PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS

ESCOLA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA COMPUTAÇÃO

CURSO DE CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AVIAÇÃO DE MÉDIO E PEQUENO PORTES E A SUA CONTRIBIÇÃO PARA SEGURANÇA DE VOO**

GOIÂNIA

2021

IDLOM FERNANDO DOS REIS ALMEIDA

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AVIAÇÃO DE MÉDIO E PEQUENO PORTES E A SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A SEURANÇA DE VOO**

Artigo Científico apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás como exigência parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Professora Orientadora: Esp. Tammyse Araújo da Silva.

GOIÂNIA

2021

IDLOM FERNANDO DOS REIS ALMEIDA

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AVIAÇÃO DE MÉDIO E PEQUENO PORTES E A SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A SEURANÇA DE VOO**

GOIÂNIA-GO, 4/6/2021.

BANCA EXAMINADORA

Esp. Tammyse Araújo da Silva \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ CAER/PUC-GO\_\_\_\_\_\_\_\_ Assinatura Nota

Dra. Nagi Hanna Salm Costa \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ CAER/PUC-GO \_\_\_\_\_\_\_ Assinatura Nota

Esp. Andreluiz da Silva Fernandes \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ CAER/PUC-GO \_\_\_\_\_\_\_ Assinatura Nota

**O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA À AVIAÇÃO DE MÉDIO E PEQUENO PORTES E A SUA CONTRIBIÇÃO PARA SEGURANÇA DE VOO**

Idlom Fernando dos Reis Almeida[[1]](#footnote-1)

Tammyse Araújo da Silva[[2]](#footnote-2)

**RESUMO**

Com a evolução da sociedade, ciência, mercado e indústria passam a ter a necessidade de avançar constantemente para atender às demandas da contemporaneidade, especialmente as relacionadas a segurança e conforto. Desta evolução, surgiu a Inteligência Artificial (IA), como um ramo da ciência da computação, possibilitando computadores pensarem e se comportarem de forma inteligente, com aplicação em diversas áreas, como Medicina, Zootecnia, Aviação e outras. Sua utilização em aviões foi destinada inicialmente às aeronaves de grande porte, cujo emprego transformou a cabine de comando em *glass cockpit,* entre outras transformações. A IA nestes aviões melhorou a interação do homem com a máquina, facilitando o trabalho dos pilotos durantes os voos e ajudando companhias aéreas, na medida em que melhor administra o tempo das operações. Partindo desta realidade, a pesquisa objetiva verificar o nível de aplicabilidade de IA nas aeronaves de menor porte, em especial no transporte aéreo regional. Para tanto, adotou-se uma metodologia de natureza básica, com objetivos descritivos e abordagem qualitativa, ancorada em procedimentos documentais e bibliográficos. Assim, a partir dos materiais pesquisados, constatou-se que aeronaves como o ATR 72-600 e o ATR 42-600S (utilizadas para transporte aéreo regional), bem como o Cessna C172 e o Cirrus SR20/22 (empregadas na aviação de menor porte) são dotadas de IA com tecnologia *glass cockpit*, elevando a interface homem-máquina, o que traz ganhos irrefutáveis para a segurança, o conforto e a eficiência. Quanto aos aviões de pequeno porte, verificou-se ainda que no Brasil há o registro (até maio de 2021) de 435 aeronaves Cirrus SR20/20 no RAB, o que aponta para um interesse do setor neste tipo de tecnologia. Em virtude disso, muitas aeronaves têm sido desenvolvidas com vistas ao crescimento desse mercado, como as *Amazon*, *Inpaer New Conquest* e outras. Assim, é possível concluir a IA está sendo utilizada não apenas nas aeronaves de maior porte da aviação regular, mas em outros segmentos, cuja demanda é por aviões menores, os quais estão adotando o *glass cockpit* e evoluído em termos de tecnologia aplicada ao melhoramento da interface homem-máquina. Por fim, recomenda-se com este estudo que pilotos em início de carreira, se familiarizem, na medida do possível, com estes tipos de aeronaves, pois, caso desejem ingressar nas grandes companhias aéreas, já terão desenvolvido habilidades e competências para o gerenciamento de aeronaves *glass cockpit*.

**Palavras-chave:** Aeronaves de Pequeno Porte; Tecnologias; Inteligência Artificial; *Glass Cockpit.*

***ABSTRACT***

*With the society evolution, science, market and industry begin to have the need of developing constantly in order to meet the demands of contemporary times, especially those focused on safety and comfort. From this evolution, Artificial Intelligence (AI) emerged as a branch of computer science, enabling computers to think and behave intelligently, with application in several areas, such as Medicine, Zootechnics, Aviation and others. Its use in airplanes was initially intended for large aircraft, whose application transformed the control cabin into a glass cockpit, among other transformations. The AI ​​in these planes improved the interaction between man and the machine, making easy the pilots' work during the flights and helping airlines, in the sense of better operation time management. Starting from this reality, the research aims to verify the level of applicability of AI in smaller aircraft, especially in regional air transport. Therefore, a basic methodology was adopted, with descriptive objectives and a qualitative approach, anchored in documentary and bibliographic procedures. Thus, from the researched materials, it was found that aircrafts such as the ATR 72-600 and ATR 42-600S (used for regional air transportation), as well as the Cessna C172 and Cirrus SR20 / 22 (used in small air transportation) are equipped with AI with glass cockpit technology, elevating the human-machine interface, which brings irrefutable gains for safety, comfort and efficiency. As for small planes, it was also found that in Brazil there are 435 Cirrus SR20 / 20 aircraft registered in the RAB (until May 2021), which points out to an interest of the sector in this kind of technology. Due to this, many aircraft have been developed with a view to the growth of this market, such as the Amazon, Inpaer New Conquest and others. Thus, it is possible to conclude that the AI has being used not only in the larger aircraft of regular aviation, but in other segments, whose demand is for smaller planes, which are adopting the glass cockpit and have evolved in terms of technology applied to the improvement of the man-machine interface. Finally, it is recommended that pilots at the beginning of their careers become familiar, as far as possible, with these types of aircraft, because if they intend to join major airlines, they will have already developed skills and competencies for glass cockpit aircrafts management.*

***Keywords:*** *Small-Sized Aircraft; Technologies; Artificial intelligence; Glass Cockpit.*

# **INTRODUÇÃO**

O processo evolutivo parece natural ao ser humano, que busca constantemente ferramentas capazes de tornar seu cotidiano mais confortável e eficiente, e a tecnologia pode ser a ferramenta que auxilia nesta evolução, uma vez que em praticamente todos os segmentos da sociedade, a evolução tecnológica é aplicável. A aviação e os aviões são fortes exemplos de superação e transformação com o uso dos avanços tecnológicos que não só modificaram a máquina como o homem que a opera.

Assim, diante desta evolução nas aeronaves, as de grande porte que operam o transporte aéreo regular, cujo sistema é complexo, passaram a embarcar um tipo de tecnologia que inclui a Inteligência Artificial (IA) com a finalidade de elevar a segurança de suas operações. Se o objetivo do incremento tecnológico é aumentar os parâmetros de segurança na atividade aérea, é provável que mesmo em aeronaves de menor porte esta tecnologia também seja eficiente.

