A RELAÇÃO ENTRE A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E O CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO NO BRASIL

THE RELATIONSHIP BETWEEN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AIR TRAFFIC CONTROL IN BRAZIL

Ronny Max Machado[1]
Osmar Fernando Gonçalves Barreto[2]

Resumo: O gerenciamento do tráfego aéreo no Brasil é realizado pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), órgão do Comando da Aeronáutica, responsável pelo Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), que abrange uma área superior a 22 milhões de km². Diante do crescimento da aviação, da maior complexidade das operações e da necessidade de maior eficiência, segurança e sustentabilidade ambiental, o DECEA lançou o programa SIRIUS Brasil, que congrega uma série de empreendimentos voltados à modernização do Gerenciamento de Tráfego Aéreo, ou Air Traffic Management (ATM), brasileiro. Dentro desse panorama, tecnologias associadas à Inteligência Artificial (IA) ou com caráter de automação, análise avançada, otimização de rotas, vigilância baseada em dados, etc., ganham protagonismo. As questões que se colocam são: quão efetivo é o emprego dessas tecnologias pelo DECEA? Quais são os avanços, as lacunas, os riscos e os desafios da implantação dessas tecnologias? Por meio da metodologia da revisão bibliográfica e normativa, o objetivo do presente resumo é responder a tais questões, dadas as relevâncias sociais, jurídicas e acadêmicas do tema subdividindo sua análise nos aspectos positivos e negativos do uso da IA no controle de tráfego aéreo no Brasil. Adianta-se que as inovações tecnológicas representam avanços positivos para a otimização do controle do tráfego aéreo no Brasil. Todavia, permanece a necessidade de se definir, em casos de eventual omissão ou erro, se as responsabilidades civil e penal devem recair sobre o operador humano, o desenvolvedor do sistema ou o ente público responsável por sua utilização.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; tráfego aéreo; controle;sistema.

Abstract: Air traffic management in Brazil is carried out by the Department of Airspace Control (DECEA), an agency of the Air Force Command, responsible for the Brazilian Airspace Control System (SISCEAB), which covers an area of over 22 million km². Given the growth of aviation, the increased complexity of operations, and the need for greater efficiency, safety, and environmental sustainability, DECEA launched the SIRIUS Brazil program, which brings together a series of initiatives aimed at modernizing Brazilian Air Traffic Management (ATM). Within this context, technologies associated with Artificial Intelligence (AI) or with a focus on automation, advanced analysis, route optimization, data-driven surveillance, etc., are gaining prominence. The questions that arise are: how effective is the use of these technologies by DECEA? What are the advances, gaps, risks,

[1] Mestre em Direito da Sociedade da Informação pelo Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas. Graduado em Direito pela Universidade São Judas Tadeu. Especialista em Direito Civil e Processo Civil pela Escola Paulista de Direito. Especialista em Direito Constitucional e Direito Administrativo pela Escola Paulista de Direito. Especialista em Direito Ambiental Empresarial pelo Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas.
[2] Doutor em Função Social do Direito pela Faculdade Autônoma de Direito de São Paulo – FADISP (2024). Mestre em Direito da Sociedade da Informação pelo Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU (2017), bolsista/pesquisador CAPES. Pós-graduado em Direito e Processo do Trabalho pelo Damásio Educacional (2020) e em Direito Privado pela Escola Paulista da Magistratura – EPM (2008). Graduado em Direito pela FMU (2006). Professor de Direito do Trabalho e de Estágio de Prática Supervisionada Trabalhista na graduação em Direito da FMU (desde 2019). Advogado, autor de artigos científicos e coautor de obras jurídicas.

and challenges of implementing these technologies? Through the methodology of bibliographic and normative review, the objective of this summary is to answer these questions, given the social, legal, and academic relevance of the topic, subdividing its analysis into the positive and negative aspects of the use of AI in air traffic control in Brazil. It is anticipated that technological innovations represent positive advances for the optimization of air traffic control in Brazil. However, the need remains to define, in cases of eventual omission or error, whether civil and criminal liability should fall on the human operator, the system developer, or the public entity responsible for its use.

Keywords: Artificial Intelligence; air traffic; control;system.

INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) vem se consolidando como uma das ferramentas tecnológicas mais transformadoras do século XXI, impactando diversos setores da sociedade, inclusive o da aviação civil. No contexto brasileiro, a aplicação da IA no controle de tráfego aéreo representa uma evolução significativa em termos de segurança, eficiência e sustentabilidade, mas também levanta desafios éticos e jurídicos que precisam ser cuidadosamente regulados.

