PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS

ESCOLA POLITÉCNICA

CURSO DE CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS NA AVIAÇÃO: POSSÍVEIS PROBLEMAS E AÇÕES DE MITIGAÇÃO**

GOIÂNIA

2021

MONALISA MIRANDA NASCIMENTO AMARAL

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS NA AVIAÇÃO: POSSÍVEIS PROBLEMAS E AÇÕES DE MITIGAÇÃO**

GOIÂNIA

2021

MONALISA MIRANDA NASCIMENTO AMARAL

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS NA AVIAÇÃO: POSSÍVEIS PROBLEMAS E AÇÕES DE MITIGAÇÃO**

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

Orientadora: Profª Drª Anna Paula Bechepeche.

GOIÂNIA

2021

MONALISA MIRANDA NASCIMENTO AMARAL

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS NA AVIAÇÃO: POSSÍVEIS PROBLEMAS E AÇÕES DE MITIGAÇÃO**

GOIÂNIA – GO, 06 /12/ 2021.

**Texto, Carta

Descrição gerada automaticamente**

**OS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS NA AVIAÇÃO: POSSÍVEIS PROBLEMAS E AÇÕES DE MITIGAÇÃO**

Monalisa Miranda Nascimento Amaral[[1]](#footnote-1)

Anna Paula Bechepeche[[2]](#footnote-2)

**RESUMO**

O presente artigo tem como objetivo conscientizar a comunidade, de um modo geral, e aqueles que lidam com o meio aeronáutico acerca da gravidade dos impactos ambientais advindos da poluição causada pela aviação, mais especificamente pela atividade humana no meio, e sua mitigação e, em último caso, sua compensação. Para um entendimento mais amplo, é importante destacar e responder a questões, como: quais são os aeroportos mais antigos do Brasil e do mundo? Esses aeroportos atendem plenamente aos requisitos ambientais para operação? Quais são as consequências geradas pelo aumento da quantidade de voos e como isso influencia o meio ambiente? Dados apontam que a tendência de movimentação nos aeroportos brasileiros é de aumento contínuo. Infelizmente, o levantamento de dados foi afetado pela pandemia, uma vez que as rotas foram alteradas durante todo o ano de 2020 e parte de 2021. No entanto, apurou-se que a poluição aeronáutica é evidenciada principalmente nos aeroportos aqui estudados, com 90% de causa humana. Como problemas mais comuns, destacam-se: falta de gerenciamento de resíduos gerados na atividade aeroportuária, má sanitização, descarte de materiais de origem petrolífera em lugares indevidos e de efluentes em locais impróprios e descuido com os fatores atrativos de fauna. Em relação às aeronaves, identificou-se que o momento em que ocorre maior emissão de gases e poluição sonora é na decolagem, quando os motores estão em potência máxima. Destaca-se que há alguns programas governamentais criados com a finalidade de diminuir os impactos ambientais causados pela aviação, dos quais se destacam: *Green Airports*, certificação *Leadership in Energy And Environmental Design* (LEED), CORSIA e política de biocombustíveis RenovaBio. Portanto, este estudo é relevante, à medida que aponta para a necessidade de desenvolvimento de combustíveis sustentáveis no intuito de contribuir com a redução das emissões de carbono, bem como de desenvolvimento de motores mais silenciosos, leves e com menos emissões de gases. Esta pesquisa se caracteriza como de maneira básica, descritiva e qualitativa e adotou-se o procedimento bibliográfico.

**PALAVRAS-CHAVE**: Sustentabilidade; Mitigação de Problemas Ambientais; Efeito Estufa e Aviação.

***ABSTRACT***

*This article aims to raise awareness in the community, in general, and those who deal with the aeronautical environment about the seriousness of the environmental impacts arising from pollution caused by aviation, more specifically by human activity in the environment, as well as about its mitigation and, in the last case, compensation for damages. For a broader understanding, it is important to highlight and answer questions such as: What are the oldest airports in Brazil and in the world? Do these airports fully meet the environmental requirements for operation? What are the consequences generated by the increase in the number of flights and how does this influence the environment? Data show that the movement trend in Brazilian airports is of continuous increase. Unfortunately, data collection was affected by the pandemic as routes were changed throughout 2020 and part of 2021. However, it was found that air pollution is mainly evidenced in the airports studied here, with 90% of human causes. As the most common problems, the following stand out: lack of management of waste generated in airport activities, poor sanitation, disposal of oil-based materials and effluents in inappropriate places and fauna attractive factors. In relation to aircraft, it was identified that the moment when there is greater emission of gases and noise pollution is on takeoff, when the engines are at full power. It is worth noting that there are some government programs created with the purpose of reducing the environmental impacts caused by aviation, of which the following stand out: Green Airports, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) certification, CORSIA and the RenovaBio biofuels policy. This study, therefore, is relevant as it points to the need to develop sustainable fuels to contribute to the reduction of carbon emissions, as well as the development of quieter, lighter and less gaseous engines.* *This research is characterized as basic, descriptive and qualitative and adopted the bibliographic procedure.*

***Keywords:*** *Sustainability; Mitigation of Environmental Problems; Greenhouse Effect and Aviation.*

INTRODUÇÃO

A interferência da aviação no meio ambiente ocorre de diversas maneiras, tanto em terra como no ar. Na terra, acontecem os impactos relacionados às instalações aeroportuárias e às atividades posteriores ali empreendidas, com afetação direta ao meio ambiente, grande parte pelos resíduos gerados, descartes em lugares indevidos de materiais, não separação de recicláveis, entre outras ações negativas. Já o ar tem como maior causa de impacto a poluição sonora, chegando a incomodar, sensivelmente, os residentes próximos à zona aeroportuária assim como os seus usuários. Além do ruído, a emissão de gases pelos aviões na atmosfera acelera, de acordo com as pesquisas sobre a temática, o processo do aquecimento global.