À vista disto, o estudo tem como objetivo identificar o uso da IA e dos demais aparelhos tecnológicos que dela fazem parte na aviação considerada de pequeno porte. Ademais, a pesquisa busca, como objetivos secundários, compreender a IA e seus níveis, conhecer a aplicabilidade desse tipo de tecnologia, abordar os tipos de aviação que as aeronaves de médio e pequeno portes estão inseridas e verificar se a IA abrange aviões menores e em que nível isso ocorre.

Para o alcance dos objetivos proposto, é preciso traçar um método que estruture as ideias apresentadas. Assim, este estudo adota uma metodologia de natureza básica, com objetivos descritivos e abordagem qualitativa, pautando-se em procedimentos documentais e bibliográficos. Desta forma, apoia-se em autores como Silva e Santos, Gusmão, Rodríguez, Castro, Scariot e Dvorsky, para dar suporte às teorias defendidas, bem como na Agência de Aviação Civil (ANAC) e em sites oficiais das aeronaves pesquisadas.

A partir desta metodologia foi possível construir a pesquisa, estruturando-a em três seções com sete subpartes. A primeira discorre sobre Inteligência Artificial, considerando seus conceitos e características e sua utilização em sistemas complexos e na aviação. A segunda estuda a aviação de pequeno porte, suas tecnologias e a IA nela empregada. Por fim, as considerações finais são traçadas.

Com base neste estudo, pretende-se verificar a aplicação da IA nas aeronaves de médio e pequeno portes, com o intuito de ressaltar os benefícios que tal tecnologia pode incorporar ao transporte aéreo não regular em termos de segurança e confiabilidade.

# **1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

## **Inteligência artificial: conceitos e características**

 Lobo (2017) considera que a criação do computador ampliou a dimensão do homem, aumentando sua capacidade de calcular e armazenar grandes volumes de informação em nanosegundos. Com os anos, segundo o autor, ampliaram-se a memória dos computadores e o tempo de recuperação de uma informação, possibilitando o surgimento de redes que interligam computadores, tendo como resultado a comunicação rápida entre pessoas.

 Pires e Silva (2017) afirmam que a programação de computadores se resumia ao processo de descrever, detalhadamente, todas as etapas necessárias para que estes realizassem determinada tarefa e alcançassem um objetivo específico. Na visão dos autores, esse processo passa por uma sequência de instruções que dizem a um computador o que fazer a partir de um algoritmo, isto é, ele não realiza tarefas sem um algoritmo específico.

 A partir da década de 1950, o desenvolvimento dos computadores teve como uma de suas intenções a eventualidade de que eles proporcionassem, efetivamente, o surgimento de alguma espécie de inteligência. Até que, em 1956, em uma conferência sobre o tema realizada na faculdade Dartmouth (USA), tal inteligência recebeu uma espécie de “certidão de nascimento”, tendo os cientistas debatedores do evento atestado a sua viabilidade. A partir da década de 1960, o tema começou a ser objeto de ampla discussão quando se propôs a utilização de linguagem natural para a comunicação com computadores. Os marcos desta proposta foram o programa ELIZA[[3]](#footnote-3), implementado e teorizado por Joseph Wiezenbaum (1976), e a introdução dos chamados ‘sistemas especialistas’, estruturados na década de 1970 (DONEDA et al., 2018).

 Nesta linha, Gomes (2010) entende a IA como um ramo da Ciência da Computação cujo interesse é fazer com que os computadores pensem ou se comportem de forma inteligente. O autor destaca que, por ser um tópico amplo, a IA também está relacionada a outras áreas da ciência, como a Psicologia, Biologia, Lógica matemática, Linguística, Engenharia, Filosofia, entre outras.

 A expressão “Inteligência Artificial” é associada ao desenvolvimento de sistemas especialistas que, baseados em conhecimentos construídos principalmente com regras que reproduzem os saberes do perito, são utilizados para solucionar determinados problemas em domínios específicos. Com base nisso, a ciência da informação e muitas outras áreas podem encontrar nesses sistemas eficientes ferramentas para o gerenciamento da informação, disponibilizando, assim, suporte à tomada de decisão (MENDES, 1997).

 Gomes (2010) frisa que a IA é uma ciência relativamente nova, com início após a Segunda Guerra Mundial, abrangendo uma variedade de subcampos, desde áreas de uso geral, como aprendizado e percepção, até tarefas específicas, como jogos de xadrez, demonstração de teoremas matemáticos, criação de poesia e diagnóstico de doenças. A IA sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual humana.

 Mendes (1997) destaca que, entre outras vantagens advindas do uso de um sistema inteligente como a IA, se tem a total facilidade no treinamento para o uso do sistema, bem como a rapidez na obtenção de sugestões voltadas à resolução dos problemas a ele submetidos.

 Assim, é preciso salientar que a IA, como sistema, possibilita a automatização da tomada de decisão em diversas situações complexas, executando tarefas como se fossem ações humanas, derivadas da inteligência, a ponto de suas diversas manifestações serem denominadas como realizações de uma inteligência artificial. Assim, os computadores passaram a ser vistos não somente como dispositivos destinados a fazer cálculos, sistematizações ou classificações, mas também, em algum grau, algo passível de ser comparado às ações humanas autônomas (DONEDA et al., 2018).

 Para Nunes e Marques (2018), o uso de sistemas de IA é crescente nos mais diversos ramos em razão do aumento da eficiência e da precisão dos serviços por eles proporcionados. Segundo os autores, dentre as vantagens do uso de tal tecnologia, destacam-se maior rapidez, precisão e qualidade na realização de trabalhos fatigantes e repetitivos. Pires e Silva (2017) reforçam que os programas de computador vêm adquirindo a capacidade de atuar de forma totalmente autônoma, ou seja, deixam o status de ferramenta e passam a desempenhar ações independentes de uma direção ou instrução específica determinada por um ser humano, mediante o uso da tecnologia IA.

## **A Inteligência Artificial e os sistemas complexos**

 Um sistema complexo é uma classe especial de sistema. Um sistema, por sua vez, é um conjunto de partes chamadas de elementos e um conjunto de conexões entre estas partes, conhecido como relações. Se por meio das relações as partes são ordenadas de uma forma específica, elas irão funcionar como um conjunto que, ao trabalharem juntas, resultam em um padrão global de organização capaz de funcionar como um todo coerente, por exemplo, o carro e o corpo humano (EMERGIR CO, 2018).

 Os sistemas complexos, portanto, se compõem de muitos elementos que interagem em vários níveis diferentes, com outros sistemas em seu ambiente, resultando em novos padrões de organização e em novos níveis, de modo a desenvolver uma estrutura hierárquica; assim, o conjunto de partes se transforma em redes de conexões que carecem de adaptações constantes. A título de exemplo, tem-se uma empresa, que é parte de uma economia local que, por sua vez, integra a economia nacional que está inserida na economia global. Cada um desses elementos é interligado e interdependente e não pode ser reduzido a apenas um nível. O sistema complexo, assim, não é linear, ou seja, a inclusão de novos elementos pode gerar um efeito combinado maior ou menor que a soma simples de cada parte (EMERGIR CO, 2018).

