvolvimento do estudo.

A pesquisa foi realizada por meio de um estudo quantitativo, o instrumento utilizado para coleta de dados foi o questionário com questões abertas e fechadas. De acordo com Moreira; Caleffé (2008), a seleção dos participantes de uma investigação depende do problema a ser estudado. Assim, os critérios para a escolha dos indivíduos do estudo são: a) Ter o objetivo de tornar-se piloto de avião no Brasil. b) Ter realizado a(s) prova(s) teórica da ANAC de: Piloto Privado, Piloto Comercial, Piloto de Linha Aérea e/ou Instrutor de voo.

Quanto ao desenvolvimento, o questionário foi composto em três partes. Na primeira parte, versam perguntas sobre a faixa etária, sexo, formação e a identificação da instituição. Na segunda parte, perguntam-se questões sobre as provas da ANAC. Na terceira parte, as estratégias de estudo utilizadas. A última questão foi deixada em aberto para que os respondentes preenchessem com o e-mail, caso eles tivessem interesse no resultado da pesquisa.

A coleta de dados da pesquisa foi realizada através de um questionário, disponibilizado por meio de um *link* do GOOGLE FORMS via *internet*, elaborado exclusivamente para este fim. O questionário foi aplicado durante o período entre 01/07/2022 a 25/08/2022.

⁵ “[...] He who learns quickly also forgets quickly [...]”

5 PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Esse estudo está com o parecer favorável pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), da instituição de ensino superior (CAAE: 58925622.6.0000.8040). Resguardaram-se o sigilo e anonimato dos respondentes. Foi enviado aos participantes o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assim, foi compreendido por eles a natureza e objetivo do estudo, do qual concordaram em participar.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir, é realizada a apresentação e análise dos resultados do questionário.

6.1 PERFIL DOS RESPONDENTES

O estudo contou com 46 respondentes. A amostra foi constituída por 45 participantes. Excluiu-se um participante que não preencheu de forma correta ou completa o questionário.

A idade dos pesquisados está apresentada em três classes, das cinco disponíveis para resposta, onde 35 respondentes têm idades entre 18 a 30 anos (78%), nove entre 31 a 40 anos (20%) e um entre 41 a 50 anos (2%). Não identificaram-se respondentes entre 51 a 60 anos e mais de 60 anos. Os resultados revelam que a maioria dos respondentes da pesquisa situa-se na faixa etária entre os 18 a 30 anos.

Os respondentes são 38 (84%) do sexo masculino e sete (16%) do sexo feminino. Conclui-se que a maioria dos respondentes da pesquisa são do sexo masculino.

Ao analisar a escolaridade, é possível estimar que, 28 dos pesquisados dispõe de ensino superior completo em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil (62%), três possuem ensino superior completo em outra área (7%), sete detêm ensino superior incompleto em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil (16%), dois têm ensino superior incompleto em outra área (4%), e cinco não têm ensino superior (11%). Verifica-se que é expressivo o número de respondentes com ensino superior completo em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil.

Em formato de pergunta aberta, os pesquisados informaram o nome da instituição que estudaram ou estudam. Em instituições de ensino superior no Brasil: 10 respondentes declararam que estudaram ou estudam na Universidade Positivo - Paraná (22,22%), cinco na Universidade Tuiuti do Paraná (11,1%), dois na Universidade Anhembi Morumbi - São Paulo (4,44%), dois na Universidade do Sul de Santa Catarina (4,44%), um no Centro Universitário ICESP - Distrito Federal (2,22%), um na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (2,22%), e um no Centro Universitário UniOpet - Paraná (2,22%). Em aeroclubes ou escolas de aviação no Brasil: três participantes informaram que estudaram ou estudam no Aeroclube de Ponta Grossa - Paraná (6,67%), um no Aeroclube do Paraná (2,22%), um na Rangel Escola de Aviação Civil - São Paulo (2,22%), um no Aeroclube de Marília - São Paulo (2,22%), um na Voe Floripa Escola da Aviação Civil - Santa Catarina (2,22%), um no Aeroclube de Lages - Santa Catarina (2,22%), um na Fly Natal Escola de Aviação Civil - Rio Grande do Norte (2,22%), um na DH Escola de Aviação Civil - Minas Gerais (2,22%), um no Aeroclube de Uberlândia - Minas Gerais (2,22%), um na Escola de Aviação Civil PLA - Goiás (2,22%), um na Premier Escola de Aviação Civil - Mato Grosso (2,22%), um no Aeroclube de Dourados - Mato Grosso do Sul (2,22%). Alguns respondentes afirmaram que estudam ou estudaram em mais de uma instituição: três no Aeroclube de Ponta Grossa e na Universidade Positivo (6,67%), um no Aeroclube de Ponta Grossa e na Universidade Tuiuti do Paraná (2,22%), um na Universidade Tuiuti do Paraná, Aerocon Escola de Aviação Civil - Paraná, Aeroclube do Paraná e no Aeroclube de Ponta Grossa (2,22%), um no Aeroclube de Tietê - São Paulo, Aeroclube de Araras - São Paulo e na Sierra Bravo Escola de Aviação - São Paulo (2,22%), um no Aeroclube de Bragança Paulista - São Paulo, Voe Floripa Escola da Aviação Civil e na Universidade do Sul de Santa Catarina (2,22%), um (2,22%) no Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU) e na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), e um no Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU), Aeroclube de Lavras - Minas Gerais e no Aeroclube Albatroz - Rio Grande do Sul (2,22%).

Distinguindo-se os dados da amostra, nota-se que há no estudo uma abrangência geográfica das instituições que os pesquisados frequentam ou frequentaram. Conforme a representação da figura 4, das cinco regiões do Brasil, quatro estiveram representadas na pesquisa: Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. As instituições situam-se nos seguintes estados:

- a) Nordeste
 - Rio Grande do Norte e Pernambuco.
- b) Centro - Oeste
 - Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal.
- c) Sudeste
 - São Paulo e Minas Gerais.
- d) Sul
 - Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.



Figura 4 - Distribuição geográfica da amostra. (Fonte: GOOGLE MAPS, 2022).

Pode-se verificar que a maioria dos respondentes estudaram ou estudam nas instituições do Estado do Paraná, com destaque para a Universidade Positivo, Universidade Tuiuti do Paraná e o Aeroclube de Ponta Grossa. Este resultado é positivo, pois estas instituições são reconhecidas nacionalmente pela qualidade em educação. A Universidade Positivo, por exemplo, já foi considerada por seis anos consecutivos como a melhor universidade privada do Paraná (CENTRAL PRESS, 2017). Respectivamente, a Universidade Tuiuti do Paraná esteve entre as 10 melhores universidades particulares do Brasil (ALMEIDA, 2019).

A seguir, estão apresentados os resultados em forma descritiva das principais perguntas.

Foi formulada uma questão com o objetivo de identificar quais provas teóricas da ANAC os respondentes prestaram ou farão em breve. A pergunta permitiu ao participante escolher várias alternativas dentre as opções de resposta mencionadas. Como a questão era passível de mais de uma resposta, o resultado demonstrado a seguir é o total de respostas e não o total de respondentes. Abaixo, apresenta-se os resultados:

- Piloto privado — 34% (45)
- Piloto comercial — 29% (38)
- Piloto de linha aérea — 20% (27)
- Instrutor de voo — 17% (22)

Estes dados podem denotar uma ideia do número de indivíduos em fase de início da carreira daqueles que se encontram em fase mais avançada da carreira, pressupondo-se que a maioria dos participantes prestaram ou farão em breve à prova teórica da ANAC de piloto privado e piloto comercial. Ressalta-se que esta é uma das etapas mais importantes da formação de um aviador civil brasileiro, pois é o período no qual o aluno estará na fase inicial de aprendizado e terá contato com conceitos básicos da

aviação. É indispensável ao estudante dominar o assunto que está a ser ensinado no presente, pois, posteriormente esse conhecimento introdutório necessitará ser lapidado e aprofundado. e nesse sentido, vê-se a demasiada importância da aprendizagem significativa, pois é ela quem será responsável em evitar que o aluno progrida em sua formação sem que tenha dominado o conteúdo básico. O conhecimento adquirido nesse intervalo de tempo se tornará imprescindível para etapas futuras da vida profissional do piloto. Situa-se com percentual inferior, respectivamente, as provas teóricas de piloto de linha aérea e instrutor de voo.

6.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.2.1 VOCÊ JÁ UTILIZOU ALGUM SIMULADO PARA SE PREPARAR PARA A PROVA DA ANAC?

45 responderam que sim (100%). Conclui-se que houve unanimidade dos respondentes do questionário sobre o assunto, ou seja, todos utilizaram algum simulado para estudar para a prova teórica da ANAC.

6.2.2 SE SIM, ACREDITA QUE AS QUESTÕES APRESENTADAS NA ANAC SÃO SEMELHANTES AS DO SIMULADO?

Aos respondentes que afirmaram sim na pergunta anterior, questionou-se se estes responderam se acreditam que as questões expostas na ANAC são semelhantes às perguntas do simulado. Essa pergunta não exigia obrigatoriedade na resposta, tornando-se opcional a participação dos respondentes, contudo, todos optaram por responder à questão. 45 responderam que sim (100%). Novamente, houve unanimidade entre os participantes. Observou-se que todos acreditam que as questões da prova teórica da ANAC são semelhantes às perguntas do simulado.