Dessa forma, o presente artigo tem como relevância a discussão sobre os problemas ambientais gerados pelos aeroportos e pelas operações em voo, tendo em vista o aumento da demanda da origem primeira da degradação ambiental no contexto em debate: o crescente volume de passageiros e, de efeito, o aumento do número de voos diários.

É de suma importância uma visão ampla com vistas a um futuro que possa ser usufruído pelas atuais e futuras gerações. Para tanto, é preciso mirar na prevenção, na mitigação de danos e na conscientização de todos – indivíduos, coletividade, instituições governamentais, indústria aeronáutica e empresas aéreas – com olhar atento para as possíveis soluções apresentadas, a fim de ser obter maior compreensão acerca da das principais causas dos problemas ambientais relacionados às operações aeronáuticas em todo o mundo, seja via terra ou via ar. Este breve estudo, longe de esgotar a temática, é pensado, assim, para atuar em prol da aviação.

A presente pesquisa tem, então, como principais objetivos a busca de soluções para a diminuição da emissão de gases na atmosfera, bem como dos ruídos aeronáuticos e a busca por programas de sustentabilidade de aeroportos e por maiores incentivos governamentais**,** para tornar possível a redução da poluição nos aeródromos brasileiros. Como objetivos secundários, pretende-se conscientizar o leitor sobre a gravidade do aumento exponencial das emissões de gases do efeito estufa e do consequente aquecimento global, como conscientizá-lo acerca da existência de programas governamentais já existentes e que contemplam a poluição aqui exposta, como, por exemplo, a solidificação da ideia de aeronaves elétricas.

Para atingir os objetivos propostos, adotou-se o procedimento bibliográfico por meio do levantamento de informações em fontes diversas, como artigos científicos veiculados em revistas relacionadas à temática e *sites* oficiais de empresas aéreas e governamentais, o que caracteriza a pesquisa como de natureza básica, descritiva e qualitativa.

Este artigo possui em sua estrutura quatro seções assim divididas para maior compreensão, além da introdução e das considerações finais. Inicia-se com o relato do surgimento dos primeiros aeroportos no Brasil e no mundo, ao tempo que relata sobre ainfraestrutura aeroportuária brasileira; em seguida, discorre-se sobre o aquecimento global e sua relação com a aviação, aprofundando-se nas formas pelas quais as aeronaves impactam o meio ambiente. Em direção ao final da pesquisa, apresentam-se estudos que apontam para possíveis soluções para os problemas expostos. Por último, são feitas as conclusões sobre o estudo e as referências bibliográficas.

1 O SURGIMENTO DOS PRIMEIROS AEROPORTOS NO MUNDO E NO BRASIL, EM OPERAÇÃO ATÉ A ATUALIDADE

O aeroporto mais antigo do mundo se localiza na Alemanha, chamado Aeroporto de Hamburgo (HAM), onde serviu de base militar na Primeira Guerra Mundial, até ser, então, incendiado por volta do ano de 1916. O aeroporto foi reconstruído após o incidente e está hoje em operação. No ano de 1955, chegou a servir como principal centro de logística para a companhia aérea Lufthansa, que ali deu início a seus voos comerciais. O aeroporto funciona até os dias atuais, com cerca de 115 voos comerciais diários entre eles domésticos e internacionais (CASTILHO, 2020).

Já no contexto brasileiro, o início da primeira obra aeroportuária para civis ocorreu por volta do ano de 1934, no Rio de Janeiro. A companhia aérea pioneira nos testes de aviação regular era a Viação Aérea de São Paulo (VASP). Contudo, ao tentarem fazer a chamada ponte aérea (Rio – São Paulo), sofreram dois acidentes, frustrando os projetistas. Tais acidentes adiaram a inauguração do aeroporto, que se chamava Aeródromo do Calabouço, hoje Aeroporto Santos Dumont. O aeroporto foi inaugurado oficialmente em 1945 pelo então presidente Getúlio Vargas. A pista era pequena (cerca de 700m) e, em 1950, houve o aumento da pista, passando para 1,323m e a abertura de uma pista auxiliar de 1,260m de comprimento. A partir de 1987, o aeroporto começou a ser administrado pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) – antes era administrado pelo Departamento de Aviação Civil (DAC). Várias reformas foram feitas ao longo dos anos e**,** hoje**,** o Santos Dumont conta com cerca de 157 voos diários regulares (INFRAERO, s.d.).

Nos primórdios da aviação geral, ela era utilizada apenas por uma pequena parcela de cidadãos (para lazer, trabalho etc.) por ser um meio de transporte de altos custos. Hoje, com voos mais baratos disponíveis e opções de parcelamento, concessões de crédito e facilidades em geral é comum a escolha do meio de transporte aéreo para todo tipo de viagem. Com um “clique” remoto**,** consegue-se comparar os *sites* e comprar uma passagem aérea para o dia e horário que quiser, sem longas esperas e sem filas gigantescas (SANTOS et al., 2008).

Entretanto, com o incremento da atividade aérea, surge, também, a discussão acerca da sustentabilidade ambiental do modal e dos danos que pode gerar nesse sentido, uma vez que a poluição aeronáutica é um assunto muito debatido atualmente – seja por excesso de lixo gerado dentro dos aeroportos brasileiros pelos ruídos gerados pelas aeronaves, pela considerável emissão de gases do efeito estufa, em virtude do esgoto jogado em áreas pluviais, pela fragilidade da infraestrutura aeroportuária, entre outros aspectos que serão tratados adiante (SANTOS et al., 2008).