 Para Motter (2007), existem diferentes abordagens sobre a complexidade; de todo modo, ele considera que um sistema complexo é um sistema no qual é difícil, senão impossível, de se reduzir o número de parâmetros ou das variáveis características, sem perder suas propriedades funcionais globais essenciais.

 Silva e Santos (2020) distinguem 3 tipos de Inteligência Artificial atuando nos sistemas complexos: limitada, geral e superinteligência. A Inteligência Artificial Limitada ou *Artificial Narrow Intelligence* (ANI) é a mais básica, que se especializa em apenas uma área específica e oferece alta capacidade de processamento de dados complexos. Já a Inteligência Artificial Geral ou *Artificial General Intelligence* (AGI), também conhecida como *Human Level,* possui diversas habilidades, podendo chegar ao mesmo nível de conhecimento de um ser humano. Por fim, a Superinteligência ou *Artificial Superintelligence* (ASI) é a IA que supera o ser humano em todas as áreas, incluindo a criatividade científica, habilidades sociais e conhecimentos gerais.

Com efeito, a utilização de IA vem crescendo em diversos segmentos. No caso da Medicina, Mukherjee (2010) relata a experiência de Sebastian Thrun, da Universidade de Stanford, que armazena, em uma rede neural de computação, 130 mil imagens de lesões da pele classificadas por dermatologistas. O sistema usa algoritmos que reconhecem imagens e suas características (*pattern recognition*). Thrun e sua equipe começaram a validar o sistema usando um conjunto de 14 mil imagens que haviam sido diagnosticadas por dermatologistas, solicitando que o sistema reconhecesse três tipos de lesão: benignas, malignas e crescimentos não cancerosos. O sistema acertou 72% das vezes, ao passo que o acerto de dermatologistas qualificados foi de 66%. A experiência de Thrun foi ampliada para incluir 25 dermatologistas e uma amostra de 2 mil casos biopsiados. A máquina continuou sendo mais acurada.

A evolução do IA também chegou ao setor de energia e tem sido aplicada em diversas áreas dos sistemas elétricos das usinas hidrelétricas, entre elas, as de proteção, controle e supervisão, alarme, segurança, previsões e planejamentos (JONGEPIER, 1996; MADAN; BOLLINGER, 1997; ALANDER, 2001).

No cenário da aviação, Celestino, Marqueze e Bucher-Maluschke (2015) reforçam que mudanças tecnológicas têm aumentado a complexidade das interações entre os diversos atores do sistema de aviação civil, com impactos mais relevantes para os pilotos. Isto porque, segundo os autores, as competências de pilotos da aviação civil são heterogêneas e variam conforme o contexto, havendo diferenças de traços de personalidade e de habilidades cognitivas tradicionais, além da competência social, que abrange interações sistêmicas entre características individuais e demandas sociais e situacionais. Piqueira e Oliveira (2017) complementam que o setor aeronáutico é caracterizado, ainda, pela elevada complexidade de desenvolvimento de projetos e integração de sistemas.

Nesta linha, Oliveira (2009) considera que o caráter dinâmico e as ações temporais são características dos sistemas que têm incidência direta sobre a complexidade tendo, como exemplo, o sistema de controle de tráfego aéreo, em que os operadores obtêm dados do estado atual do espaço aéreo, entre outras coisas, a partir de uma tela de radar. No entanto, as soluções são tomadas de acordo com as características contextuais, que estão em constantes mudanças.

* 1. **Inteligência Artificial e sua aplicação na Aviação Civil**

Do ponto de vista de Rossi (2018), as tecnologias se tornaram fatores preponderantes para a evolução humana acontecer. Na perspectiva de Mendes (2014), quando se faz referência a sistemas inteligentes, para que tudo ocorra de forma acertada é preciso ter qualidade; esta depende de dados (algoritmos) utilizados como conhecimento para solucionar uma questão específica e das tecnologias que os recebem. Isto porque, na ausência de dados de qualidade e confiáveis, os sistemas não desenvolverão suas tarefas como esperado.

Na aviação não é diferente. Os impactos ambientais causados pelo setor, as falhas mecânicas, os erros humanos, os acidentes e os incidentes se tornaram fatores preponderantes para o desenvolvimento de novas tecnologias que sanem problemas repetitivos na aviação (HESPANHOL, 2016). Considerando este cenário, segundo Rossi (2018), a aviação foi um dos setores que mais cresceu em termos tecnológicos, pois, além de possuir sistemas inovadores e computacionais, é dotada de IA em todas essas redes, transformando-se em um sistema autônomo, com a mesma capacidade de um cérebro humano. A IA, assim, tornou-se primordial no auxílio às operações aéreas, pois facilita e simplifica o uso do sistema de transporte aéreo tanto para os profissionais quanto para os consumidores[[4]](#footnote-4) (clientes) (SILVA, 2020).

O foco principal da Inteligência Artificial na aviação, contudo, é a segurança das operações aéreas, desempenhando papel fundamental em áreas como a do controle de tráfego aéreo, como já mencionado, uma das atividades mais importantes, cansativas e estressantes da aviação. Dito de outro modo, o uso da IA na atividade auxilia na organização das aeronaves, apresentando no radar para os controladores, de forma simplificada, posição da aeronave, rumo, altitude, velocidade, informações de subida, descida e nivelamento, além de avisos sonoros em caso de aproximações de aeronaves em rota de colisão (SILVA, 2020).

Melhorias advindas da IA utilizada para elevar a segurança das operações aéreas vêm ganhando força com o incremento de novas tecnologias, a exemplo do *Traffic Collision Avoidance System* (TCAS), um sistema de anticolisão equipado em aeronaves. A função do TCAS é evitar colisões em voo, utilizando, para tanto, autonomia de percepção de outras aeronaves, comunicação automática com o Controle de Tráfego Aéreo (ATC) e o *transponder* da aeronave. Desse modo, o TCAS e o *transponder* atuam em conjunto, analisando informações de altitude das aeronaves envolvidas (RODRÍGUEZ, 2014).

O que se verifica com os exemplos apresentados é que os sistemas autônomos e inteligentes permitem elevar a segurança das operações aéreas em um nível superior ao experimentado no passado. A IA se mostrou tão eficaz na indústria da aviação que, por meio dessa tecnologia, é gerada maior confiança nos pilotos, passageiros e em todos que fazem parte das operações (HESPANHOL, 2016).

Cabe registrar que, uma vez que a IA já é uma realidade nas modernas aeronaves sob a forma de automação, a capacidade humana dos pilotos em lidar com essa inovação vem se tornando cada vez mais necessária, o que demanda qualificação e treinamento constantes e adequados dos pilotos para a melhor interação com as avançadas tecnologias empregadas nas aeronaves automatizadas (ROHRSETZER et al*,.* 2017).