6.2.3 VOCÊ FOI APROVADO NA PROVA DA ANAC ESTUDANDO SOMENTE POR CONTEÚDOS DE SIMULADOS?

19 responderam que sim (42%) e 26 que não (58%). Estes dados mostram que a maioria dos pesquisados não conquistou a aprovação na prova teórica da ANAC a estudar somente por conteúdo de simulados. Isto evidencia que utilizam alternativas de estudo além dos simulados para buscar a aprovação. Contudo, para 19 participantes, apenas o uso do simulado foi o suficiente para a aprovação na ANAC. Essa resposta apresenta motivo de alerta, pois, ao estudar apenas por simulado o aluno dispensa a aprendizagem significativa e opta a aprender de forma mecânica.

6.2.4 VOCÊ ACREDITA QUE SOMENTE O SIMULADO TE AJUDOU A PASSAR NA PROVA DA ANAC?

Enquanto a questão anterior buscou verificar se os alunos se abstiveram de utilizar outros métodos de estudo a não ser os simulados, essa pergunta se propõe a aferir se apenas o simulado, um instrumento de estudo que internaliza dentro da mente humana uma aprendizagem mecânica, pode ser superior, na opinião do aluno, comparado a outras maneiras de se estudar que podem provir uma aprendizagem significativa, como frequentar a sala de aula ou consultar a literatura, por exemplo, para auxiliar na aprovação na prova teórica da ANAC. 14 responderam que sim (31%), e 31 que não (69%). De acordo com a maioria dos respondentes, somente o simulado não ajuda a passar na prova da ANAC.

6.2.5 VOCÊ CONSIDERA QUE FAZER MUITO SIMULADO E MEMORIZAR AS QUESTÕES FAZEM PASSAR NA PROVA DA ANAC?

Essa pergunta se dispôs a levantar um dado relevante ao estudo: verificar se há uma tendência por parte do aluno a adotar à aprendizagem automática, isto é, memorizar. Se a amostra obtida confirmar essa tendência, pode significar que os estudantes estão decorando as perguntas e respostas dos simulados, pois, dessa forma, julgam que serão aprovados na avaliação realizada pela ANAC. 30 responderam que sim (67%), e 15 que não (33%). Assim, a maioria dos respondentes consideram que fazer demasiado simulado e memorizar as questões do mesmo leva-os a aprovação na prova teórica da ANAC.

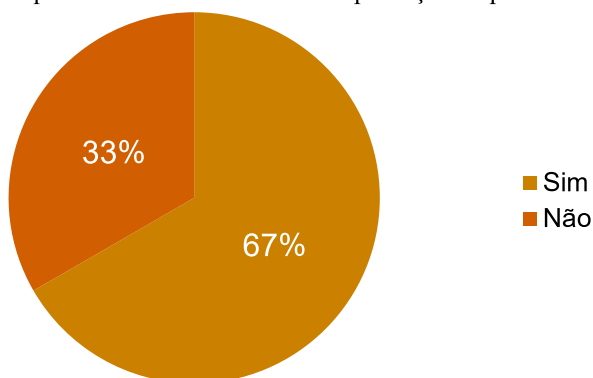


Gráfico 1 – Quanto se os respondentes acreditam que fazer muito simulado e memorizar as questões fazem passar na ANAC. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

6.2.6 SE SIM, VOCÊ ACHA QUE MEMORIZAR AS QUESTÕES DOS SIMULADOS É A MELHOR ESTRATÉGIA DE ESTUDO PARA SER APROVADO NA PROVA DA ANAC?

Aos pesquisados que responderam sim na questão anterior, sobre se consideram que fazer muito simulado e memorizar as questões fazem passar na prova da ANAC, estes responderam se acreditam que memorizar as questões dos simulados é a melhor estratégia de estudo para ser aprovado na prova teórica da ANAC. Essa pergunta não exigia obrigatoriedade na resposta, tornando-se opcional a participação dos respondentes. 42 indivíduos responderam a esta pergunta. Um fato curioso é que apenas 30 pesquisados responderam sim na questão anterior, sendo assim, 12 respondentes cuja resposta foi não, mostraram interesse em responder a esta pergunta. 19 que sim (45%), e 23 (55%) que não. Acredita-se, segundo a maioria dos participantes, que memorizar as questões dos simulados não é a melhor estratégia de estudo para ser aprovado na prova da ANAC. Todavia, essa diferença é sutilmente maior, visto que a distinção entre maioria (55%) e minoria (45%) dos dados levantados na amostra corresponde a apenas 10%.

6.2.7 VOCÊ ESTUDOU PARA A PROVA DA ANAC MEMORIZANDO QUESTÕES DOS SIMULADOS ALGUMA VEZ?

Ao serem perguntados se estudaram para a prova da ANAC memorizando questões dos simulados alguma vez, 27 responderam que sim (60%) e 18 que não (40%).

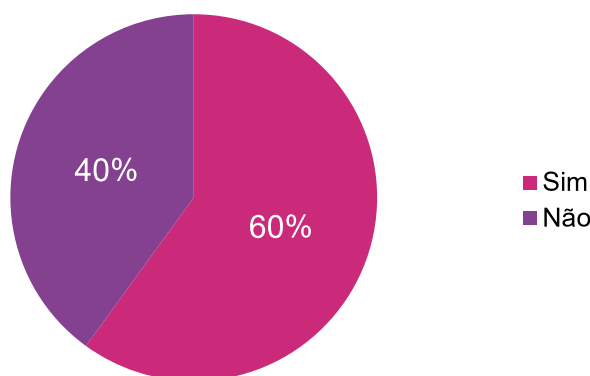


Gráfico 2 – Quanto se os pesquisados estudaram para a prova da ANAC memorizando questões dos simulados alguma vez.
(Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

6.2.8 VOCÊ UTILIZOU EM MAIS DE UMA PROVA DA ANAC A ESTRATÉGIA DE MEMORIZAR QUESTÕES?

Os pesquisados foram solicitados a responder à seguinte pergunta: “Você utilizou em mais de uma prova da ANAC a estratégia de memorizar questões?”. Neste caso, 23 responderam que sim (51%) e 22 que não (49%).

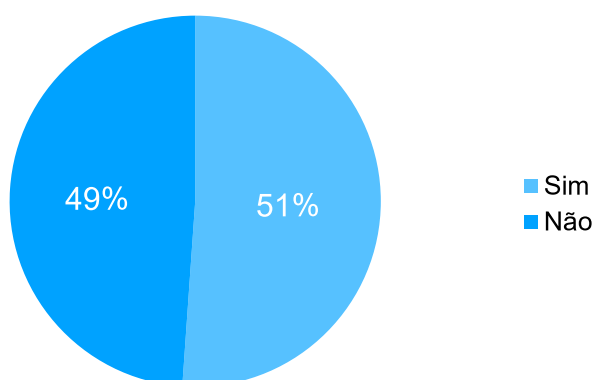


Gráfico 3 – Quanto se os respondentes utilizaram em mais de uma prova da ANAC a estratégia de memorizar questões.
(Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

6.2.9 SE SIM, EM QUANTAS PROVAS FORAM?

Uma questão de grande relevância para o estudo é investigar, em quantas provas teóricas da ANAC os pesquisados utilizaram-se da estratégia de memorizar questões. Essa pergunta não exigia obrigatoriedade na resposta, tornando-se opcional a participação. 27 sujeitos responderam à pergunta, conforme mostra a tabela 1.

Se sim, em quantas provas foram?	
Uma	26% (7)
Duas	37% (10)
Três	19% (5)
Quatro	19% (5)

Tabela 1 – Buscou-se identificar em quantas provas da ANAC os respondentes utilizaram-se da estratégia de memorizar questões. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

6.2.9.1 VOCÊ JÁ MEMORIZOU A RESPOSTA CERTA DE UMA OU MAIS QUESTÕES MESMO SEM COMPREENDÊ-LA?

A última pergunta não procura tão somente identificar se o respondente memorizou a resposta certa de uma ou mais questões mesmo sem compreendê-la, a questão vislumbra analisar também o valor do aprendizado para o aluno. Para se aprender é necessário primordialmente estudar e entender o que se está a estudar. Existem diversos métodos de estudo, que podem provir no interior da estrutura cognitiva da mente humana uma aprendizagem significativa ou mecânica. Não obstante, para aprender também é preciso valorizar o aprendizado. Assim, justifica-se a existência dessa pergunta. O aluno que pressupor que decorou a resposta correta de várias perguntas sem sequer entendê-las, de certa forma poderá estar a desvalorizar o aprendizado, pois, como supracitado, estudar por simulado é o mesmo que abster-se de propósito da aprendizagem significativa. Os resultados mostram que 26 afirmam sim (58%) e 19 que não (42%). Diante dos dados obtidos da amostra, é possível levantar veementemente a possibilidade de que não há aprendizado, ou seja, não se estabelece o aprender, pois, não seria provável construir o aprendizado dentro da mente humana se o conhecimento supostamente aprendido sequer é entendido. Quanto a valorização do aprender por parte do aluno, baseando-se pelos vários dados do estudo, inclusive o dessa amostra, infere-se que há a possibilidade de que a obtenção do conhecimento por meio do aprendizado esteja banalizada. O aluno dispensa a aprendizagem significativa e opta a aprender de forma mecânica. Essa decisão pode ser baseada com o viés de apenas garantir a aprovação na prova teórica da ANAC, e não para absorver conhecimentos de maneira espontânea. Esse modo de agir e pensar por parte dos pesquisados pode ser uma condição latente que possa estar instaurada no sistema, isso abre uma brecha para que exista a possibilidade de que a segurança operacional esteja enfraquecida.