O controle de tráfego aéreo no Brasil é responsabilidade do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), órgão do Comando da Aeronáutica, que atua para garantir a segurança e a regularidade das operações aéreas em território nacional. Tradicionalmente, esse controle é feito por operadores humanos, com apoio de sistemas automatizados. No entanto, a crescente complexidade das rotas e o aumento do número de voos tornam indispensável o uso de tecnologias mais avançadas, como sistemas baseados em IA, capazes de processar grandes volumes de dados em tempo real e prever situações de risco antes que ocorram (DECEA, 2025). A IA pode ser utilizada para otimizar trajetórias de voo, reduzir o consumo de combustível e minimizar atrasos, promovendo maior eficiência operacional. Além disso, algoritmos de aprendizado de máquina podem prever congestionamentos no espaço aéreo e propor soluções automatizadas, auxiliando os controladores humanos na tomada de decisões.

Contudo, a utilização de tal tecnologia traz questões como quão efetivo é o emprego dessas tecnologias pelo DECEA? Quais são os avanços, as lacunas, os riscos e os desafios da implantação dessas tecnologias? Assim, o objetivo do estudo é responder a tais questões, dadas as relevâncias sociais, jurídicas e acadêmicas do tema, com base em revisão doutrinária e normativa sobre o assunto, subdividindo sua análise nos aspectos positivos e negativos do uso da IA no controle de tráfego aéreo no Brasil.

1 ASPECTOS POSITIVOS DO USO DA IA NO CONTROLE DE TRÁFEGO

AÉREO NO BRASIL

O avanço da Inteligência Artificial (IA) tem proporcionado transformações significativas em diversos setores estratégicos, entre eles o controle do tráfego aéreo. No contexto brasileiro, a incorporação de tecnologias inteligentes representa não apenas um marco de modernização técnica e conceitual, mas também uma oportunidade de aprimorar a eficiência, a segurança e a sustentabilidade das operações aeronáuticas. A aplicação da IA possibilita o tratamento em tempo real de grandes volumes de dados, a previsão de rotas mais seguras e econômicas, bem como a redução de falhas humanas e operacionais, conforme aponta o Relatório Anual de Segurança Operacional da Aviação Civil (ANAC, 2023).

Dessa forma, torna-se relevante examinar os principais aspectos positivos decorrentes do uso da IA nesse setor, destacando-se, em especial, três dimensões: a modernização tecnológica e conceitual do controle de tráfego aéreo no Brasil, os pontos positivos diretos da utilização da IA nas operações de controle e o potencial de ganhos concretos em eficiência e sustentabilidade que essas inovações podem oferecer. A análise desses elementos permite compreender de que modo a adoção responsável e estratégica da Inteligência Artificial pode contribuir para um sistema aéreo nacional mais seguro, ágil e ambientalmente equilibrado, conforme a pesquisa pormenorizada realizada a seguir.

1.1 MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA E CONCEITUAL DO CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO NO BRASIL

O documento da Concepção Operacional de Gerenciamento de Tráfego Aéreo (Air Traffic Management-ATM) Nacional (CONOPS), atualizado pelo DECEA em 2021, indica a adoção de conceitos avançados de gerenciamento do tráfego aéreo, como operação “gate-to-gate” (portão a portão), integração de diferentes tipos de veículos (incluindo drones) e uso de navegação e vigilância por satélite (DECEA, 2025).

O Programa SIRIUS, que congrega uma série de empreendimentos voltados à modernização do Gerenciamento de Tráfego Aéreo informa que seus empreendimentos oferecem a elevação de eficiência, aumento de capacidade do espaço aéreo, redução de custos, redução de carga de trabalho de controladores/pilotos, além de menor emissão de gases nocivos e menor impacto de ruído (SIRIUS,2025).

Um exemplo concreto: o projeto PBCS (Performance-Based Communication and Surveillance), integrante do SIRIUS, visa reduzir as separações mínimas entre aeronaves em espaços oceânicos ou remotos, mediante soluções de comunicação e vigilância mais modernas (data link, ADS-C, etc.). Esses elementos demonstram que há um esforço

institucional relevante para aplicar tecnologias, entre as quais IA ou automação, no controle de tráfego aéreo (SIRIUS, 2025), o que traz pontos positivos diretos da utilização da IA nesse cenário, como será visto a seguir.