**1.2 Infraestrutura aeroportuária e os números do setor no Brasil**

Os aeroportos são aeródromos públicos que possuem instalações e facilidades para a operação de aeronaves. Eles contam em sua estrutura com hangar para as aeronaves; locais para manutenção e abastecimento; torre de controle com ampla visão das pistas e das aeronaves, em alguns casos; pistas de pouso e decolagem; terminais de passageiros; estacionamento terrestre e outras estruturas adjacentes; além de pessoal trabalhando para que todas as operações sejam atendidas de forma ágil e com segurança. Geralmente**,** estão em locais de fácil acesso. Os aeródromos, entre outras bases de transporte, são responsáveis pela carga e descarga de objetos e pessoas, além de empregar milhares de funcionários anualmente (MAGALHÃES, 2020; SILVA, 2010). Os aeroportos compõem uma estrutura ampla e complexa, denominada infraestrutura aeroportuária. O artigo 25 do Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA) – Lei n° 7,565 de 12 de dezembro de 1986 – assim a define:

Art. 25. Constitui infra-estrutura aeronáutica o conjunto de órgãos, instalações ou estruturas terrestres de apoio à navegação aérea, para promover-lhe a segurança, regularidade e eficiência, compreendendo:

I - o sistema aeroportuário (artigos 26 a 46);

II - o sistema de proteção ao vôo (artigos 47 a 65);

III - o sistema de segurança de vôo (artigos 66 a 71);

IV - o sistema de Registro Aeronáutico Brasileiro (artigos 72 a 85);

V - o sistema de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos (artigos 86 a 93);

VI - o sistema de facilitação, segurança e coordenação do transporte aéreo (artigos 94 a 96);

VII - o sistema de formação e adestramento de pessoal destinado à navegação aérea e à infra-estrutura aeronáutica (artigos 97 a 100);

VIII - o sistema de indústria aeronáutica (artigo 101);

IX - o sistema de serviços auxiliares (artigos 102 a 104);

X - o sistema de coordenação da infra-estrutura aeronáutica (artigo 105).

(BRASIL, 1986).

Ainda sobre as instalações aeroportuárias, destaca-se que a receita aeroportuária é composta não somente da receita aeronáutica, mas também da não aeronáutica. Em grande parte dos aeroportos, essas receitas são oriundas de serviços financeiros – como caixas eletrônicos, câmbio, bancos e loterias – e serviços comerciais como lojas, locadora de veículos, agência de viagens e turismo, restaurantes, bares, cafés, livrarias, proteção de bagagem, entre outros. Todos esses serviços têm como interesse despertar os hábitos de compra nas pessoas que por ali passam, otimizando as receitas financeiras do aeródromo (MOURA; SOUSA; LARA, 2014).

Quanto ao mercado de voos domésticos e internacionais que passam pelos aeroportos brasileiros, segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2020a), foram transportados cerca de 104,4 milhões de passageiros pagos no ano de 2019, apresentando um crescimento de 1,35% em relação ao ano anterior. A tendência desses números é de aumento devido às facilidades encontradas e a inclusão social promovida pelo modal aéreo e pelas políticas de anos recentes.

Devido à pandemia, os dados apurados neste estudo para o mercado doméstico contemplaram o ano de 2019, pois em 2020 o segmento foi afetado pelo fechamento de rotas nacionais e internacionais. A Figura 1 ilustra o mercado aéreo brasileiro em 2019 e suas companhias aéreas, demonstrando a dimensão das rotas domésticas e o aumento do número de passageiros, de ocupação das aeronaves e da demanda por voos, além da diminuição da oferta de assentos e da carga transportada em relação ao ano anterior, 2018, pelo mercado doméstico. Já no mercado internacional, existe uma demanda instável por voos; porém, há também diminuição da oferta de assento (ANAC, 2020a).

**Figura 1 –** Mercado doméstico e internacional em 2019: dados do transporte aéreo

Interface gráfica do usuário, Aplicativo

Descrição gerada automaticamente com confiança média

Fonte: ANAC (2020a).

2 O AQUECIMENTO GLOBAL E O EFEITO ESTUFA

O aquecimento global nada mais é do que, como o próprio nome já indica, o aumento da temperatura média da Terra. As causas disso podem se dar pela ação do homem quanto pela própria natureza, tendo em vista que a Terra, por si só, com o passar dos tempos, vai ficando mais quente. Os maiores pontos negativos desse aquecimento é o desequilíbrio atmosférico, em que a população pode ser afetada com a desregulagem das chuvas, a acentuação das secas, a instabilidade das estações do ano, entre outros fenômenos extremos. A maior parte do aquecimento global observado nos últimos cinquenta anos e previsto para os próximos séculos, no entanto, se deve ao aumento dos Gases de Efeito Estufa (GEEs) antropogênicos, isto é, provocados pelo homem (WWF, s.d.).

A Terra possui em sua composição natural alguns gases, sendo eles reconhecidos pelo protocolo de Kyoto: Dióxido de Carbono (CO2), Metano (CH4), Óxido Nitroso (N2O), Hexafluoreto de Enxofre (SF6) e outras duas famílias de gases, Hidrofluorcarbono (HFC) e Perfluorcarbono (PFC). A junção desses gases na atmosfera acaba causando uma “capa protetora”, que gera o efeito estufa. De forma simplificada, a Terra é uma estufa gigante que permite o existir, a vida, pois sem essa camada o planeta seria extremamente frio, inviabilizando a existência de algumas espécies. O efeito estufa ocorre, portanto, de forma natural, mas, com a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento, as atividades agropecuárias extensivas, entre outras ações, acaba-se por gerar um aumento desse aquecimento e instabilidade climática, com consequências negativas para a população terrestre (WWF, s.d.).

As mudanças climáticas, como já dito, normalmente ocorrem por alguma alteração natural da Terra ou pode ser provocada pelo homem. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), há 90% de certeza de que o aumento de temperatura na Terra está sendo causado pela ação do homem. Essas mudanças consistem em todos os fenômenos climatológicos extremos, como, por exemplo, tempestades de neve, chuvas, furacões e ondas de calor (WWF, s.d.). Ressalta-seque eventos como o *El Niño****,*** o aquecimento das águas oceânicas que acaba por atingir todo o planeta – e *La Niña* – o oposto, ou seja, resfriamento das águas – acontecem em um intervalo de 2 a 7 anos e são eventos de aquecimento e resfriamento que dividem a opinião de estudiosos: uns acreditam que eles igualmente ocorreriam pela interferência humana, enquanto outros afirmam que sucedem em virtude da liberação de calor de magma vulcânico depositado nos oceanos (INPE, 2021).