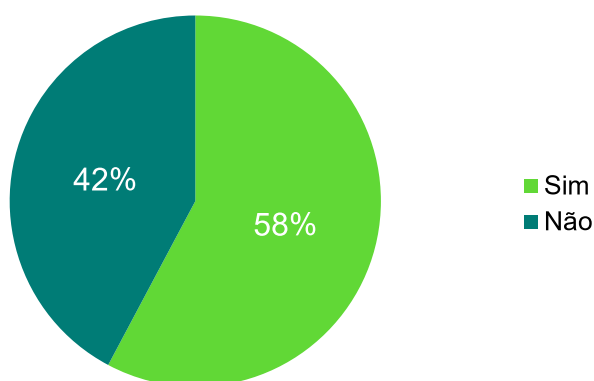


Gráfico 4 – Quanto se o respondente memorizou a resposta certa de uma ou mais questões mesmo sem compreendê-la. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

6.3 CRUZAMENTO BIVARIADO DE DADOS

O estudo feito utilizou-se de um questionário completo que identificou variados aspectos do tema. A finalidade é apontar possíveis relações entre esses aspectos com as questões 10, 12, 13, 14 e 15 do questionário (Apêndice A). Com o apoio dos gráficos e tabelas, cruzaram-se duas variáveis para viabilizar a realização das observações a seguir. Um dos dados foi fixado, no caso referente ao enunciado das questões supracitadas do questionário, e o outro dado variou entre os aspectos da amostra,

comparando-se assim uma a uma. O gráfico em colunas, assim como o gráfico em barras, foi o formato escolhido para apresentar o cruzamento bivariado.

Na questão 10 do questionário, que trata sobre “Você considera que fazer muito simulado e memorizar as questões fazem passar na prova da ANAC?”, verificou-se o sexo, idade e escolaridade respectivamente. Quanto ao sexo, percebe-se que a maioria das mulheres (71%) e dos homens (66%) consideram que realizar diversos simulados e memorizar as questões garantem a aprovação na prova teórica da ANAC. Na amostra, percebe-se então que não há distinção de gênero quanto à opinião em foco.

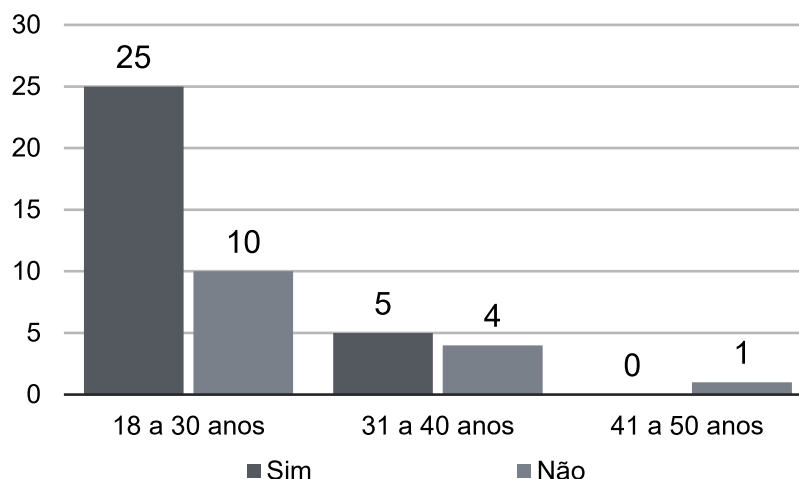


Gráfico 5 – Sexo versus fazer muito simulado e memorizar questões fazem passar na prova da ANAC. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

A idade apresenta algumas desassociações. Dos respondentes, 35 têm entre 18 a 30 anos, e 25 deles consideram que fazer muito simulado e memorizar questões fazem passar na prova da ANAC. Para os que têm entre 31 a 40 anos, esta questão dividiu os pesquisados, mas ainda assim percebe-se que a maioria também considera. A idade de 41 a 50 anos, o único respondente da pesquisa que situa-se nessa faixa etária afirmou que não considera. Não identificaram-se respondentes entre 51 a 60 anos e mais de 60 anos. Proporcionalmente a avaliar, afirma-se que nesta amostra, quanto menos idade o indivíduo tem, mais ele considera que realizar muito simulado e decorar as questões fazem passar na prova da ANAC.

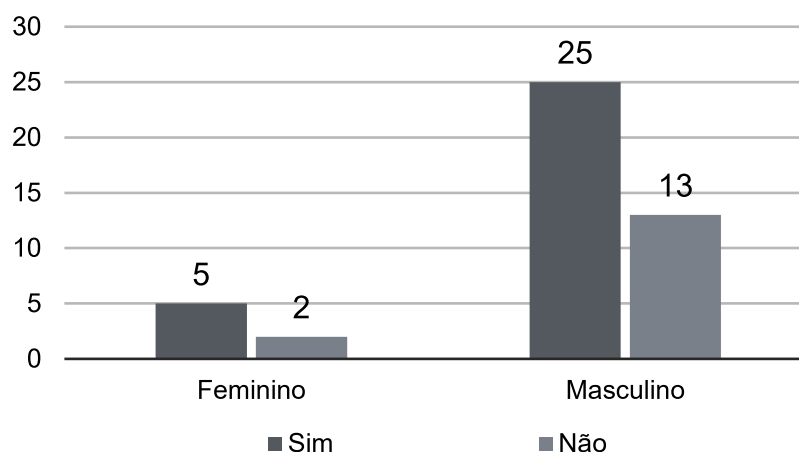


Gráfico 6 – Idade versus fazer muito simulado e memorizar questões fazem passar na prova da ANAC. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

Quanto à influência da escolaridade, nota-se pelo gráfico sete que há um percentual considerável de indivíduos (79%) que dispõem de ensino superior completo em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil, e que consideram que realizar muito simulado e decorar as questões fazem passar na prova da ANAC. Os dados mostram que há uma relação de ideias entre os que possuem ensino superior completo na área da aviação e os que possuem superior incompleto em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil, pois dos sete respondentes, seis consideram. Para os que têm ensino superior completo em outra área, percebe-se que dois respondentes não concordam e um concorda. Aos que têm ensino superior incompleto em outra área, essa questão dividiu os respondentes, pois 50% afirma que concorda, e a outra metade dos pesquisados não concorda. Dos cinco respondentes que não têm ensino superior, todos não concordam. Assim, observa-se uma tendência desta amostra de que os graduados na área da aviação, assim como os não graduados na área aeronáutica, mas

que iniciaram o curso superior, tendem a considerar que realizar vários simulados e memorizar as questões trazem a aprovação na prova teórica da ANAC. Por outro lado, aqueles de menor escolaridade, que não têm o grau superior, tendem a não acreditar que realizar diversos simulados e memorizar as perguntas do mesmo fazem passar na prova da ANAC.

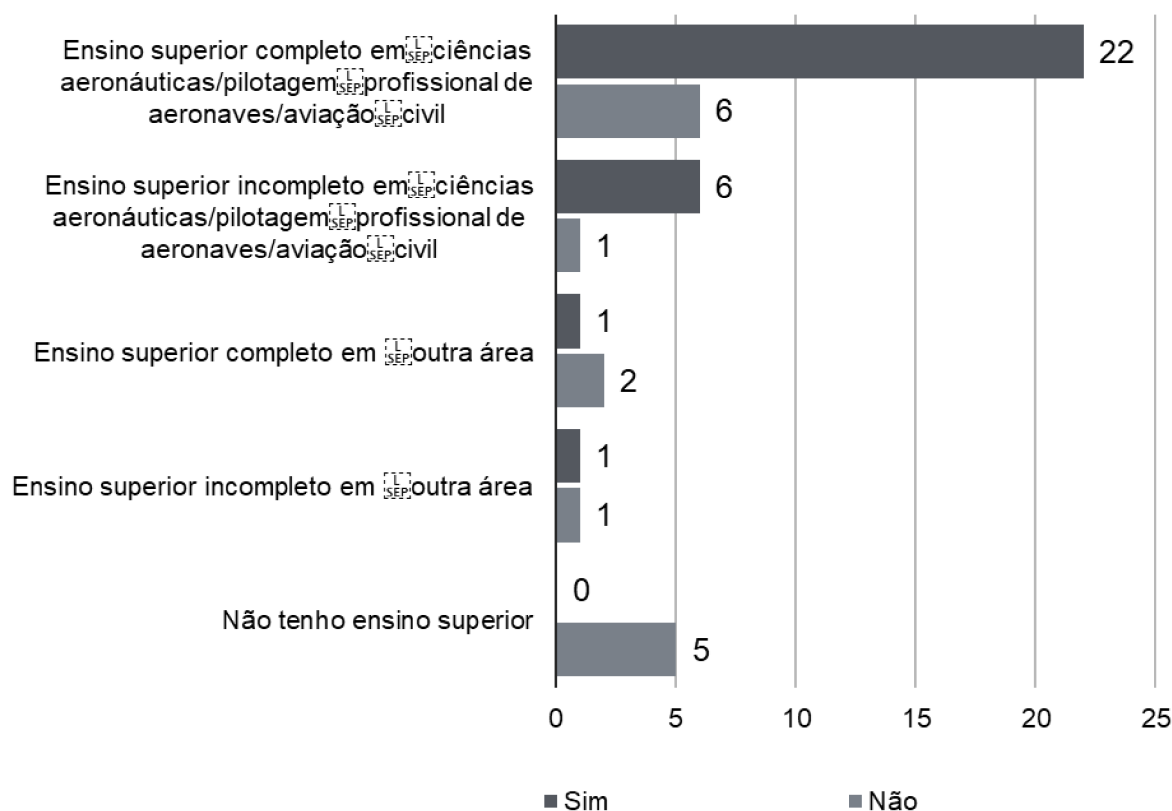


Gráfico 7 – Escolaridade versus fazer muito simulado e memorizar questões fazem passar na prova da ANAC. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

Na questão 12 do questionário, que versa sobre “Você estudou para a prova da ANAC memorizando questões dos simulados alguma vez?”, verificou-se o sexo, idade e escolaridade. No que se refere ao sexo, observa-se que as respostas das mulheres estão equilibradas, mas a maioria delas (57%) e dos homens (61%) memorizaram questões dos simulados alguma vez quando estudaram para a prova da ANAC. De acordo com as respostas, foi possível verificar que não há uma diferença significativa entre o sexo feminino e masculino em ter decorado perguntas dos simulados alguma vez quando estudaram para a ANAC.