# **2 AVIAÇÃO DE PEQUENO PORTE E USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SEGMENTO REGIONAL**

## **Esquema organizacional da Aviação Regional[[5]](#footnote-5)**

O conceito da aviação regional é complexo e sujeito a diversas definições. A primeira baseia-se na concepção de companhia aérea, tendo como critério faturamento, capacidade ou densidade de tráfego. A segunda ideia remete aos aspectos da aeronave, tamanho e número de assentos, este último computado em menos de 100 na aviação regional. Considera-se ainda, embora menos frequente, o tipo de tecnologia embarcada na aeronave (hélice, turbina, turbo-hélice). Por fim, pode definir-se com base nos aeroportos, considerando a população da cidade ou região metropolitana onde eles se localizam e a densidade de tráfego (OLIVEIRA; SILVA, 2008;LEURQUIN; AVELAR, 2016).

Independentemente do conceito estabelecido, segundo Nakayama (2011), a aviação regional apresentou um significado mais relevante no Brasil somente a partir de 1975, com a criação do Sistema Integrado de Transporte Aéreo Regional (SITAR). Essa relevância se deu pela crise na aviação comercial brasileira entre as décadas de 1960 e 1970, complementa a autora.

Assim como a aviação comercial em geral, o transporte aéreo regional está sujeito a custos fixos e variáveis. Todavia, devido as suas características, utilização de aeronaves de médio porte e menor etapa média de voo, as companhias aéreas regionais estão mais sensíveis aos custos fixos em relação, em especial, a dois parâmetros: o número de passageiros transportados por voo e a distância voada[[6]](#footnote-6). Como na contabilidade aeronáutica se utiliza a medida passageiro-quilômetro, percebe-se que as empresas regionais possuem desvantagens para ratear custos fixos por passageiros e por quilômetro voado (NAKAYAMA, 2011).

Em termos de tecnologia, a aviação regional é bem similar à aviação de baixo custo e convencional; do mesmo modo, a combinação de insumos é bastante semelhante em relação a aviões, combustível utilizado, tripulação técnica e suporte. Além disso, aeródromos devem ser combinados de modo que haja a produção de assentos-quilômetros (NAKAYAMA, 2011).

Caves, Christensen e Tretheway (1984) ressaltaram o importante papel das economias de densidade[[7]](#footnote-7) na definição da aviação regional. A densidade da malha aérea de uma companhia é uma importante fonte de eficiência na indústria de transporte aéreo, notadamente no segmento regional, pois os elementos de economia de densidade são mais críticos, já que as malhas neste segmento são tipicamente menos concentradas.

Os mesmos autores (1984) e Silveira (2003) encontraram evidências de que a desvantagem de custos da aviação regional está mais relacionada às características operacionais do que ao tamanho absoluto das empresas. Duas características operacionais relevantes para esta diferença são o tipo de aeronave, usualmente de pequena capacidade, mas operando com densidade relativamente baixa, e a etapa média dos voos.

Enquanto o transporte aéreo tem grande importância para a eficiência da economia nacional, a aviação regional pode ser ainda mais importante para um grande número de cidades e de regiões do país. Em muitos casos, a presença de uma ligação aérea regular pode fazer a diferença entre o isolamento territorial e a inclusão do território em um eixo de desenvolvimento econômico (TUROLLA; LIMA; OHIRA, 2011).

A partir dessas necessidades, as empresas aéreas encontraram um nicho de mercado promissor, os voos regionais, tendo como estratégia alcançar cidades e comunidades menores e conectando à malha de voos domésticos.

Quando se fala da aviação de pequeno porte, Agmont e Burgos (2018) inferem que o Brasil possui uma das maiores frotas de aeronaves do mundo, devido à sua dimensão continental e quantidade de aeródromos. Em função da precariedade e da falta de estrutura, mais de 90% desses aeródromos não operam aviões comerciais e, assim, a aviação de pequeno porte ocupa um lugar significativo nessas operações.

## **Evolução das tecnologias aplicáveis na aviação de pequeno porte**

Para Castro (2019), os avanços tecnológicos são consequências da natureza do ser humano de sempre querer evoluir, estando em constante busca por processos e ferramentas mais seguras, confortáveis e eficientes no dia a dia. Com os aviões, essa temática ganha ainda mais expressão, sendo a aviação palco de avanços significativos nas tecnologias de voo que englobam desde as partes mecânica e elétrica (como motores, freios, sensores, painéis etc.) das aeronaves até os aspectos de *design*, que influenciam sua aerodinâmica e eficiência energética, complementa o autor.

O autor ainda pontua que desde o início da utilização de aeronaves estas passaram a receber tecnologias e mudanças que tendem a melhorar não só a eficiência, como também – e, em especial – a segurança das suas operações em escala global, com o objetivo de reduzir cada vez mais, ou até eliminar, ocorrências, incidentes e acidentes aeronáuticos.

Assim, a tecnologia digital na aviação evoluiu culminando na criação do *glass cockpit[[8]](#footnote-8)*, embarcado inicialmente em aeronaves de grande porte devido à necessidade da melhoria da segurança operacional. Por certo, as aeronaves estavam ficando maiores, carregando mais passageiros e mais carga e, desse modo, a responsabilidade também aumentara, fazendo-se necessário um incremento nos sistemas de navegação e operação, principalmente em aeronaves a reação (TOMAZZONI, 2019).

Na segunda metade da década de 1990, com o avanço da eletrônica, que passaria a ser responsável por boa parte das inovações, a aviação comercial buscava tornar-se ainda mais eficiente, reduzindo consideravelmente os custos. Se antes as inovações provinham especialmente de programas militares e espaciais, a partir daquele momento os fabricantes privados de processadores, televisores, telefonia e *softwares* se tornavam o berço de novidades cada vez mais poderosas. Isso levou a indústria aeronáutica a um novo cenário: o da integração de sistemas. As mudanças permitiriam não apenas reduzir custos, como também aumentar a segurança de voo ao tornar as cabines mais simples.

Com o sucesso da tecnologia *glass cockpit* e da rápida implantação dos sistemas digitais em praticamente todas as novas aeronaves que saíam de fábrica após o advento do Airbus A320, viu-se, no início dos anos 2000, um grande mercado que poderia ser beneficiado com toda a inovação que representara uma melhora na segurança operacional das aeronaves. Implementa-se, então, a tecnologia *glass cockpit* nas aeronaves de pequeno porte, tendência que se espalhou em diversos setores da aviação, abarcando aeronaves de instrução, executivas e da aviação geral (TOMAZZONI, 2019). Entre 2000 e 2010, as cabines de aeronaves executivas deixaram de contar com pequenos mostradores digitais para serem completamente integradas em complexas suítes de aviônica (SOUZA, 2017).

Em meio a toda essa evolução, são necessários meios de prevenções a acidentes, por mais que as aeronaves sejam desenvolvidas de forma segura. Ao se pensar em segurança operacional, comumente remete-se às operações de aeronaves de grande porte, em que a padronização de procedimentos e instrução aliada a uma equipe especializada em segurança de voo torna este tipo de operação o meio de transporte mais seguro do mundo. No entanto, em aviões de pequeno porte, a segurança operacional igualmente exerce importantíssimo papel, com o objetivo de reduzir as ocorrências de acidentes a níveis baixíssimos ou aceitáveis (SCARIOT, 2020).