3 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA AVIAÇÃO

A interferência da aviação no meio ambiente ocorre de diversas maneiras, tanto em terra como no ar. Em solo, acontecem os impactos relacionados às instalações aeroportuárias e às atividades ali empreendidas, com afetação direta ao meio ambiente local e adjacente e indireta ao ambiente macro. Já no ar, a poluição sonora causada pelas aeronaves é a maior causa de impacto ambiental, seguida da emissão de gases na atmosfera, que, de acordo com pesquisas, acelera o processo do aquecimento global. Sobre os impactos causados pelos aeroportos e pelos aviões, passa-se a discorrer.

**3.1 Problemas de poluição mais frequentes em aeroportos**

Na operação aeroportuária, os maiores problemas se dão por eventos e ações corriqueiras na rotina desses locais, tais como emissão de vapores químicos; utilização e descarte indevidos de produtos derivados de petróleo, de efluentes líquidos e de resíduos sólidos; descuido com os fatores atrativos de fauna; e sanitização inadequada (SANTOS et al., 2008).

Ainda de acordo com os autores, a emissão de vapores químicos normalmente ocorre durante o seu manuseio, como no abastecimento ou na transferência de combustíveis. Como os produtos são muito voláteis, eles acabam ainda por gerar danos à saúde dos profissionais que operam no local, como irritações nas vias aéreas e alterações no sistema imunológico e no sistema nervoso. Como ações mitigadoras, é obrigatório o manuseio dos materiais com Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados à função, além de se proceder à manipulação dos materiais apenas nos locais adequados, em sua grande maioria abertos e com ventilação, o que, como dito, minimiza os danos, mas não os impede.

Em relação ao descarte de produtos de origem petrolífera, os maiores problemas são o descarte indevido de objetos contaminados e de resíduos que penetram no solo, entre outros. O descarte de peças sujas de graxa, por exemplo, normalmente é feito em lixo doméstico, ao passo que a medida ideal consiste no gerenciamento dos resíduos para descarte em local apropriado e específico, para que haja o tratamento do resíduo e consequente descontaminação. A solução ideal para o caso, no entanto, é ainda anterior ao uso inadequado: a utilização de materiais menos nocivos, sem que isso venha a afetar a segurança operacional das aeronaves (SANTOS et al., 2008).

Outra forma de contaminação está relacionada ao descarte dos efluentes nos aeroportos, assim classificados: sanitários, industriais e de águas pluviais. Sabe-se que os esgotos desde sempre receberam muita atenção da sociedade e das autoridades. No entanto, observa-se a má gestão dos resíduos sanitários aeroportuários e seu descarte em grelhas de escoamento de áreas pluviais, o que pode gerar riscos às áreas circunvizinhas e, até mesmo, em outras áreas urbanas. Estes fatores exigem que se promova a retirada criteriosa desses efluentes, tanto dos aeroportos quanto das aeronaves. Calha, por oportuno, elucidar que o esgoto industrial se dá pela lavagem de aeronaves em pátio ou da limpeza de peças, enquanto as águas pluviais são oriundas de chuvas ou lavagem das instalações aeroportuárias que possuem produtos nocivos ao meio ambiente (SANTOS et al., 2008).

Quando se trata da fauna, é preciso destacar que, durante a operação dos aeroportos, lixos e resíduos, são fatores de atração para algumas espécies. A propósito, são três os fatores de riscos que se dão pela presença de espécies não nativas da região, a saber: confronto entre as espécies nativas, transmissão de agentes patológicos e possíveis colisões com aeronaves (risco de voo) (COSTANTINI, 2019). Destaca-se, por fim, a sanitização como fator decisório para a construção e funcionamento adequados de uma unidade aeroportuária. Isso porque existe uma possibilidade constante da disseminação de vírus e outras doenças graves propiciadas pela presença de esgoto ou resíduos não devidamente tratados, tendo em vista que milhares de pessoas passam nesses locais todos os dias, vindas de diversos lugares do mundo. Para a prevenção desses problemas, as sedes aeroportuárias precisam de licenças sanitárias para funcionamento e inspeção periódica, o que ocorre na maioria delas. Cabe citar, nesse sentido, a Resolução Conama nº 498, de 19 de agosto de 2020, que define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos e dá outras providências. Em seu artigo 3º, o normativo decreta que fica vedado o uso em solo de lodo proveniente de estação de tratamento de efluentes aeroportuários, de portos e de locais de saúde (CONAMA, 2020).

**3.2 O impacto das aeronaves no meio ambiente**

De acordo com Motta (2021), a aviação contribui para 3,5% das mudanças climáticas mundiais causadas pelo homem. Esses números têm a contribuição, em especial, do querosene de aviação (QAV). A fabricação desse querosene está em fase de redução, tendo em vista algumas dificuldades enfrentadas para a sua produção, como a escassez de petróleo “puro”, que lhe é necessário. Esse líquido está diretamente relacionado à emissão de gases do efeito estufa durante a operação aérea, o que relaciona intimamente a aviação com o aquecimento global (MOTTA, 2021).

Tendo em vista essa alta emissão de gases, algumas empresas buscam adotar medidas ambientalmente sustentáveis propiciadas pelos avanços tecnológicos, como a aquisição de aeronaves mais modernas, leves e que consomem menos combustível. Com efeito, atualmente, é grande a discussão sobre o assunto, não somente em virtude do aquecimento global, mas também pelo fato de que com menos combustível há uma economia operacional consideravelmente maior (NASLAUSKI; HENKES, 2021).