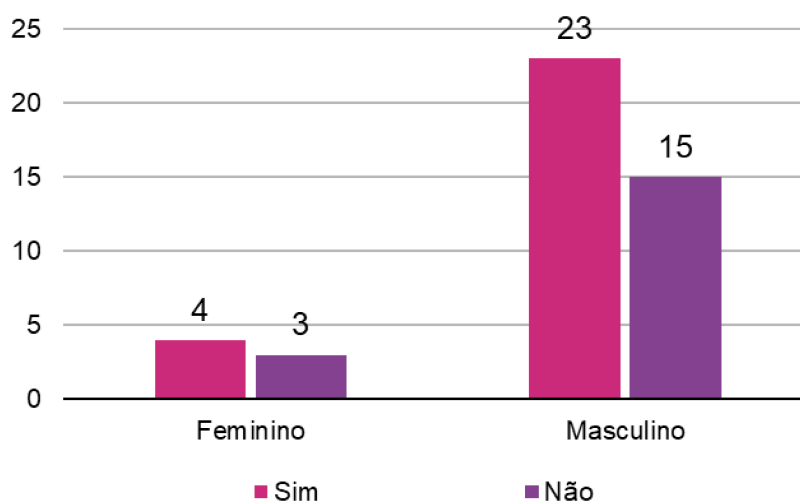


Gráfico 8 – Sexo versus estudar para a ANAC memorizando questões dos simulados alguma vez. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

Em relação à idade, assinalaram “sim” ao serem perguntados se memorizaram questões dos simulados alguma vez quando estudaram para a prova da ANAC, 60% dos participantes entre 18 a 30 anos, 67% entre 31 a 40 anos e 100% entre 41 a 50 anos. Não existem diferenças estatisticamente significativas quanto a prática dos respondentes em memorizar questões dos simulados alguma vez ao estudar para a prova da ANAC. Não identificou-se pesquisados entre 51 a 60 anos e mais de 60 anos. Um fato curioso é que o mesmo respondente da faixa entre 41 a 50 anos que assinalou “não” quando perguntado sobre a ideia de que fazer muito simulado e memorizar as questões fazem passar na prova da ANAC, nessa pergunta o participante respondeu “sim”, ou seja, esse indivíduo memorizou as questões dos simulados. Ainda que o respondente não concorde que essa seja uma estratégia válida de estudo, ele a pratica. Essa constatação está em sintonia com outra evidência do estudo, de que 100% dos participantes

acreditam que as questões dos simulados são semelhantes as da prova teórica da ANAC. O gráfico nove mostra o resultado deste cruzamento de dados.

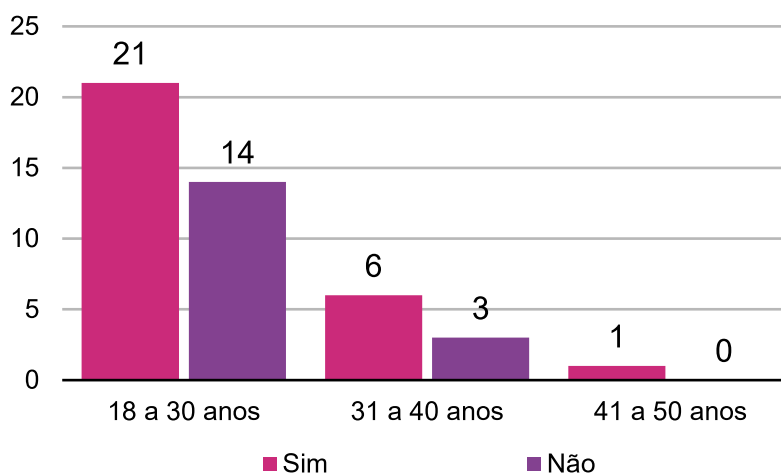


Gráfico 9 – Idade versus estudar para a ANAC memorizando questões dos simulados alguma vez.

(Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

No que diz respeito à escolaridade, há um percentual considerável de respondentes (61%) que dispõem de ensino superior completo em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil, e que memorizaram questões dos simulados alguma vez ao estudar para a prova da ANAC. Na amostra, percebe-se uma associação entre os que possuem ensino superior completo na área da aviação e os que possuem superior incompleto em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil, por conseguinte que dos sete respondentes, cinco memorizaram alguma vez. Para os que têm ensino superior completo em outra área, percebe-se que dois respondentes não memorizaram e um memorizou. Aos que têm ensino superior incompleto em outra área, evidenciou-se um equilíbrio, em razão de que 50% afirma que memorizou, e a outra metade dos pesquisados que não memorizou. Dois respondentes que não têm ensino superior memorizaram e três não. Observa-se, então, uma propensão desta amostra de que os graduados na área da aviação, assim como os não graduados na área aeronáutica, mas que iniciaram o curso superior, tendem a memorizar as questões alguma vez.

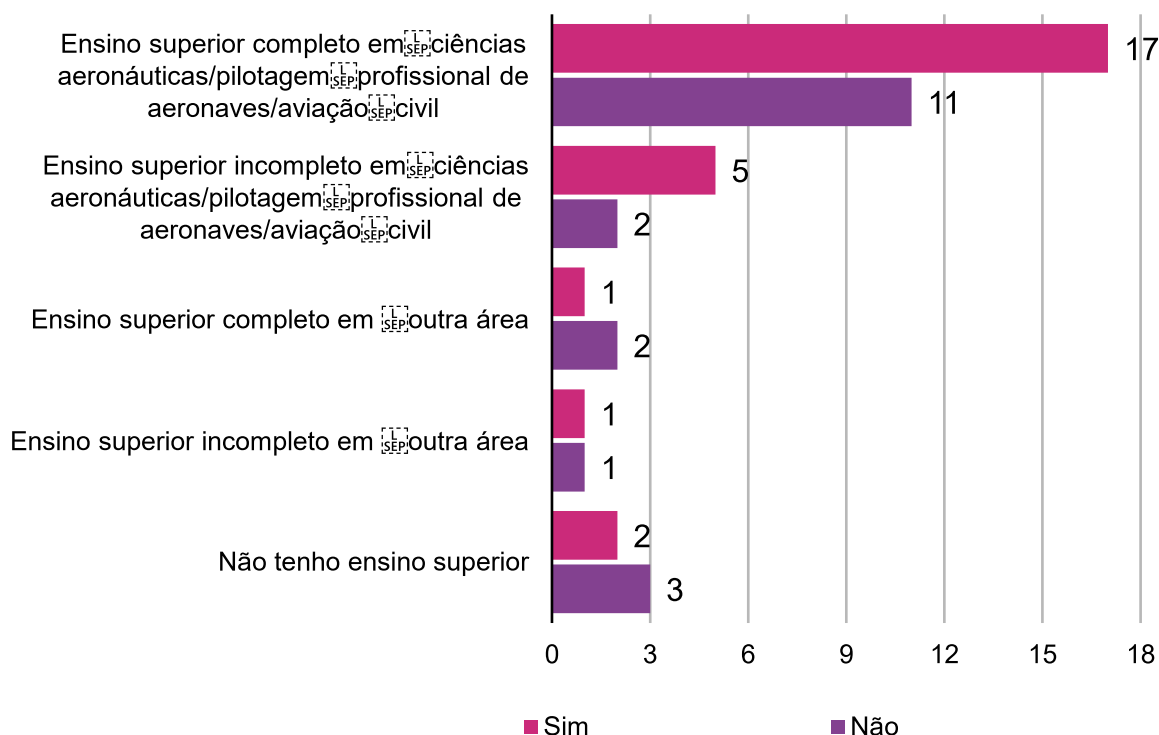


Gráfico 10 – Escolaridade versus estudar para a ANAC memorizando questões dos simulados alguma vez. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

Diante dos dados apresentados acima, fez-se necessário um aprofundamento da questão 12, delimitando-se a amostra apenas aos respondentes da pesquisa que estudam ou estudaram nas principais instituições ligadas à aviação civil no Estado do Paraná. A escolha de afunilar a amostra a essas instituições de ensino deu-se porque vislumbrou-se que a maioria dos participantes desse estudo as frequentam ou frequentaram. O objetivo é obter um panorama atual sobre a cultura de aprendizagem dentro da sala de aula dos respondentes dessas instituições, se eles estão inclinados ou não a adotar uma forma mecânica de

estudo alguma vez, utilizando-se os simulados. 60% dos respondentes ligados apenas à Universidade Positivo afirmaram sim. Os que possuem vínculo à Universidade Positivo e ao Aeroclube de Ponta Grossa, 67% responderam sim. Estudantes cuja associação foi somente a Universidade Tuiuti do Paraná, 60% assinalaram sim. O único respondente que tem ligação à Universidade Tuiuti do Paraná e ao Aeroclube de Ponta Grossa, respondeu sim. A amostra obtida sobre a instituição Aeroclube de Ponta Grossa mostrou que 67% dos pesquisados responderam sim. Pode-se observar que os dados obtidos possuem pontos de associação, ou seja, os estudantes das principais instituições de Ensino do Estado do Paraná estão propensos a adotar, mediante a utilização de simulados, a aprendizagem mecânica alguma vez. Isso pode revelar que, dentro da sala de aula das instituições supracitadas dos cursos relacionados a aviação civil, há a possibilidade de um estímulo a aprendizagem mecânica.