1.2 PONTOS POSITIVOS DIRETOS DA UTILIZAÇÃO DA IA NO CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO NO BRASIL

Um ponto essencial do tema é o tratamento dos dados utilizados pela IA no controle de tráfego aéreo. De acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD – Lei nº 13.709/2018), o uso de dados pessoais, inclusive os de passageiros e operadores, deve respeitar os princípios da finalidade, necessidade e transparência. Assim, o uso da IA deve estar alinhado às normas de privacidade e segurança da informação, garantindo que a tecnologia sirva ao interesse público sem violar direitos fundamentais (Brasil, 2018).

Diante desse panorama, a adoção da IA no controle de tráfego aéreo brasileiro representa um marco na modernização da infraestrutura nacional e no fortalecimento da soberania tecnológica. Contudo, essa mudança deve ocorrer sob rigorosa observância das normas constitucionais, penais e de proteção de dados, para assegurar que o avanço tecnológico caminhe lado a lado com a responsabilidade ética e jurídica. Em síntese, a relação entre a Inteligência Artificial e o controle de tráfego aéreo no Brasil é um exemplo claro de como o progresso tecnológico pode e deve coexistir com os princípios do Estado Democrático de Direito. A integração segura, eficiente e sustentável da IA nesse setor é não apenas um desafio, mas também uma oportunidade para que o país se posicione na vanguarda da inovação aeronáutica mundial, como será abordado no próximo tópico.

1.3 Potencial de ganhos concretos em eficiência e sustentabilidade com a utilização da IA no controle de tráfego aéreo no Brasil

A redução de separações, melhor utilização das rotas, menor consumo de combustível e menor emissão de gases são ganhos previstos no planejamento. Exemplo: com o PBCS, poderão ser reduzidas separações de 80 milhas náuticas para distâncias muito menores na FIR Atlântico (Região de Informação de Voo do Oceano Atlântico), (Carrijo et al, 2024).

A análise de “realizações” do SIRIUS 2024 identifica projetos como “Operações Baseadas em Trajetória (TBO)”, “torres digitais”, “esteira de turbulência baseada em grupos de aeronaves” – todos com componente de automação, análise de dados ou integração digital. Existe base conceitual e operacional para considerar que a IA ou técnicas correlatas estão sendo incorporadas (SIRIUS, 2025).

Contudo, em que pese os pontos positivos da utilização da Inteligência Artificial

para melhorar a eficiência operacional no Gerenciamento do Tráfego Aéreo do Brasil serem inegáveis (Engineering Brasil, 2023), existem aspectos negativos da implementação de tal tecnologia nesse cenário, os quais serão analisados abaixo.

2 ASPECTOS NEGATIVOS DO USO DA IA NO CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO NO BRASIL

Embora a inteligência artificial represente um avanço significativo para a modernização e eficiência do controle de tráfego aéreo, sua adoção no contexto brasileiro ainda apresenta uma série de limitações e preocupações. Entre os principais aspectos negativos, destacam-se as lacunas normativas e operacionais relacionadas ao uso da IA nesse setor, que revelam a ausência de diretrizes claras quanto à responsabilidade em casos de falhas ou omissões.

Além disso, há desafios técnicos e estruturais que dificultam a integração plena desses sistemas à realidade da aviação nacional, como a necessidade de infraestrutura adequada, capacitação de profissionais e garantia da segurança cibernética. Soma-se a isso um conjunto de críticas que apontam riscos éticos, sociais e jurídicos, especialmente no que diz respeito à autonomia das decisões automatizadas e à possível redução do papel humano em atividades críticas.

2.1 LACUNAS SOBRE O USO DA IA NO CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO NO BRASIL

Apesar das referências a “tecnologias”, “soluções de alta tecnologia”, “procedimentos inovadores” (SIRIUS, 2025), não há (ao menos publicamente acessível) muita informação detalhada sobre quais sistemas efetivamente incorporam IA (machine learning, modelos preditivos, sistemas autônomos de decisão) no SIRIUS, e com que grau de maturidade.

Por exemplo, existe uma pesquisa acadêmica que mencionou que “o DECEA implementou sistemas de IA como o SIRIUS no Brasil para otimizar o uso do espaço aéreo, diminuindo o tempo de espera das aeronaves e tornando a indústria mais sustentável” (Carrijo *et al.*, 2024), mas trata-se de trabalho acadêmico e não diretamente de relatório oficial. Isso indica que, embora haja progresso, ainda falta transparência acerca dos limites, das funcionalidades exatas, e do grau da “IA” com aprendizado real que está em operação. Aludidas lacunas resultam em desafios sobre a questão que serão abordadas no tópico subsequente.