Nesse sentido, o Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO) cumpre importante papel ao fazer a devida análise das ocorrências e a manutenção dos meios de prevenção. Com efeito, o SGSO no Brasil possui o compromisso de garantir que a aviação brasileira, principalmente a de aviões de pequeno porte, se mantenha com índices de acidentes no menor patamar possível, com processos e procedimentos que padronizam ações que possam vir a comprometer a segurança de voo, abrangendo todas as atividades de uma organização, de modo a implementar uma cultura de segurança operacional para todos os profissionais envolvidos (SCARIOT, 2020).

Cabe ressaltar que diante desse cenário de evolução tecnológica, o voo passou a ser considerado mais um ato de gerenciamento de sistemas do que um processo manual (AIRCRAFT OWNERS AND PILOTS ASSOCIATION, 2007). Percebe-se, então, que houve notória diminuição na utilização das habilidades motoras e considerável aumento das habilidades cognitivas na realização de operações aéreas (HOLLNAGEL; WOODS, 2005).

**2.3 A inteligência artificial utilizada na aviação de pequeno porte: panorama**

Algumas indústrias de aviação civil promovem testes e buscam desenvolver aeronaves 100% autônomas, sem tripulação, pilotadas automaticamente, ou seja, sem um piloto sequer no *cockpit*. Os sistemas estão cada dia mais inteligentes e tendentes a substituir o humano em sua função. À vista disto, o ser humano é por muitos considerado o ponto mais sensível de uma operação aérea, pois é acometido de fadiga, erro, emoções, sentimentos, levando à imprevisibilidade em razão da instabilidade de seu estado psicológico. Comparado a uma máquina inteligente, todo esse envolvimento psicológico não existiria, pois a máquina não estaria sujeita a tais intempéries emocionais Entretanto, sabe-se que a máquina também pode falhar, cometer erros, tal qual um humano, já que foi por este programada (DVORSKY, 2015).

Isso considerado, a necessidade de inovações tecnológicas nas aeronaves é pensada de forma contínua, até que possa ser desenvolvida a plenitude da inteligência artificial destas máquinas. Este aprimoramento tecnológico é bem percebido no Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), conhecido popularmente como drone, projetado para operar remotamente. Os VANTs são pequenas aeronaves que podem ter finalidades recreativas e ou não, cujos requisitos operacionais são estação de pilotagem, equipamentos de apoio (para uso não recreativo) e capacidade de se integrar e interagir com o ambiente de gerenciamento de tráfego aéreo (ATM) (PECHARROMÁN; VEIGA, 2018).

Aeronaves tripuladas, como já visto, também incorporam a IA em sua tecnologia. Castro (2019) destaca que, além dos instrumentos de voo, os componentes para piloto automático, comunicação, navegação e demais sistemas da aeronave foram integrados em *displays* *glass cockpit* para proporcionar melhor gerenciamento de voo, evitar *Controlled Flight Into Terrain* (CFIT)[[9]](#footnote-9) e conflito de tráfego, obter uma visão sintética e proporcionar capacidade de recuperação em uma desorientação espacial. O autor considera que pilotos automáticos e sistemas de posicionamento global (GPS), em particular, tornaram-se componentes padrões nos sistemas aviônicos de aeronaves de pequeno porte.

De acordo com Campos (2018), cabines de comando de aviões de pequeno porte com *glass cockpit* são capazes de proporcionar maior segurança no voo quando o piloto é bem treinado para seu uso. O aumento da segurança pode ser justificado pelo maior número de informações disponíveis ao piloto, o que eleva a sua consciência situacional e dá suporte para a tomada de decisão.

Com os avanços, a *glass cockpit* passou a integrar alguns aviões de médio e pequeno porte, a exemplo dos ATR 72-600, ATR 42-600S, Cessna C172 e do Cirrus SR20/22. A fabricante dos ATR 72-600 (ATR, 2021a) e ATR 42-600S (ATR, 2021b) considera que a tecnologia empregada na *glass cockpit* dessas aeronaves oferece um ambiente de trabalho abrangente e ergonômico aos pilotos para operações seguras e eficientes, de modo a elevar as interfaces homem-máquina, oferecendo alto nível de conforto e ganhos de eficiência. Além disso, as funções de navegação, comunicação e vigilância são integradas em uma arquitetura aviônica modular, apontando para futuras tecnologias voltadas para funcionalidades de *software* e *hardware*.

Já o Cessna C172 pode ser configurado tanto para sistemas analógicos quanto para a digital *glass cockpit*. A versão mais tecnológica desta aeronave é o C172 *Skyhawk*, com um motor de *180 Horse Power* (HP) de potência e capacidade para transportar três passageiros e o piloto (TOMAZZONI, 2019).

O Cessna C208 Caravan, vulgarmente conhecido como o “Jipe dos ares”, devido à sua versatilidade operacional, é um avião monomotor amplamente usado no Brasil. Suas características se encaixam muito bem para as empresas que fazem operações de carga, aeromédica, passageiro, paraquedismo, transporte de valores, entre outras (VINHOLES, 2015).

Outra aeronave expoente desta categoria é o Cirrus SR20/22. De acordo com dados do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB), em maio de 2021, havia 435 aeronaves modelo Cirrus SR20/22 em situação de aeronavegabilidade no Brasil. Esta aeronave utiliza painéis digitais, sendo 100% da frota composta por esses equipamentos, e é capaz de operar em pistas mais curtas, transportando quatro pessoas com conforto e agilidade (ANAC, 2021).

Além do Cessna C172 e do Cirrus SR20/22, há outras aeronaves de similar tecnologia com potencial para operar no Brasil ou em mercados internacionais de pequeno porte. O Quadro 1 a seguir identifica as principais aeronaves dotadas do tipo Inteligência Artificial Geral, pois podem modificar rumo, altitude, pousar, decolar, entre outras ações.

**Quadro 1** – **Principais aeronaves *glass cockpit* de pequeno porte**

|  |  |
| --- | --- |
| **Modelo** | **Características** |
| *Amazon*  | Pequeno monomotor de asa alta que obedece às normas da *American Society for Testing and Materials* (ASTM) determinadas para a construção de um *Light Sport Aircraft* (LSA). Em sua nova versão, com a instalação de *glass cockpit*, ganhou o GPS Aera795 e indicador duplo de *Exhaust Gas Temperature* (EGT). |
| Bravo 700 | Aeronave experimental da categoria ultraleve avançado de dois lugares, monomotora, asa alta, com projeto inspirado no avião Zenair CH-701 STOL, e *cockpit* equipado com GPS. |
| Aeronave da Flyer (Kolb Flyer SS) | Aeronave de categoria ultraleve triciclo. Seu *cockpit* pode configurado a gosto do cliente, inserindo interfaces digitais com GPS e sistemas de *design* em 3D.  |
| *Inpaer New Conquest* | Aeronave configurada com um suíte de aviônicos Garmin G3X, equipado com duas telas *touch screen* de 10 polegadas. |
| *Paradise P1* | Aeronave tipo ultraleve avançado com dois assentos. O *cockpit* está equipado com uma tela *Dynon Skyview*; possui um piloto automático e navegador portátil. |
| Super Petrel LS | Biplano anfíbio com dois assentos, projetado e construído no Brasil. Possui um *cockpit* com GPS. |
| *Dynamic* WT9 | Aeronave que apresenta *cockpit* dotado de duas telas da linha *SkyView*, controle do piloto automático e um GPS ao centro. |

Fontes: adaptado de Corrêa Filho et al. (2016); Barros (2013); Dippólito (2015) JFJ Escola de Aviação (2012); Rosas (2015); Scoda (2014); Ubiratan (2019); Viana (2015).