	Sim	Não
Universidade Positivo	6 (60%)	4 (40%)
Universidade Positivo / Aeroclube de Ponta Grossa	2 (67%)	1 (33%)
Universidade Tuiuti do Paraná	3 (60%)	2 (40%)
Universidade Tuiuti do Paraná / Aeroclube de Ponta Grossa	1 (100%)	0 (0%)
Aeroclube de Ponta Grossa	2 (67%)	1 (33%)

Tabela 2 – Alunos das principais instituições de ensino relacionados a aviação no Paraná versus estudar para a ANAC memorizando questões dos simulados alguma vez.

A questão 13 do questionário, que alude sobre “Você utilizou em mais de uma prova da ANAC a estratégia de memorizar questões?”. Na amostra, vislumbra-se que a maior parte (64%) dos respondentes que possuem ensino superior completo em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil adotaram a estratégia de memorizar questões em mais de uma prova da ANAC. Para os que têm ensino superior incompleto em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil, a maioria (57%) memorizou questões em mais de uma prova da ANAC, contudo, a diferença da maioria para a minoria é sutilmente menor, haja vista que quatro respondentes afirmaram sim e três que não. Aos que têm ensino superior completo em outra área, todos os pesquisados responderam não. Identifica-se um equilíbrio entre os que têm ensino superior incompleto em outra área, em razão de que 50% afirma que decorou questões em mais de uma prova da ANAC, e a outra metade dos respondentes que não. Dos cinco pesquisados que não têm ensino superior, todos responderam não. De acordo com a amostra, constata-se que os graduados na área da aviação, assim como os não graduados na área aeronáutica, mas que iniciaram o curso superior, tendem a adotar a estratégia de memorizar as questões em mais de uma prova da ANAC, portanto, é possível que um hábito tenha sido adquirido.

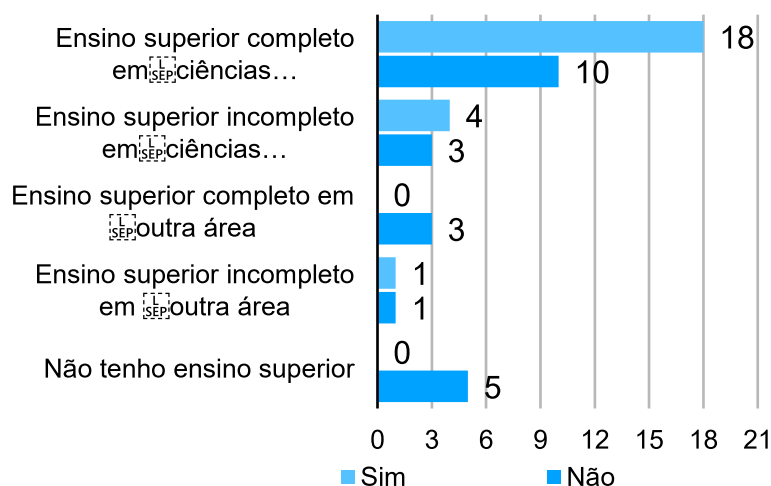


Gráfico 11 – Escolaridade versus utilizar em mais de uma prova teórica da ANAC a estratégia de memorizar questões. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

A questão 14 do questionário complementa a questão 13, pois aos que responderam sim à questão 13, sobre “Você utilizou em mais de uma prova da ANAC a estratégia de memorizar questões?”, estes foram convidados a responder à pergunta 14, que procura saber em quantas provas da ANAC os pesquisados utilizaram a estratégia de decorar questões. Essa pergunta não exigia obrigatoriedade na resposta, tornando-se opcional a participação. 27 pesquisados responderam à pergunta. Para fins de cruzamento dos dados, verificou-se a idade. Por meio desta análise, é possível afirmar que os respondentes entre 18 a 30 anos, ou seja, os mais jovens, que assinalaram as alternativas “Duas”, “Três”, “Quatro ou mais”, ao estudarem apenas uma única vez para a prova da ANAC memorizando-se as questões, repetem o mesmo comportamento ao estudarem para outras provas. Os que têm entre 31 a 40 anos, 60% utilizaram em duas provas da ANAC a tática de decorar questões. Não identificou-se pesquisados entre 41 a 50 anos, 51 a 60 anos e mais de 60 anos. Através dos resultados da amostra, percebe-se que há uma associação entre os mais jovens e os mais velhos, apesar disso, esse comportamento é mais expressivo entre os mais novos, que adquiriram o hábito de decorar questões.

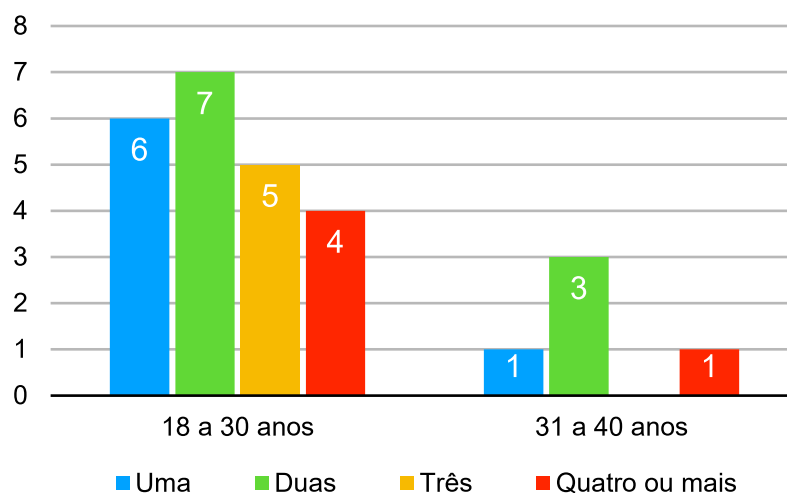


Gráfico 12 – Idade versus em quantas provas da ANAC foi adotada a estratégia de decorar questões. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

Na questão 15, que faz menção sobre “Você já memorizou a resposta certa de uma ou mais questões mesmo sem compreendê-la?”, verificou-se o sexo, idade e escolaridade nesta ordem. No tocante ao sexo, o gráfico a seguir traz com clareza o fato de que a maioria dos homens (56%) e mulheres (71%) já memorizaram a resposta certa de uma ou mais perguntas sem entendê-la.

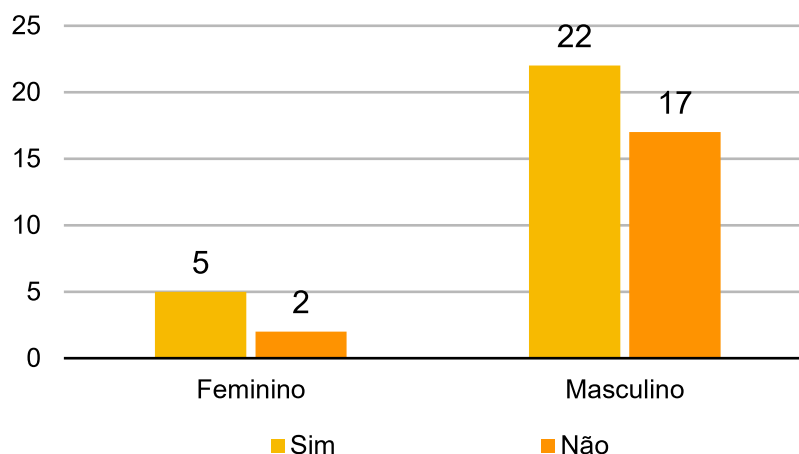


Gráfico 13 – Sexo versus memorizar a resposta certa de uma ou mais questões mesmo sem compreendê-la. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

Quanto à idade, os números apresentam que há uma expressiva tendência (66%) entre os mais jovens (18 a 30 anos) em decorar a resposta correta de uma ou mais questões mesmo sem compreendê-la. Dentre os que têm entre 31 a 40 anos, a amostra (67%) informa que estes não têm tendência em memorizar a resposta certa de uma ou mais perguntas sem entendê-la. Por fim, o único respondente do estudo entre 41 a 50 anos não memorizou questões sem entendê-las. De forma geral, os dados concluem que quanto mais novo é o indivíduo, mais se busca o aprendizado automático (temporário) e não o significativo (duradouro).

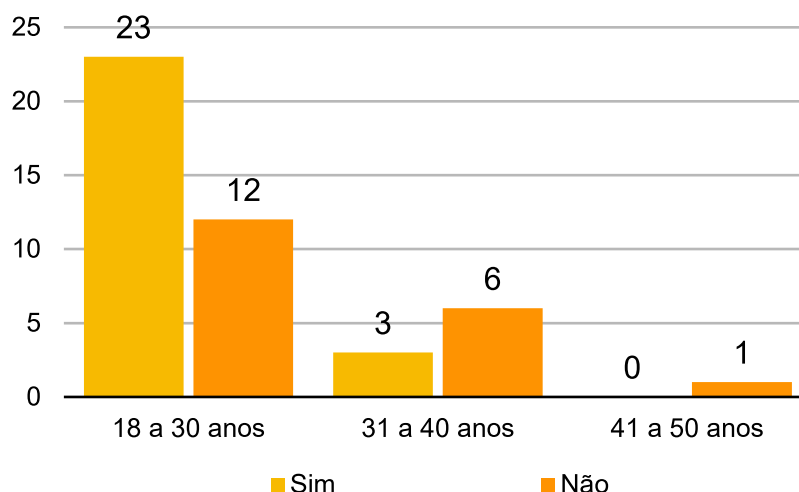


Gráfico 14 – Idade versus memorizar a resposta certa de uma ou mais questões mesmo sem compreendê-la. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

Quanto à formação acadêmica, aqueles que têm ensino superior completo e incompleto em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil, estão de forma expressiva inclinados a praticar a aprendizagem mecânica, uma vez que os dados apontam que 64% daqueles que têm ensino superior completo e 71% dos que não têm ensino superior completo na área da aviação memorizaram a resposta certa de uma ou mais questões mesmo sem compreendê-la. Aos que têm superior completo em outra área, a maioria (67%), embora os dados sejam praticamente equilibrados (dois respondentes assinalaram sim, um não), não decoram questões corretas sem entendê-las. Entretanto, há um equilíbrio entre os que memorizam e os que não memorizam as perguntas sem entendê-las, por parte dos pesquisados que têm ensino superior incompleto em outra área. Há uma forte tendência entre os de menor escolaridade em não aprender de forma mecânica.