Há, ainda, vários debates sendo travados acerca das fontes alternativas de energia. Nesse sentido, há estudos voltados para a produção de aviões movidos a energia solar, mas infelizmente as baterias são muito pesadas e caras, o que torna o projeto inviável atualmente. Vale ressaltar que algumas fabricantes estão trabalhando na construção de aeronaves elétricas, além, é claro, do desenvolvimento de biocombustíveis, assunto que trataremos adiante (NASLAUSKI; HENKES, 2021).

Quanto aos ruídos em aeroportos, trata-se, por óbvio, de algo rotineiro, porém bastante estudado, uma vez que consiste em um dos maiores problemas do meio aeronáutico. No projeto de construção dos aeroportos e/ou reformas, são determinadas as áreas de trânsito das aeronaves e, por certo, são contempladas alternativas e medidas de redução dessa poluição sonora em solo e no ar, durante as operações (GUEIROS; HENKES; 2021).

Os autores também enfatizam que as grandes linhas de atuação da INFRAERO são: redução de ruído na fonte geradora; adaptação dos procedimentos de pouso e decolagem para a realidade de cada aeroporto; restrição de operação de aeronaves em determinados períodos; e fiscalização da ocupação do solo em volta do aeroporto, cujas regras são de atribuição dos governos municipais.

Outro foco de grande relevância é a construção de aeronaves com motores mais silenciosos e econômicos, viabilizando assim sua operação de forma mais sustentável. Em alguns casos, as empresas aéreas constroem barreiras acústicas para conter os ruídos de aeronaves em teste de motores, caso do centro de manutenção da LATAM, em Guarulhos, localizado a cerca de 300 metros do local (INFRAFM, 2018).

A barreira construída possui estrutura dupla defletora com atenuação acústica, no formato de uma curva ascendente (INFRAFM, 2018). Essa curva acaba fazendo com que os gases emitidos pelos motores das aeronaves subam, protegendo as áreas ao redor de possíveis danos pela temperatura, velocidade do ar do motor e ruídos. Ressalta-se que obras do tipo favorecem a diminuição dos ruídos, mas não os elimina por completo. Essa estrutura da Latam, por exemplo, possui cerca de 17,5 metros de altura e 88 metros de comprimento. O custo para sua edificação foi bastante elevado: a empresa investiu cerca de 8 milhões de dólares (INFRAFM, 2018).

4 POSSÍVEIS SOLUÇÕES E MITIGAÇÕES PARA OS PROBLEMAS AMBIENTAIS ENFRENTADOS NAS INSTALAÇÕES AEROPORTUÁRIAS E NA AVIAÇÃO

Como solução plausível e mais próxima da realidade possível, a adoção de medidas socioambientais é o caminho a ser obrigatoriamente seguido pelos aeroportos. Observa-se, nesse sentido, que a legislação ambiental brasileira não faculta aos aeródromos o descumprimento de obrigações socioambientais. Ao contrário, a Resolução CONAMA 237/97, em atendimento à Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/81), sujeita a atividade aeroportuária ao devido processo de licenciamento ambiental (CONAMA, 1997), e sua regularização oferece ao operador aeroportuário garantia quanto à conformidade de seu empreendimento perante os órgãos ambientais e a sociedade. No mesmo sentido, a Resolução CONAMA nº 470/2015 estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental dos aeroportos regionais. Assim, trata-se de uma obrigação a ser atendida pela atividade aeroportuária, e não mera faculdade ou uma possibilidade (CONAMA, 2015).

Na esteira do cumprimento das obrigações legais, ou para além delas, há os aeroportos sustentáveis, conhecidos como *Green Airports*, construídos ou reformados de maneira sustentável, isto é, em atendimento às diversas regras em que a alteração do ambiente natural se ajusta com este a fim de diminuir os impactos ambientais e garantir o usufruto do ambiente às presentes e às futuras gerações – ideia esta definida como desenvolvimento sustentável. Algumas dessas regras são: adoção de energias renováveis, como a energia solar térmica e fotovoltaica, energia eólica; implementação de projetos de água e paisagismo, cobertura e paredes vegetadas, entre outras medidas (SILVA, 2021).

Ressalta-se que tem crescido o número de certificações ambientais pelo mundo. A mais importante delas é a *Leadership in Energy And Environmental Design* (LEED), que possui a finalidade de estimular técnicas de construções sustentáveis. A LEED é aplicável a construções em geral, não apenas a aeroportos, aplicando-se, contudo, a estes (HENKES et al, 2020).

A certificação se dá por meio de pontos que cada empreendimento vai adquirindo com a implementação dos pré-requisitos estabelecidos. A certificação possibilita vantagens econômicas aos *Green Airports*. Em que pese em um primeiro momento haja a demanda de alto investimento, com o passar do tempo os custos de operação são reduzidos, devido ao retorno considerável que as medidas socioambientais trazem, a exemplo do que ocorre com a implementação de energia fotovoltaica, da reciclagem dos materiais, da redução de papel, da valorização da luz do dia com o menor acionamento de luzes artificiais, da reutilização da água para irrigação, entre outros aspectos importantes (SILVA, 2021).

No Brasil, criou-se o PCAO (Plano de Controle Ambiental de Obras), fruto de diversos normativos legais e infralegais nacionais e internacionais, cujo objetivo é a diminuição de impactos causados pelas obras brasileiras. Com efeito, um dos maiores problemas para a aviação nacional é o descarte de resíduos sólidos, entre eles os também gerados pelas obras, em áreas próximas aos aeródromos, pois as aves são para ali atraídas, podendo danificar as aeronaves em voo, fato este que já causou inúmeros acidentes aéreos, sendo, ainda hoje, um fator preocupante (DA SILVA; GARCIA; HENKES, 2020).