Conforme verificado, as aeronaves apresentadas no Quadro 1 dispõem de Inteligência Artificial em menor ou médio grau (tipo Limitada ou Geral). Como exemplo desta tecnologia, citam-se a função aprimorada e as capacidades de informação dos *displays,* que representam uma mudança significativa e uma potencial melhora no monitoramento das informações pelos pilotos da aviação de pequeno porte. Piloto automático, navegação e comunicação foram outros componentes integrados nesses *displays,* tornando-se componentes padrões nos sistemas aviônicos das aeronaves de pequeno porte (CASTRO, 2019).

Tudo isso é resultado dos constantes avanços tecnológicos voltados para a indústria da aviação de menor porte e pode representar um ponto de partida para o comercialização desses aviões em maior escala, o que contribuirá para o incremento da aviação regional. Para Campos (2018), esse desenvolvimento é capaz de proporcionar mais segurança no voo, podendo ser justificada pelo incremento do número de informações que o piloto terá disponível, ampliando a consciência situacional do piloto.

Cabe frisar que os benefícios trazidos pela automação em aeronaves são inegáveis, sendo sua principal finalidade elevar o nível de segurança das operações aéreas. Por outro lado, a implementação de sistemas automáticos a bordo das aeronaves teoricamente leva o piloto à alta confiança na automação, induzindo-o à complacência, à perda de habilidade e à redução de consciência situacional (WISE, 2010 apud COSTA, 2020). Por isso, a adoção de aeronaves *glass cockpit* deve vir acompanhada de treinamento técnico e gerencial com alto nível de qualidade para que a automação não transforme em problema o que foi criado para dar soluções (BORGES, 2015).

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta pesquisa apresentou as principais características da Inteligência Artificial e como ela vem sendo empregada na aviação civil e em aeronaves, sobretudo nas de menor porte. Verificou-se que em sua evolução a IA é fruto de um processo natural que buscou em sistemas especialistas autônomos suporte para a tomada de decisão em vários segmentos da sociedade. Com o tempo e avanços, ela foi inserida em diversos sistemas complexos para mediar decisões a partir de uma rede de informações mais eficiente e com alto grau de conexão.

Foi demonstrado que a IA tem três tipos de níveis diferentes e que estes níveis possibilitam processamento de dados complexos (Limitado), similaridade ao conhecimento humano (Geral) e atingem a superação desse próprio conhecimento (Superinteligência). Entre estes, constatou-se que as aeronaves apresentadas na pesquisa são dotadas de IA do tipo Geral, pois podem efetuar ações autônomas capazes de decidir sobre rumo, altitude, pousos, decolagens etc. Estes modelos tecnológicos de aeronaves são conhecidos como *glass cockpit*. Tal tecnologia também possibilita ao piloto ter maior consciência situacional, já que a gama de dados a ele conectados e disponibilizados permitem a análise da situação e o seu gerenciamento a partir de informações confiáveis.

Outro ponto constatado na pesquisa é que as aeronaves *glass cockpit*, comuns no transporte aéreo regular ou de linha aérea, também são encontradas em aviões de porte médio ou menor, utilizados na aviação regional (como o ATR 72-600 e o ATR 42-600S) ou de menor porte (como o Cessna C172 e o Cirrus SR20/22). O estudo identificou que esses aviões menores dotados de IA têm conquistado espaço no cenário nacional, afinal, o número de aeronaves Cirrus registrado no RAB até maio de 2021 de chega a 435. Por isso, o desenvolvimento de aeronaves como a *Amazon* e a *Inpaer New Conquest* e outras demonstram o potencial deste mercado.

Por fim, confirma-se que a hipótese levantada na pesquisa sobre o uso de IA em aeronaves menores, de médio a pequeno porte, é constatada, sobretudo no que pertine às suas cabines, que se transformaram em *glass cockpit*, tal como as aeronaves utilizadas nas linhas aéreas de maior porte. À vista disto, recomenda-se, caso viável, que pilotos em início de carreira deem preferência por operarem estas aeronaves, por dois motivos: primeiro por razões de segurança e segundo para desenvolver habilidades e competências para gerenciar aeronaves com elevado nível tecnológico; assim, considera-se que estarão mais familiarizados com essas tecnologias, caso decidam concorrer a vagas na aviação regular, respeitando, obviamente, os requisitos mínimos de ingresso.

**REFERÊNCIAS**

AGMONT, G; BURGOS, C. **Conheça os pontos altos da aviação executiva**.

2018. Disponível em: <https://forbes.com.br/escolhas-do-editor/2018/11/conheca-os-pontos-altos-da-aviacao-executiva/>. Acesso em: 16 maio 2021.

AIRCRAFT OWNERS AND PILOTS ASSOCIATION – AOPA. **Technologically**

**advanced aircraft safety and training**. 2007. Disponível em: <http://download.aopa.org/asf/TAA2007.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

ALANDER, J. T. **An indexed bibliography of genetic algorithms in power engineering**. 2001. Disponível em: ftp.uwasa.fidirectorycs/report94-1filegaPowerbib.ps.Z94-Power. Acesso em: 20 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **RAB**: Registro aeronáutico brasileiro. 2021. Disponível em: <https://sistemas.anac.gov.br/aeronaves/cons_rab.asp#habilitacao>. Acesso em: 05 maio 2021.

ATR. **ATR 72-600**: the most fuel efficient regional aircraft. 2021a. Disponível em: <https://www.atr-aircraft.com/our-aircraft/atr-72-600/>. Acesso em: 29 abr. 2021.

\_\_\_\_\_\_. **ATR 42-600S (STOL)**: a shorter runway to wider horizons. 2021b. Disponível em: <https://www.atr-aircraft.com/our-aircraft/atr-42-600s-stol/>. Acesso em: 29 abr. 2021.

BARROS, J. F. A. **Fácil pilotagem com visão panorâmica**. 2013. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/facil-pilotagem-com-visao-panoramica_843.html>. Acesso em: 17 maio 2021.

BORGES, A. **A influência da automação nas operações das aeronaves comerciais**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Automação Industrial) –Engenharia de Automação Industrial, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Araxá, Minas Gerais. Disponível em: <http://www.eng-automacao.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/152/2018/01/TCC-VINICIUS-Vers%C3%A3o-Definitiva-EAI-2017.pdf>. Acesso em: 01 maio 2021.

CAMPOS, A. C. V. de. **Conhecimento geral das aeronaves** **(asas fixas).** Palhoça: UnisulVirtual, 2018.