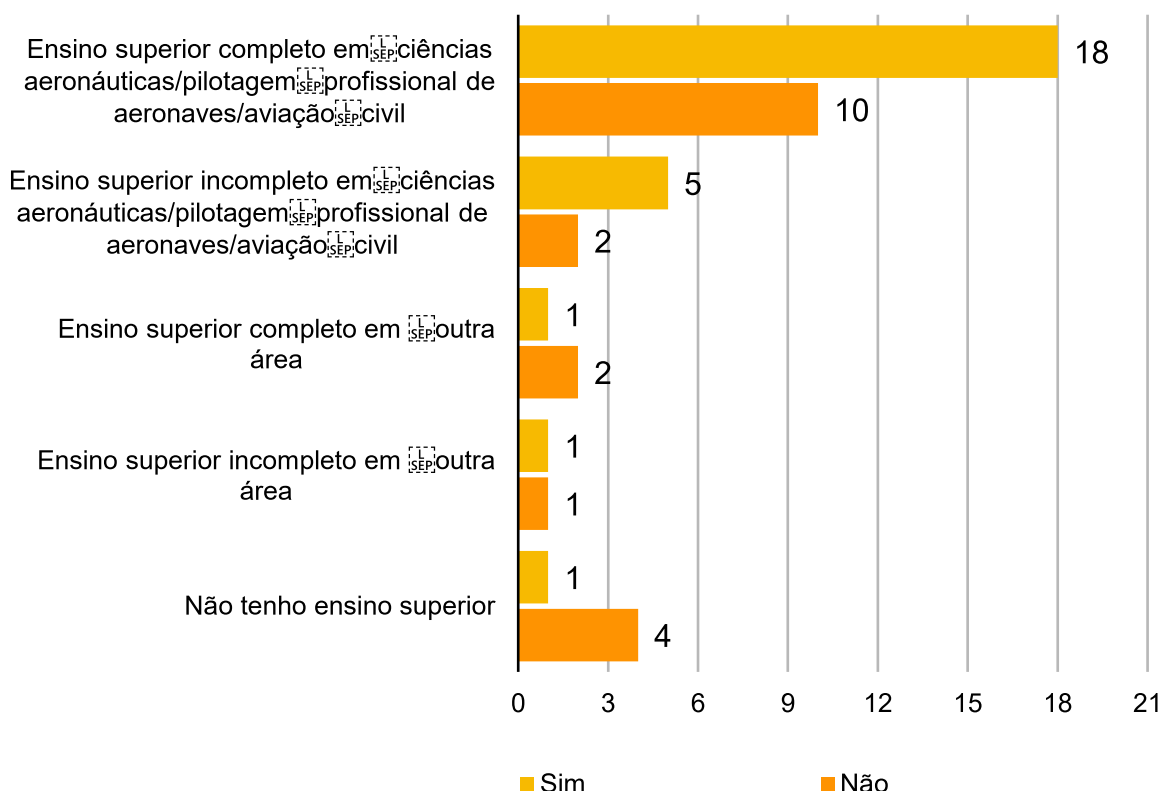


Gráfico 15 – Escolaridade versus memorizar a resposta certa de uma ou mais questões mesmo sem compreendê-la. (Fonte: elaborado pelo autor, 2022).

Conforme revelou-se os dados mostrados acima, tornou-se indispensável um aprofundamento da questão 15, restringindo-se a amostra somente aos pesquisados que estudam ou estudaram nas principais instituições ligadas à aviação civil no Estado do Paraná. A escolha de afunilar a amostra às instituições de ensino do Paraná teve como base o mesmo critério utilizado na análise bivariada dos dados da questão 12. O objetivo é almejar um panorama atual sobre a cultura de aprendizagem dentro da sala de aula dos respondentes dessas instituições, se estão propensos a utilizar o método mecânico de aprendizagem com o viés em

decorar uma ou mais questões sem entendê-las. Dos respondentes ligados somente à Universidade Positivo, 70% afirmaram sim. Os que tem vínculo com à Universidade Positivo e ao Aeroclube de Ponta Grossa, 67% responderam sim. Estudantes cuja associação foi apenas a Universidade Tuiuti do Paraná, 80% assinalaram sim. O único respondente que tem relação com à Universidade Tuiuti do Paraná e ao Aeroclube de Ponta Grossa, respondeu sim. A amostra obtida sobre a instituição Aeroclube de Ponta Grossa revelou que 67% dos pesquisados responderam sim. Os dados trazem ao estudo informações que preocupam, como por exemplo, que as respostas “sim” em todas as amostras obtidas superaram no mínimo 60% a alternativa “não”. Pode-se inferir através desta análise que os estudantes das principais instituições de Ensino do Paraná estão inclinados a utilizar a forma de aprendizagem mecânica para memorizar sem entender uma ou mais perguntas dos simulados. Isso pode indicar claramente que o objetivo do indivíduo ao optar por decorar questões mesmo sem compreendê-las é um só: ser aprovado na prova teórica da ANAC. É provável que o conhecimento esteja banalizado e não seja valorizado. Há possibilidade também que dentro da sala de aula das instituições supracitadas dos cursos com ligação em aviação civil, os alunos sejam estimulados a aprender de forma mecânica.

	Sim	Não
Universidade Positivo	7 (70%)	3 (30%)
Universidade Positivo / Aeroclube de Ponta Grossa	2 (67%)	1 (33%)
Universidade Tuiuti do Paraná	4 (80%)	1 (20%)
Universidade Tuiuti do Paraná / Aeroclube de Ponta Grossa	1 (100%)	0 (0%)
Aeroclube de Ponta Grossa	2 (67%)	1 (33%)

Tabela 3 – Alunos das principais instituições de ensino relacionados a aviação no Paraná versus estudar para a ANAC memorizando questões sem compreendê-las.

7 DISCUSSÃO

Ao desenvolver a discussão do presente estudo, é indispensável a revisão de literatura inicial do trabalho e equipará-las com os resultados da amostra a partir da análise e apresentação dos resultados.

A análise e discussão dos resultados obtidos permitem observar como acontece o processo de aprendizagem dos alunos na preparação para prestar à prova teórica da ANAC de piloto de avião. Os dados da amostra evidenciam que o panorama atual apresenta motivo de alerta.

Desse modo, pode-se considerar que a maioria dos respondentes não aprendem de forma significativa, e sim mecânica ao decorar perguntas e respostas dos simulados. Entretanto, verifica-se também que não há a compreensão de conceitos, uma vez que estão inclinados a memorizar a resposta correta de uma ou mais perguntas sem entendê-las.

Ausubel; Novak; Hanasian (1980, p.34) mencionam uma das condições para que seja possível aprender de forma significativa:

A essência do processo de aprendizagem significativa é que [...] o aluno manifeste uma disposição para a aprendizagem significativa — ou seja, uma disposição para relacionar, de forma não arbitrária e substantiva, o novo material à sua estrutura cognitiva [...]

Trata-se da recusa a decorar um novo conhecimento, por parte do aluno sem que ele entenda o seu significado (BRAATHEN, 2012). O mesmo autor menciona que não existem dois tipos de pessoas, as que adotam uma postura de aprendizagem significativa e as que não adotam, pois adotar ou não, depende do contexto, como, por exemplo, a motivação do aluno e a natureza do conteúdo ensinado. Quando o aluno não considera aprender de forma significativa, Braathen (2012, p. 80) diz que isso acontece por duas razões: “quando o aluno não é convencido da importância do que é ensinado; quando exige-se dos alunos que retornem o conhecimento ensinado literalmente como foi ensinado, não admitindo nenhuma flexibilidade na resposta”.

Moreira (2010, p. 8), dispõe que: “[...] muito da aprendizagem memorística sem significado (a chamada aprendizagem mecânica) que usualmente ocorre [...] resulta das avaliações e procedimentos de ensino que estimulam esse tipo de aprendizagem”.

Dessa forma, é possível considerar que o modelo de avaliação aplicado pela ANAC, ao seguir um formato objetivo, literal e não flexível na resposta, pode não favorecer a aprendizagem significativa por parte dos estudantes. Isso não significa que o

eventual problema esteja, necessariamente, no formato das avaliações em si, já que as provas de múltipla escolha são amplamente utilizadas em diversas áreas do conhecimento, mas sim na forma como essas avaliações têm sido pensadas, montadas e mantidas ao longo do tempo. Uma fragilidade potencial desse modelo de avaliação pode residir na ampla circulação dos gabaritos, que se tornaram largamente conhecidos, o que levanta a hipótese de recorrência de questões semelhantes entre os simulados e as provas oficiais da ANAC. Há uma possibilidade de que esse cenário possa favorecer uma preparação de estudo centrada mais na aprendizagem automática do que na compreensão efetiva do conteúdo. Assim, existe a chance de que o aluno opte pelo caminho mais simples: decorar as questões com a maior probabilidade de aparecer na prova, em vez de buscar um entendimento aprofundado da matéria, resultando em uma aprendizagem mecânica, e não significativa.