Em nível federal, a ANAC lançou, em 2019, o programa “Aeródromos Sustentáveis”, cujo objetivo é acompanhar o desenvolvimento da gestão ambiental em aeroportos e promover a diminuição dos impactos causados pela aviação ao meio ambiente (ANAC, s.d.). De modo semelhante aos *Green Airports*, os aeródromos não são obrigados a participar do projeto, mas aqueles que a ele aderirem recebem incentivos (RODRIGUES, 2019). O programa, assim como outras medidas, são mais bem expostos a seguir.

**4.1 Aeroportos sustentáveis**

De acordo com a ANAC (2021a), o programa Aeroportos Sustentáveis é um programa não regulatório e voluntário aos aeroportos, segundo o qual cada aeroporto é julgado de acordo com o atendimento aos critérios do programa. São critérios que visam as melhores práticas de sustentabilidade nos aeroportos. O programa objetiva acompanhar as práticas sustentáveis de forma assertiva, além de promover incentivo aos aeroportos na busca por um satisfatório desenvolvimento socioambiental e econômico, além de dar à sociedade visibilidade sobre as práticas adotadas.

Ainda de acordo com a ANAC (2021a), a edição de 2020 no Brasil foi feita com 40 critérios de avaliação, com peso e importância diferenciados e três dimensões gerais: socioambiental, recursos naturais e externalidades. Cada aeroporto foi classificado de acordo com o grupo em que se encaixa, sendo divididos os prêmios entre a Primeira Classe (de pontuação final é igual ou superior à média simples do seu grupo) ou Classe Executiva (pontuação final menor que a média do seu grupo). Para a edição de 2021, o programa adotou 32 critérios com pesos diferenciados, assim como na edição anterior.

4.1.1 Outras ações de sustentabilidade para a mitigação de problemas ambientais

Como medida sustentável que mais se destaca mundialmente, o Departamento de Aviação de Chicago produziu, em 2010, um manual contendo informações importantes sobre sustentabilidade e a prática de estratégias benéficas à operação aeroportuária. No manual, podem-se destacar: serviços próximos ao transporte coletivo, incorporação de vegetação em telhados e reutilização da água da chuva para diversas finalidades, medidas de eficiência energética, gestão de resíduos sólidos, utilização de combustíveis alternativos dentro da instalação aeroportuária, entre outros (LEONE; MEIRELLES, 2014).

4.1.2 Aeroportos mais sustentáveis do Brasil e medidas por eles adotadas

O já comentado projeto Aeroportos Sustentáveis, incentivado pela ANAC, obteve em junho deste ano (2021) os resultados da sua segunda edição, a de 2020. De acordo com o *site* da ANAC, os aeroportos de Salvador, Manaus e Macaé foram os que mais chamaram a atenção dentre os 16 participantes. Em relação à avaliação, foram observados determinados temas específicos ambientais, como, por exemplo, mudanças climáticas, ruído, energia elétrica, recursos hídricos, gerenciamento de resíduos, entre outros. Na Figura 2, observa-se o resultado geral do programa Aeroportos Sustentáveis 2020 (ANAC, 2021b).

**Figura 2 – Resultado geral – Aeroportos Sustentáveis 2020**

Gráfico

Descrição gerada automaticamente

Fonte: ANAC (2021b).

No aeroporto que mais se destacou, Aeroporto de Salvador (SBSV), as decisões de gestão por ele adotadas se deram pela administração da rede VINCI Airports, que tem a concessão do aeroporto desde 2018. Desde a sua concessão, vários projetos foram feitos, assim como o compromisso com o meio ambiente, a partir da prática da estratégia global ambiental das redes de aeroportos. Todos os projetos e reformas feitas – como a adoção de energias renováveis, redução da emissão de carbono, gestão de efluentes e resíduos sólidos e preservação da biodiversidade – deram ao Aeroporto de Salvador, pelo segundo ano consecutivo, o título de “Aeroporto Verde”, mundialmente reconhecido pela Conselho Internacional de Aeroportos (ACI) (ANAC, 2021b; SALVADOR AIRPORT, s.d.).

**4.2 Outros planos e programas de mitigação e compensação de danos**

Os planos e medidas implementadas para a redução de resíduos poluentes já estão em ação atualmente. A ANAC desenvolveu em sua estrutura um plano de ação em que visa a diminuição dos gases, mas não só deles. Medidas como a redução de papéis e de copos plásticos em voo e o emprego de combustíveis alternativos são, em especial, um dos assuntos mais importantes do documento. Ressalta-se que a preocupação com a poluição sonora, visual e física não se dá apenas em relação ao voo, mas durante de toda a operação, desde o momento em que o passageiro compra a passagem até o momento em que ele chega ao seu destino.

Quando se fala em poluentes, destacam-se dois importantes programas: Esquema de Compensação e Redução para a Aviação Internacional (CORSIA) e RenovaBio, a seguir detalhados (YOSHINAGA et al., 2020).

4.2.1 CORSIA

O CORSIA é um programa da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) voltado para a diminuição da emissão de CO2 da atmosfera. Ele tem como objetivo central a redução de gases na atmosfera, de forma que não permita à aviação civil parar de crescer. A mitigação assim prevista pelo CORSIA se dá com foco nas melhorias operacionais e na preocupação com o uso de combustíveis alternativos sustentáveis, como os biocombustíveis. A principal medida adotada na prática é a aquisição de créditos de carbono, em que a empresa emite um certificado garantindo que reduziu sua emissão de gases do efeito estufa (ANAC, 2019).

O Brasil iniciou o processo de monitoramento das emissões de CO2 em janeiro de 2019 pelo CORSIA. A ANAC é responsável por essa implementação no Brasil. De acordo com o site da ANAC, a partir do ano de 2027 as emissões internacionais de operadores brasileiros acima dos níveis observados na média do biênio de 2019-2020 deverão ser compensadas com a aquisição de créditos de carbono ou por combustíveis elegíveis pelo programa (ANAC, 2019).