CASTRO, C. S. de. **Displays eletrônicos em aeronaves de pequeno porte**. 2019. Monografia (Bacharel em Ciências Aeronáuticas) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, SC. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/8806/CLAUDIO_STECKER_DE_CASTRO-%5B57747-685-5-835159%5DTCC_CLAUDIO_CASTRO_-_CIENCIAS_AERONAUTICAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2021.

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; TRETHEWAY, M. W. Economics of Density Versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Service Airline Costs Differ. **Rand Journal of Economics**, vol. 15 (Winter 1984), pp. 471-489.

CELESTINO, V. R. R.; MARQUEZE, E. C.; BUCHER-MALUSCHKE, J. S.N. Fadiga em sistemas complexos: aplicação ao transporte aéreo regular de passageiros. **Revista Conexão Sipaer**, v. 6, n. 1, p. 18-28, 2015.

CORRÊA FILHO, S. L. S. et al*.* **Panorama do mercado e da produção nacional de aeronaves leves.** Aeronáutica BNDES Setorial 43, p. 209-255, 2016.

COSTA, L. N. **Como a relação entre o piloto e os sistemas automáticos influencia a segurança de voo na aviação comercial**. 2020. TCC (Bacharel em Ciências Aeronáuticas) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Pontifica Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/189>. Acesso em: 25 mar. 2021.

DIPPÓLITO, H. **Voo alto e veloz**. 2015. Disponível em: <http://www.meuaviaonovo.com/2015/10/17/voo-alto-e-veloz/>. Acesso em: 17 maio 2021.

DONEDA, Danilo C. Maganhoto; MENDES, Laura Schertel; SOUZA, Carlos Affonso Pereira; ANDRADE, Norberto Nuno Gomes. Considerações iniciais sobre inteligência artificial, ética e autonomia pessoal. **Pensar Revista de Ciência Jurídicas**, v. 23, n. 4, p. 1-17, out./dez. 2018 Disponível em: file:///C:/Users/Dell/AppData/Local/Temp/8257-31971-1-PB-2.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

DVORSKY, G. **Inteligência artificial não é a solução para prevenir desastres aéreos**. 2015. Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/inteligencia-artificial-nao-e-a-solucao-para-prevenir-desastres-aereos/>. Acesso em: 30 mar. 2021.

EMERGIR CO. O que é um sistema complexo [*vídeo*]. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cf-YxC4GxIg>. Acesso em: 23 mar. 2021.

GOMES, D. dos S. Inteligência Artificial: conceitos e aplicações. **Olhar Científico**, v. 1, n. 2, p. 234-246, 2010. Disponível em: <http://www.professores.uff.br/screspo/wp-content/uploads/sites/127/2017/09/ia_intro.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2021.

GRANATYR, J. **Conversação com ELIZA!** 2016. Disponível em: <https://iaexpert.academy/2016/10/18/historico-da-ia/>. Acesso em: 24 mar. 2021.

HESPANHOL, R. M. **Caracterização dos fatores contribuintes em acidentes de pequenas aeronaves da aviação geral brasileira utilizando inteligência artificial**. 2016. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, DF. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/20533>. Acesso em: 15 mar. 2021.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D. **Joint cognitive systems:** foundation of cognitive systems engineering. Boca Raton, FL: Taylor & Francis/CRC, 2005.

JFL ESCOLA DE AVIAÇÃO. **Kolbflyer SS**. 2012. Disponível em: <http://www.jflescolaviacao.com.br/Aeronaves/Vendas-e-Representacao/11/Kolbflyer-ss.html>. Acesso em: 29 abr. 2021.

JONGEPIER, A. H. **Artificial neural networks applied to power systems**. Vol. 1, KEMA, The Netherland, 1996.

LEURQUIN, P.; AVELAR, M. M. Os desafios jurídicos e econômicos da aviação regional no Brasil. **Rev. Bras. Polít. Públicas** (Online), Brasília, v. 6, nº 2, 2016 p. 203-220. Disponível em: [https://www.cienciasaude.uniceub.br/RBPP/article/view/3979/pdf#](https://www.cienciasaude.uniceub.br/RBPP/article/view/3979/pdf). Acesso em: 18 de maio 2021.

LOBO, L. C. Inteligência artificial. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 41, n. 2, p. 185-193, 2017.

MADAN, S.; BOLLINGER, K. E. Application of artificial intelligence in power systems. **Eletric Power Systems Research**, vol. 41, p. 117-131, 1997.

MENDES, R. D. Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da informação. **Ciência da Informação**, v. 26, n. 1, 1997.

MESQUITA, F. **O conceito glass cockpit**. 2012. Disponível em: <https://www.arquivosaeronauticos.com.br/2010/12/glass-cockpit.html>. Acesso em: 18 maio 2021.

MOTTER, A. A. **Análise da carga de trabalho em sistemas complexos:** gestão da variabilidade e imprevisibilidade nas atividades do controlador de tráfego aéreo. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/90351/241315.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2021.

MUKHERJEE S. A. I. **Versus M. D:** what happens when diag- nosis is automated? The New Yorker [*online*]. 2010. Disponível em: <http://www.newyorker.com/magazine/2017/04/03/ai-versus-md>. Acesso em: 28 mar. 2021.

NAKAYAMA, D. S. **Condições competitivas da aviação comercial brasileira:** um estudo da aviação regional. 2011. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/121080/298940.pdf?sequence=1&isAlowed=y>. Acesso em: 28 mar. 2021.

NUNES, D.; MARQUES, A. L. P. C. Inteligência artificial e direito processual: vieses algorítmicos e os riscos de atribuição de função decisória às máquinas. *In*: **Revista de Processo**. 2018. p. 421-447.

OLIVEIRA, L. G. O desenvolvimento de projetos de sistemas complexos na indústria aeronáutica: o caso de gestão integrada aplicada ao programa Embraer 170. **Cadernos EBAPE.** BR, v. 7, n. 1, p. 19-33, 2009.

PECHARROMÁN, P. M.; VEIGA, R. **Estudo sobre a indústria brasileira e europeia de veículos aéreos não tripulados**. 2018. Disponível em: [www.mdic.gov.br/imagens/publicacao\_DRONES-20161130-20012017-web.pdf](http://www.mdic.gov.br/imagens/publicacao_DRONES-20161130-20012017-web.pdf). Acesso em: 30 mar. 2021.

PIRES, T. C. F.; SILVA, R. P. A responsabilidade civil pelos atos autônomos da inteligência artificial: notas iniciais sobre a resolução do Parlamento Europeu. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 7, n. 3, p. 238-254, 2017.

PIQUEIRA, J. R. C.; OLIVEIRA, S. M. Engenharia de sistemas complexos. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 91, p. 249-255, 2017.

RAYOL, H. **CFIT – Controlled Flight Into Terrain**. s/d. Disponível em: https://.aeronautas.org.br/images/\_sna/\_noticias/CONTROLLED\_FLIGHT\_INTO\_TERRAIN.pdf. Acesso em: 4 maio 2021.

RODRÍGUEZ, D. B. El sistema que revolucionó el concepto de la seguridad aérea. **TecnoESUFA, Revista de Tecnologia Aeronáutica**, v. 22, 2014.