Não obstante, os simulados também contribuem, e os principais motivos são: simulados foram programados apenas com respostas para todas as perguntas, não há assistência ao aluno em caso de erros e dúvidas, tão pouco quaisquer sistemas de auxílio caso o estudante necessite. Também ressalta-se que os simulados são divulgados de forma atrativa e prometem ao aluno que ao estudar poucos minutos ao dia, conseguirá obter a aprovação na prova da ANAC na primeira tentativa (AEROSIMULADOS, 2021). Com isso, os simulados parecem criar uma impressão espúria de compreensão fácil, pois através da memorização automatizada torna-se mais fácil e mais interessante para o aluno decorar o conteúdo do que compreender seu significado. Ausubel; Novak; Hanasian, (1980, p. 323), explicam que:

[...] Computador algum jamais pode ser programado com respostas para todas as questões que os alunos possam fazer. E nas áreas de conhecimento menos estabelecidas, a discussão e a interação aluno-aluno e aluno-professor são essenciais para a aprendizagem.

Faz-se necessária uma reflexão atual sobre o possível impacto negativo que o simulado pode causar na aprendizagem para preparar um candidato a prestar à prova teórica da ANAC.

Posto isso, evidencia-se que a maioria dos respondentes ao estudarem apenas uma única vez para a prova da ANAC memorizando-se as questões, repetem o mesmo comportamento ao estudarem para prestar outras provas da ANAC. Esse dado revela a existência de um hábito que está consolidado na mente do indivíduo.

Verificou-se ainda, quanto ao nível acadêmico, que aqueles que dispõem de ensino superior completo e incompleto em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil, estão de forma expressiva inclinados a praticar a aprendizagem mecânica, inclusive na preparação em mais de uma prova teórica da ANAC. Para Lemos (2011, p.4), pesquisadora da Fundação Oswaldo Cruz, “Nós ainda temos uma escola que treina o aluno para memorizar, e não para pensar”. Os resultados indicam a possibilidade de existir uma cultura de ensino que estimula a aprendizagem mecânica no ensino superior dos cursos na área da aviação. “O ensino focado na preparação para a testagem, no aplicacionismo de fórmulas, na memorização de respostas corretas [...] É uma perda de tempo.” (MOREIRA, p. 7, 2020).

Em relação ao sexo, percebe-se que há não há distinção de gênero entre a maioria do sexo feminino e masculino no tocante a aprender de forma mecânica e a decorar perguntas mesmo sem compreendê-las. Além disso, no que tange à faixa etária, nota-se que esse comportamento é muito considerável em jovens que têm entre 18 a 30 anos.

Com base nos dados da pesquisa, observa-se que muitos alunos tendem a adotar a aprendizagem mecânica ao estudar para a prova teórica da ANAC. Esse comportamento pode estar relacionado à possibilidade de que os gabaritos dos exames se tornaram amplamente conhecidos. Esse padrão parece ser mais comum entre os alunos mais jovens e aqueles com formação superior completa ou incompleta na área da aviação. Isso pode sugerir uma adaptação dos estudantes ao formato das avaliações, possivelmente indicando que o uso de simulados pode contribuir para a formação de hábitos de memorização, o que, em alguns casos, pode priorizar a memorização das respostas em vez da aprendizagem significativa.

Todo o conteúdo aprendido mecanicamente, como definições, respostas corretas de perguntas, com o viés de ser reproduzido em provas serão esquecidos posteriormente, pois a mente humana não é capaz de armazenar de modo literal e duradouro associações arbitrárias, o período de fixação do que é aprendido é breve (AUSUBEL; NOVAK; HANASIAN, 1980). O tempo de retenção na mente humana quando sílabas sem sentido são aprendidas, é uma questão de horas (EBBINGHAUS, 1885/1913). Considera-se que há a possibilidade de que uma condição latente esteja presente no sistema de aprendizado dos candidatos a prestar a(s) prova(s) teórica da ANAC, como também na metodologia de avaliação adotada pela ANAC. A segurança operacional da aviação civil brasileira pode estar comprometida, pois aquele que aprende rapidamente também esquece rapidamente. (EBBINGHAUS, 1885/1913).

8 CONCLUSÃO

Este estudo cumpriu todos os objetivos propostos ao concluir que os alunos não valorizam o aprendizado do conhecimento aeronáutico na preparação para a prova teórica da ANAC, o aprendizado ocorre de forma mecânica, ou seja, por decoração de conteúdos. Os simulados influenciam o indivíduo a decorar questões e que isto torna-se um hábito, pois ao estudar uma única vez para a prova da ANAC memorizando-se as questões, os candidatos repetem o mesmo comportamento para prestar outras provas da ANAC.

A segurança de voo começa antes mesmo de um avião decolar, embora nem sempre tenha sido assim. O atual sistema de gerenciamento da segurança na aviação, seja ela civil ou militar, é resultado de anos de evolução e, infelizmente, de muitas vidas

perdas. Com o tempo, compreendeu-se que o ser humano, embora falho por natureza, não deveria ser punido, mas sim apoiado por um sistema capaz de aprender com essas falhas, com foco na prevenção de acidentes e incidentes aeronáuticos, e não na responsabilização individual. Percebeu-se, também que os riscos, perigos e desafios não estão presentes apenas durante o voo, mas em tudo o que o antecede, pois os agentes que podem trazer riscos para o exercício da aviação não estão inseridos apenas nas operações.

A segurança operacional exige uma abordagem sistêmica, com melhoria contínua, prevenção proativa e atuação integrada. O sistema de segurança operacional abrange todos os envolvidos: autoridades aeronáuticas, organizações e pessoas, sem distinção de posição hierárquica. O cargo do profissional é irrelevante quando se trata de promover a segurança operacional, o que significa que todos participam, desde a funcionária da limpeza até as altas lideranças. Por mais eficiente que seja, o sistema de segurança operacional jamais será perfeito, independentemente do século em que estivermos, pois ele é criado por seres humanos, que são naturalmente falhos. Ainda assim, o valor desse sistema está na sua capacidade de preservar vidas e materiais. Buscar a perfeição absoluta do sistema é perder um tempo precioso. O essencial é manter o sistema funcional, adaptável e em constante evolução.

O aprendizado teórico faz parte da segurança operacional aeronáutica e é tão importante quanto o aprendizado prático, pois é através dele que se busca habilitar o sujeito, do ponto de vista teórico, a pilotar uma aeronave. Posto isto, o artigo destaca o panorama atual de como ocorre a aprendizagem teórica dos candidatos na preparação para a prova teórica da ANAC para piloto de avião, dessa forma este trabalho busca contribuir para a segurança da aviação civil brasileira, pois as informações obtidas através do levantamento de dados permitem-nos identificar possíveis condições latentes presentes no sistema e se necessário combatê-las.

No contexto das limitações deste estudo, destaca-se a amostragem não possuir uma representatividade elevada, fato que dificulta a precisão da análise, entretanto, a amostra foi satisfatória. Além disso, há falta de estudos na área da aviação que avaliam o tema abordado, motivo pelo qual prejudica a discussão dos dados.

Atualmente, a ANAC aplica provas com questões objetivas de múltipla escolha, um método amplamente utilizado em diversas áreas do conhecimento. Esse formato facilita a avaliação por ser objetivo, padronizado e prático, especialmente em exames de grande escala, como os realizados pela agência. Por outro lado, segundo Novak (2011), apontam que esse tipo de teste exige pouco mais do que a memorização de informações, e destaca que não há evidências de que o significado dessas informações seja efetivamente compreendido pelos alunos. Além disso, levando-se em conta o cenário atual, é possível que o sistema de avaliação da ANAC apresente certa fragilidade devido à ampla circulação dos gabaritos, que se tornaram muito conhecidos, o que pode resultar em semelhanças entre as questões dos simulados e as da prova oficial. Esse cenário pode incentivar os alunos a buscar uma preparação de estudo baseada na simples memorização de conteúdos, e não na aprendizagem significativa.

Diante disso, recomenda-se a ANAC desenvolver estudos para verificar a possibilidade de se modificar todo o sistema de elaboração das avaliações teóricas, para que encontre evidências de aprendizagem significativa. Indica-se também a renovação periódica do banco de dados, mantendo-o sempre atualizado, diversificado e com questões novas. Essa medida pode ajudar a reduzir eventuais defasagens no conteúdo e a mitigar possíveis riscos de vazamentos de informações internas do banco de dados.

A revisão bibliográfica, assim como os dados obtidos nesse estudo, corroboram que normalmente as aprendizagens dentro da sala de aula está mais próxima de ser automática do que significativa. Há a possibilidade de que as teorias de aprendizagem não são conhecidas pela maioria dos docentes que ministram em universidades e escolas do Brasil. Nesse sentido, é imprescindível sugerir aos educadores que efetuem uma transformação dentro do ambiente acadêmico. Essa mudança deve começar na maneira com que uma determinada matéria é conduzida. Aulas que remetam a memorização do conteúdo, forcem a passividade dos alunos, assim como indiquem monotonia, poucas novidades e que gera preguiça mental devem cessar de forma imediata. Em seu lugar, aconselha-se aos professores buscar um método de ensino que manifeste a interação, o estímulo, interesse e o prazer por aprender dentro de sala de aula. Os alunos precisam ter uma participação ativa no processo de aprendizagem, e cabe aos lecionadores buscar maneiras de lidar com esse imenso desafio.