4.2.2 RenovaBio

O RenovaBio é uma política nacional de biocombustíveis que tem como objetivo o cumprimento dos compromissos firmados pelo Brasil no Acordo de Paris de 2016, entre eles o de promover a expansão de biocombustíveis visando a regularidade no abastecimento interno e reduzir a emissão de gases poluentes, até mesmo na fabricação e comercialização dos chamados biocombustíveis. O RenovaBio estabelece metas internas todos os anos de descarbonização para aumentar a produção e participação das pessoas na utilização dos biocombustíveis no transporte do país, em todos os modais (ANP, 2021).

4.2.3 Combustíveis sustentáveis

À medida que o consumo dos combustíveis fósseis cresce, cresce também a emissão de gases da atmosfera, o que se espera que diminua com o passar do tempo a partir dos compromissos firmados em protocolos internacionais. De acordo com a Agência nacional do Petróleo (ANP), o Brasil é o maior consumidor de combustíveis de aviação da América Latina. Existem atualmente pelo menos seis linhas de combustíveis na aviação: a de motores movidos a gasolina de aviação (AVGAS), a de motores movidos a querosene de aviação (QAV), além do etanol, do diesel, do bioquerosene, já utilizados, e do combustível à base de biomassa, em fase de testes (ANAC, 2020b).

O etanol já é bastante usado na aviação agrícola, principalmente pelos aviões Ipanema, da Embraer. Esse combustível possui um custo bem menor se comparado ao AVGAS, além, é claro de reduzir a emissão de gases de efeito estufa. É possível a mistura entre os combustíveis, e a mistura com a participação de apenas 10% de etanol já promove bons resultados perceptíveis. Cada Ipanema movido a etanol deixa de emitir por ano cerca de 20 quilos de chumbo na atmosfera (DEFESANET, 2014).

O diesel verde, por sua vez, não é considerado cem por cento sustentável, pois quimicamente é idêntico àquele que vem do petróleo, porém com a adição de componentes de origem animal ou vegetal. É composto da mistura entre gordura vegetal e animal, cana-de-açúcar, álcool e biomassa ([SCALDAFERRI](https://repositorio.ufmg.br/browse?type=author&value=Cristiane+Almeida+Scaldaferri), 2019).

Por último, e mais importante – em virtude de ser renovável e a alternativa mais eficiente para neutralizar a emissão de carbono –, o bioquerosene, composto de hidrocarbonetos com cadeias lineares ou cíclicas, que se assemelham ao querosene fóssil, podendo ser usado em mistura com outro querosene e até mesmo puro ([SCALDAFERRI](https://repositorio.ufmg.br/browse?type=author&value=Cristiane+Almeida+Scaldaferri), 2019).

Ribeiro (2019) comenta que na aviação brasileira ocorreu a utilização de bioquerosenes pela TAM (LATAM hoje em dia), Azul e Gol. A Gol teve a experiência mais significativa: em 300 voos misturou 4% de bioquerosene. Contudo, o experimento não prosseguiu, uma vez que seus custos são bastante superiores ao querosene convencional. Contudo, vale ressaltar que o bioquerosene é em média 80% menos poluente que o querosene fóssil.

É notório e sabido que o Brasil tem superfície e condições altamente favoráveis à agricultura e capacidade inquestionável para a produção desses biocombustíveis, mas faltam iniciativas e incentivos governamentais para tirar os planos do papel. Hoje o que se vê é a escassez de matéria-prima para a sua produção, uma vez que não há demanda de fabricação em grande escala (ISTOÉDINHEIRO, 2020).

4.3 Desenvolvimento de motores econômicos em voo, com menos ruídos

Com o incremento da legislação ambiental nas últimas décadas e, mais recentemente, no meio aeronáutico, há certas preocupações por parte das principais fabricantes de motores de aeronaves, entre eles, a de assimilar motores mais eficientes, com menos ruídos, mais econômicos e leves. Uma das pioneiras na aviação, a Rolls Royce, afirma atentar-se para as emissões de carbono de seus motores, realizando, desse modo, a chamada compensação de carbono. A empresa afirma que é preciso haver preocupação inclusive na hora da fabricação dos motores, por meio do uso de novas tecnologias, como impressoras 3D para a confecção de seus componentes (*Additive Layer Manufacturing*) – carbono e titânio (SUTTON, 2021.).

Em sua maioria, os motores aeronáuticos são testados para a utilização de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF), e, nesse sentido, a empresa Rolls Royce afirma em seu site que o combustível sustentável tem um futuro transformador para a aviação, dotado de um ciclo de uso com potencial de reduzir as emissões líquidas do ciclo de vida de CO2 em mais de 75% se comparado com o combustível tradicional, ou mesmo zero emissão, se criado por usina nuclear (SUTTON, 2021).

4.4 A implementação de aeronaves elétricas

Outro grande aliado da redução de emissões de carbono e ruído aeronáutico é o avanço das tecnologias para aeronaves elétricas. Nos tempos atuais, as aeronaves que funcionam eletricamente já são uma realidade, porém ainda inoperáveis na aviação comercial, estando nas fases de autorização e licenças. As vantagens são sobretudo financeiras, com redução dos custos com combustível e com manutenção. Como principais desvantagens, destaca-se o aumento de peso das aeronaves ocasionado pelas baterias – com impacto na capacidade de carga – e o tempo de recarga, maior do que o dos aviões movidos a combustão (KLITZKE, 2021).