ROHRSETZER, T. et al. **2045–O ano em que a máquina e o homem serão um só:** uma discussão sobre singularidade tecnológica e inteligência artificial. Anais dos Encontros Nacionais de Engenharia e Desenvolvimento Social-ISSN 2594-7060, v. 14, n. 1, 2017. Disponível em: <https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/494/452>. Acesso em: 19 mar. 2021.

ROSAS, P. **Inpaer revitaliza seu Conquest 180**. 2015. Disponível em: <https://www.portaldoaviador.com/inpaer-revitaliza-seu-conquest-180/>. Acesso em: 29 abr. 2021.

ROSSI, L. L. **Inteligência artificial e sua filosofia no cenário atual**. 2018. Disponível em: <http://sistemaolimpo.org/midias/uploads/6c022b95462558e0fa1704739f58b866.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2021.

SCARIOT, P. A. M. **Segurança operacional em aeronaves de pequeno porte da Aviação civil brasileira: uso do checklist**. 2020. Monografia (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, SC. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/10871/Monografia%20Pedro%20Afonso%20Martinelli%20Scariot.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 maio 2021.

SCODA. **Dynamic WT9**. 2014. Disponível em: <https://www.scodaeronautica.com.br/avioes/index.php?pagina=dynamic-site>. Acesso em: 30 abr. 2021.

SILVA, D. G. M.; SANTOS, L. H. **Aspectos positivos do uso da Inteligência Artificial/Machine Learning na gestão e planejamento da manutenção aeronáutica**. 2020. Disponível em: <https://www.academia.edu/44513515/Aspectos_positivos_do_uso_da_Intelig%C3%AAncia_Artificial_Machine_Learning_na_gest%C3%A3o_e_planejamento_da_manuten%C3%A7%C3%A3o_aeron%C3%A1utica>. Acesso em: 11 mar. 2021.

SILVEIRA, J. A. **Transporte aéreo regular no Brasil**: análise econômica e função de custo. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia dos Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Rio de Janeiro/RJ, janeiro de 2003.

SOUZA, R. A. C. **A formação de pilotos diante das novas tecnologias de automação da cabine de comando**. 2017. Artigo (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Curso de Ciências Aeronáuticas, a Universidade do Sul de Santa Catarina, SC. Disponível em: [https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/4470/A%20Forma%c3%a7%c3%a3o%20de%20pilotos%20diante%20das%20novas%20tecnologias%20de%20automa%c3%a7%c3%a3o%20da%20cabine%20de%20comando.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/4470/A%20Forma%C3%A7%C3%A3o%20de%20pilotos%20diante%20das%20novas%20tecnologias%20de%20automa%C3%A7%C3%A3o%20da%20cabine%20de%20comando.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 6 maio 2021.

TOMAZZONI, L. **A utilização de glass cockpit em aeronaves de pequeno porte**. 2019. Monografia (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Universidade Sul de Santa Catarina, Palhoça, SC. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/7720/Monografia%20-%20Leonardo%20Tomazzoni.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 maio 2021.

TUROLLA, F. A.; LIMA, M. F. F.; OHIRA, T. H. Políticas públicas para a melhoria da competitividade da aviação regional brasileira. **Revista de Literatura dos Transportes**, vol. 5, n. 4, pp. 188-231, 2011.

UBIRATAN, E. **O metal resiste**. 2019. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/o-metal-resiste_1494.html>. Acesso em: 9 maio 2021.

VIANA, P. **Conheça a flyer – a fabricante e montadora de aeronaves**. 2015. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/conheca-a-flyer/>. Acesso em: 10 maio 2021.

VINHOLES, T. **Cessna Caravan, o jipe dos ares**. 2015. Disponível em: <https://www.airway.com.br/cesna-caravan-o-jipe-dos-ares/>. Acesso em: 5 maio 2021.

1. Graduando em Ciências Aeronáuticas. Piloto Privado MNTE, MLTE. Piloto Comercial teórico. Piloto de Linha Aérea teórico. Endereço eletrônico: Idlom.f@hotmail.com [↑](#footnote-ref-1)
2. Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Graduanda em Ciências Aeronáuticas pela UnisulVirtual. Professora da Ciências Exatas e da Computação no curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. EC-PREV pelo CENIPA. Credenciada no SGSO pela ANAC. Endereço eletrônico: tammyse@hotmail.com/tammyse@pucgoias.edu.br. [↑](#footnote-ref-2)
3. ELIZA foi o primeiro programa para processamento de linguagem natural da história e foi criado por Joseph Weizenbaum no laboratório de Inteligência Artificial do MIT, entre os anos de 1964 e 1966. A ideia básica era simular a conversação entre homem e máquina. O próprio criador do programa ficou surpreso com a quantidade de pessoas que atribuíram à ELIZA características muito semelhantes aos sentimentos humanos (GRANATYR, 2016). [↑](#footnote-ref-3)
4. Silva (2020) esclarece que na aviação, esse tipo de inteligência artificial voltada para consumidores “já está consolidado, com uso em diversas áreas de grandes empresas, como *chatbots* com clientes, controle dos preços de passagens, publicidade direcionada, otimização de aerodinâmica, gerenciamento de operações e otimização de receita.” [↑](#footnote-ref-4)
5. A Aviação Regional foi escolhida como recorte de pesquisa por representar uma importante fatia do mercado aéreo e interligar destinos e pessoas que a aviação de grande porte não alcança a preços mais baixos, cumprindo, por esta mesma razão, um papel de maior inserção socioeconômica. [↑](#footnote-ref-5)
6. Em 2019, a descrição de variáveis passou a ser identifica em duas etapas, conforme Portarias ANAC nº 3.506 e 3.507, assim ficou: Etapa Básica representando o status da aeronave, de sua decolagem até o próximo pouso. Etapa Combinada identificado os pares de aeródromos de origem (embarque do objeto de transporte) e destino (desembarque do objeto de transporte) (BRASIL, 2020). [↑](#footnote-ref-6)
7. Há economia de densidade quando os custos unitários caem em virtude de uma empresa aérea adicionar voos ou assentos nos voos já existentes, por exemplo, por meio de aviões maiores, com a distância média da viagem e número de aeroportos servidos sendo mantidos fixos (CAVES; CHRISTENSEN; TRETHEWAY, 1984). [↑](#footnote-ref-7)
8. Aeronaves *glass cockpit* são dotadas de Inteligência Artificial pois possuem vários displays de instrumentos eletrônicos com telas em LCD ou CRT. Uma cabine de comando tipo *glass cockpit* usa vários monitores, impulsionada pelos sistemas de gestão de voo, que pode ser ajustado para exibir informações de voo, conforme necessário. Isso simplifica a operação das aeronaves e de navegação, permitindo aos pilotos focarem apenas nas informações mais pertinentes (MESQUITA, 2010). [↑](#footnote-ref-8)
9. *Controlled Flight Into Terrain* “se traduz como voo controlado contra o terreno, representa um tipo de acidente aeronáutico que, ao longo dos anos, persiste nas estatísticas como um dos maiores responsáveis perdas de vidas na aviação mundial.” (RAYOL, s/d.) [↑](#footnote-ref-9)