Aos alunos, preconiza-se que evitem o estudo baseado na memorização, principalmente uma forma de estudo baseada inteiramente na decoreação do conteúdo através da utilização dos simulados. O aluno deve compreender o significado daquilo que estão a aprender por meio de um estudo mais aprofundado sobre o tema. Cabe ao estudante também buscar, selecionar, revisar e julgar o significado do conteúdo, sobretudo porque é muito difícil estudar sem encontrar informações confusas e conflitantes.

Para desenvolvimento de estudos futuros, sugere-se que este estudo seja estendido aos candidatos que se preparam para a prova teórica da ANAC em outras áreas da aviação (comissário de voo, mecânico de manutenção aeronáutica, despachante operacional de voo e mecânico de voo).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida. Agradeço ao Senhor Jesus por estar sempre comigo. Meus agradecimentos à minha mãe, Nilza Eli dos Santos; se eu tivesse cinco vidas, gostaria de ser seu filho em todas elas. Aos senhores Kirito e Meliodas, agradeço por todo o carinho e apego; sou grato por existirem. Agradeço às minhas queridas tias, Zanja e Tela, pelo zelo e por se importarem comigo. À Ana Carolina de Lima, agradeço por todo o afeto que demonstra e por suas orações diárias, pedindo a Deus para cuidar de mim. Finalmente, agradeço ao Prof. Lorenzini por todo o apoio e atenção que me dedicou.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Luiz. **Tuiuti está entre as 10 melhores universidades do Brasil**. Blog Tuiuti. Disponível em: <<https://www.tuiuti.edu.br/blog-tuiuti/tuiuti-esta-entre-as-10-melhores-universidades-do-brasil#:~:text=Conquistamos%20o%20reconhecimento%20de%20estarmos,o%20melhor%20aos%20nossos%20alunos>>. Acesso em: 7 set. 2022.
- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Tradução de Teopisto, L. Revisão científica, Teodoro, V.D. Lisboa: PLÁTANO EDIÇÕES TÉCNICAS. 1.ed. portuguesa, 2001.
- AUSUBEL, D.P; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução de NICK, E; RODRIGUES, H; PEOTTA, L; FONTES, M; MARON, M. 1.ed. em português. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- AEROSIMULADOS. **Aumente absurdamente suas chances de PASSAR NA PROVA DA ANAC LOGO NA PRIMEIRA TENTATIVA, estudando poucos minutos por dia e começando agora sem pagar nada!** Disponível em: <<https://www.aerosimulados.com.br/>>. Acesso em: 2 jan. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **INSTRUÇÃO SUPLEMENTAR — IS Nº 00-003, REVISÃO F. 2018**. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2018/3/anexo-ii-is-no-00-003-revisao-f>>. Acesso em: 11 jan. 2021.
- BISCEGLIA, Luisa. **Aspectos gerais da Agência Nacional de Aviação Civil**. Jusbrasil. Disponível em: <<https://luisabisceglia.jusbrasil.com.br/artigos/236756047/aspectos-gerais-da-agencia-nacional-de-aviacao-civil>>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- BRAATHEN, P.C. **APRENDIZAGEM MECÂNICA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307786945_APRENDIZAGEM_MECANICA_E_APRENDIZAGEM_SIGNIFICATIVA_NO_PROCESSO_DE_ENSINO-APRENDIZAGEM_DE_QUIMICA/fulltext/57d69e1208ae5f03b494a1e5/APRENDIZAGEM-MECANICA-E-APRENDIZAGEM-SIGNIFICATIVA-NO-PROCESSO-DE-ENSINO-APRENDIZAGEM-DE-QUIMICA.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2020.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/aceso-a-informacao/institucional>>. Acesso em: 28 abr. 2022>.
- CENTRAL PRESS. **Universidade Positivo é considerada pelo MEC a melhor universidade privada do Paraná**. Disponível em: <[https://www.centralpress.com.br/universidade-positivo-e-considerada-pelo-mec-a-melhor-universidade-privada-do-parana/#:~:text=A%20Universidade%20Positivo%20\(UP\)%20foi,vai%20de%201%20a%205](https://www.centralpress.com.br/universidade-positivo-e-considerada-pelo-mec-a-melhor-universidade-privada-do-parana/#:~:text=A%20Universidade%20Positivo%20(UP)%20foi,vai%20de%201%20a%205)>. Acesso em: 7 set. 2022.
- DUHIGG, C. **O PODER DO HÁBITO: por que fazemos na vida e nos negócios**. Disponível em: <<https://drive.google.com/drive/folders/1xkBJbSRfnqFo14STcSM6jGbrqBZOvkvd>>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- EBBINGHAUS, H. **Memory: A Contribution to Experimental Psychology**. 1885. Translated by Ruger, H. A; Bussenius, C.E. 1913. Disponível em: <<https://psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/index.htm>>. Acesso em: 19 jan. 2020.
- ENTWISTLE, N.J.; RAMSDEN, P. **Understanding student learning**. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED244959.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2020.
- FREITAS, Eduardo de. **Brasil, país ou continente?** Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/brasil-pais-ou-continente.htm>>. Acesso em 28 abr. 2022.
- LEMONS, Evelyse dos Santos. **David Ausubel e a aprendizagem significativa**. Consultoria concedida a FERNANDES, E. Nova Escola. 2011. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- MATTOS, G. **Dicionário Júnior da língua portuguesa**. 2.ed. São Paulo: FTD, 2001.
- MOREIRA, Herivelto; CALEFFE, Luiz Gonzaga. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Lamparina, 2008. 245p.
- MOREIRA, M. A; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 4.ed. São Paulo: Centauro, 2011.
- MOREIRA, M.A. **Desafios no ensino da física**. Revista Brasileira de Ensino de Física. Vol. 43 (sup.1). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxHqLy/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 10 set. 2022.
- MOREIRA, M. A. **O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?** Aula Inaugural do programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Mato Grosso, 2010. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf>>. Acesso em: 31 dez. 2020.
- NOVAK, J.D.; GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Tradução de VALADARES, C. Revisão científica, VALADARES, J. Lisboa: PLÁTANO EDIÇÕES TÉCNICAS. 1.ed. portuguesa, 1996.
- NOVAK, J. D. **A THEORY OF EDUCATION: MEANINGFUL LEARNING UNDERLIES THE CONSTRUCTIVE INTEGRATION OF THINKING, FEELING, AND ACTING LEADING TO EMPOWERMENT FOR COMMITMENT AND RESPONSIBILITY**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID7/v1_n2_a2011.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2021.

- REIS, Tiago. **Agências reguladoras: saiba como funcionam e qual seu papel.** Suno Artigos. Disponível em: <<https://www.suno.com.br/artigos/agencias-reguladoras/>>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- SANTAELLA, L. **O papel da mudança de hábito no pragmatismo evolucionista de Peirce.** Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/cognitiofilosofia/article/view/13210/9731>>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- SHELDON, Robert. **What is a display?** TechTarget – WhatIs, 2 nov. 2022. Disponível em: <<https://www.techtarget.com/whatis/definition/display>>. Acesso em: 29 ago. 2025.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO VERSÃO ONLINE

1. Idade

- ☐ 18 a 30 anos
- ☐ 31 a 40 anos
- ☐ 41 a 50 anos
- ☐ 51 a 60 anos
- ☐ >60 anos

2. Sexo

- ☐ Masculino
- ☐ Feminino

3. Qual é a sua formação

- ☐ Ensino superior completo em ciências aeronáuticas/pilotagem profissional de aeronaves/aviação civil.
- ☐ Ensino superior completo em outra área.
- ☐ Ensino superior incompleto em ciências aeronáuticas / pilotagem profissional de aeronaves / aviação civil.
- ☐ Ensino superior incompleto em outra área.
- ☐ Ensino médio.

4. Qual o nome do aeroclube ou universidade que você estudou ou estuda?

5. Quais provas da ANAC você já fez ou está se preparando para fazer em breve?

- ☐ Piloto privado
- ☐ Piloto comercial
- ☐ Piloto de linha aérea
- ☐ instrutor de voo

6. Você já utilizou algum simulado para se preparar para a prova da ANAC?

- ☐ Sim
- ☐ Não

7. Se sim, acredita que as questões apresentadas na ANAC são semelhantes as do simulado?

- ☐ Sim
- ☐ Não

8. Você foi aprovado na prova da ANAC estudando somente por conteúdo de simulados?

- ☐ Sim
- ☐ Não

9. Você acredita que somente o simulado te ajudou a passar na prova da ANAC?

- ☐ Sim
- ☐ Não

10. Você considera que fazer muito simulado e memorizar as questões fazem passar na prova da ANAC?

☐ Sim

☐ Não

11. Se sim, você acha que memorizar as questões dos simulados é a melhor estratégia de estudo para ser aprovado na prova da ANAC?

☐ Sim

☐ Não

12. Você estudou para a prova da ANAC memorizando questões dos simulados alguma vez?

☐ Sim

☐ Não

13. Você utilizou em mais de uma prova da ANAC a estratégia de memorizar questões?

☐ Sim

☐ Não

14. Se sim, em quantas provas foram?

☐ Uma

☐ Duas

☐ Três

☐ Quatro ou mais.

15. Você já memorizou a resposta certa de uma ou mais questões mesmo sem compreendê-la?

☐ Sim

☐ Não

Caso seja do seu interesse, deixe aqui seu e-mail de contato para poder receber o resultado dessa pesquisa em forma de artigo científico.