2.2 DESAFIOS DO USO DA IA NO CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO NO BRASIL

Sistemas de controle de tráfego aéreo modernos exigem dados de alta qualidade, comunicação confiável, vigilância contínua, integração de sistemas, além de recursos humanos capacitados (Costa, 2013). Qualquer deficiência desses elementos compromete a efetividade da IA ou automação (Carrijo *et al.*, 2024). O relatório de "realizações" do SIRIUS aponta que um dos itens é "SATURNO – Sistema de Planejamento de Recursos Humanos", o que sugere que há reconhecimento da necessidade de adequação humana. (SIRIUS, 2025). No entanto, não é claro até que ponto a capacitação, a manutenção de sistemas e a integração de dados estão ocorrendo com regularidade em todas as regiões do Brasil, especialmente em locais remotos, o que pode limitar o alcance da tecnologia. (Campos, 2013). Com base nesses elementos algumas críticas serão realizadas sobre a questão no próximo tópico.

2.3 CRÍTICAS SOBRE O USO DA IA NO CONTROLE DE TRÁFEGO AÉREO NO BRASIL

A utilização de IA em sistemas críticos como controle de tráfego aéreo pressupõe altos padrões de segurança, auditabilidade, explicabilidade e responsabilização. Em caso de falha ou incidente, é preciso definir quem responde: o humano, o sistema autônomo, o órgão público. (Carrijo *et al.*, 2024).

A pesquisa acadêmica, já apontada, mencionou a "necessidade de XAI (IA Explicável) para que pessoas que controlam máquinas possam entender e ter fé nas escolhas propostas pela tecnologia" (Carrijo *et al.*, 2024). Se essas exigências não estiverem devidamente implementadas, há risco de perda de confiança, de falhas de supervisão humana ou de decisões inadequadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações tecnológicas contribuem diretamente para o cumprimento dos objetivos fundamentais da Constituição Federal, especialmente os previstos no artigo 3º (Brasil, 1988), que incluem a promoção do bem-estar, o desenvolvimento nacional e a busca por uma sociedade mais eficiente e segura. O Brasil possui características bastante singulares: vasto espaço aéreo, grandes áreas remotas, densidade de tráfego reduzida em certas regiões, infraestrutura desigual. Isso significa que soluções desenvolvidas para contextos mais densos ou com melhores recursos podem não se aplicar imediatamente.

Entretanto, a implementação da IA no controle de tráfego aéreo suscita

preocupações quanto à responsabilidade civil e penal em caso de falhas do sistema. Conforme o Código Penal Brasileiro (Decreto-Lei nº 2.848/1940) (Brasil, 1940), é necessário determinar se uma eventual omissão ou erro poderia ser imputado ao operador humano, ao desenvolvedor do sistema ou ao ente público responsável pela sua utilização. Essa questão jurídica complexa evidencia a necessidade de novas regulamentações específicas sobre o uso da IA em atividades críticas.

REFERÊNCIAS

ANAC - AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Relatório Anual de Segurança Operacional da Aviação Civil**. Brasília, DF: ANAC, 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 25/10/2025.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 2.848/1940. Código Penal**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848.htm. Acesso em: 20/10/2025.

BRASIL. **Lei nº 13.709/2018**. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm. Acesso em: 20/10/2025.

CAMPOS, Humberto Alves de. **Direito e regulação: delegação da prestação de serviços do transporte aéreo regular doméstico no Brasil.** 1. ed. Curitiba: Editora CRV, 2013.

CARRIJO, Vinícius Sebba; BECHEPECHE, Anna Paula; ROCHA, Wanessa Pazini; FERNANDES, Andréluiz da Silva. **Auxílio da inteligência artificial no controle e gestão do tráfego aéreo.** 2024. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/8619. Acesso em: 18/10/2025.

COSTA, César Rodrigues da. **Torres de controle do Brasil.** 1. ed. Osasco (ou Foz do Iguaçu): Livre Expressão, 2013.

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Concepção Operacional do Gerenciamento do Tráfego Aéreo (ATM) Nacional tem nova versão. 2021.

Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=aviso-a-comunidade-atm. Acesso em: 20/10/2025.

ENGINEERING BRASIL. **O uso da inteligência artificial para melhorar a eficiência operacional.** Engineering Brasil, São Paulo, 3 abr. 2023. Disponível em: https://engineeringbrasil.com. Acesso em: 23/10/2025.

SIRIUS. **Home**. Disponível em: https://sirius.decea.mil.br/home/. Acesso em: 20/10/2025.