Tendo em vista o avanço das tecnologias de aeronaves elétricas, algumas empresas no ano de 2021 demonstraram interesse em adquiri-las. Para tanto, estudos sobre viabilidade e certificações necessárias para a sua operação estão sendo realizados. A fabricante brasileira de aeronaves EMBRAER possui um lançamento nomeado EVE, em desenvolvimento para ser considerado um “carro voador”. Entre as companhias aéreas brasileiras, duas delas demonstraram interesse em comprar aeronaves elétricas para compor as suas frotas, com destaque para a Azul, que intenciona adquirir o Lilium (Figura 3), e para a Gol, que visa o modelo VA-X4 (Figura 4). Com a implementação de aeronaves elétricas e de tecnologia avançada, acredita-se em viagens mais econômicas e com uma redução de impactos ambientais em todas as suas vertentes (AGÊNCIA O GLOBO/EXAME, 2021).

Avião de água e nuvens no céu

Descrição gerada automaticamente com confiança média**Figura 3: Avião LiliumFigura 4: Modelo VA-X4**

Fonte: Lilium Air Mobility (2021). Fonte: imagem da Gol/Divulgação (AGÊNCIA O GLOBO/EXAME, 2021).

**Considerações Finais**

Este artigo abordou a relação entre a atividade aeroportuária e o meio ambiente, pontuando os impactos causados por aquela, em especial os relacionados às emissões de gases, de resíduos sólidos, de efluentes e de ruídos emitidas pelos aeródromos e pelas aeronaves. O objetivo central é o de conscientizar acerca da necessidade de mitigação dos danos ambientais causados pela aviação geral. Observa-se que a infraestrutura aeroportuária precisa ser constantemente adaptada de acordo com a mudança de perfil dos operadores, com as exigências legais e com a introdução de novos paradigmas de sustentabilidade.

Dentre os problemas relacionados às atividades em terra, destacam-se as emissões de vapores químicos no manuseio de combustíveis; descarte inadequado de produtos de origem petrolífera (efluentes); descarte de peças de manutenção de aeronaves; falta ou incipiente gerenciamento de resíduos sólidos, como o lixo produzido pelos utilizadores das instalações; descarte de esgoto em áreas pluviais, que podem trazer problemas nas áreas vizinhas; e pelos fatores de atração da fauna, que oferecem risco constante de colisão de aeronaves e pássaros, podendo afetar a segurança do voo.

A relação entre a operação das aeronaves e o meio ambiente é relativamente simples: o ruído por elas gerado e os gases que emitem impactam a qualidade de vida no planeta. Os ruídos consistem em um dos principais aspectos observados durante a construção ou reforma de um aeroporto e durante a sua normal operação. Como medidas de contenção de ruídos, o operador busca: diminuição de barulho dos motores (fontes geradoras), adaptações de pousos e decolagens, horários de operação restritos e a fiscalização de ocupações irregulares próximas aos aeroportos. A emissão de gases de aeronaves, por sua vez, contribui com 2.8% para a mudança climática mundial.

Entre as medidas de tentativa de reversão desse cenário, destaca-se o avanço da tecnologia de fabricantes de motores aeronáuticos, que intencionam deixá-los mais leves e silenciosos, o que implica economia de combustível e menos emissões de gases do efeito estufa.

Como solução em terra para os aeroportos, há certificações e programas de suma importância para o incentivo da diminuição da poluição emitida pelos aeroportos dentro de suas instalações – por meio, por exemplo, do reaproveitamento de água, da instalação de paredes verdes, da diminuição da poluição visual causada por publicidade e disponibilização aos usuários de locais adequados e de fácil acesso para o descarte de recicláveis. Os programas como LEED, CORSIA, RenovaBio, a adoção de combustíveis sustentáveis e o projeto Aeroportos Sustentáveis são igualmente relevantes para a solução dos problemas apontados.

Como última solução da presente pesquisa, o desenvolvimento de motores econômicos e de tecnologia de ponta com fabricação em impressora 3D tendem a gerar economia e segurança, diminuindo o peso embarcado na aeronave, aumentando a sua eficiência e reduzindo os custos. Algumas empresas estão mirando, ainda, nas chamadas aeronaves elétricas, ainda em fase de estudos e projetos. Dotadas de alta tecnologia, elas voam apenas com energia elétrica ou energia mista e contam com baterias recarregáveis. Os primeiros protótipos já foram confeccionados, cabendo à indústria, aos órgãos competentes e às empresas aéreas o interesse em sua adoção e homologação.

**REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Corsia**. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/corsia. Acesso em: 10 out. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Empresas aéreas brasileiras transportam 104,4 milhões de passageiros em 2019**. 2020a. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2020/empresas-aereas-brasileiras-transportam-104-4-milhoes-de-passageiros-em-2019. Acesso: 10 out. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Combustíveis sustentáveis para a aviação.** 2020b. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/combustiveis-sustentaveis-para-a-aviacao. Acesso em: 12 out. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Aeroportos Sustentáveis 2020**. 2021a. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/aeroportos-sustentaveis/2020. Acesso em: 16 out. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Resultados**. 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/resultados>. Acesso em: 13 out. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Aeroportos Sustentáveis**. s.d. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/aeroportos-sustentaveis. Acesso em: 20 jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **RenovaBio.** 2021. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio. Acesso em: 15 jun. 2021.

AGÊNCIA O GLOBO. Os planos de Gol, Azul e Embraer para tirar do papel ‘carros voadores’. 2021. **Revista Exame**. Disponível em: <https://exame.com/negocios/os-planos-de-gol-azul-e-embraer-para-tirar-do-papel-carros-voadores/>. Acesso: 05 nov. 2021.

BRASIL. **Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986**. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/leis/l7565compilado.htm. Acesso em: 20 out. 2021.

CASTILHO, Rafael. **Aeroportos mais antigos do mundo em operação comercial.** 2020. Disponível em: <https://www.melhoresdestinos.com.br/aeroportos-mais-antigos-mundo.html>. Acesso em: 10 out. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução 237/1997. **Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental***.* Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 1 nov. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução 470/2015. **Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental dos aeroportos regionais.** Disponível em: https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=135818. Acesso em: 1 nov. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução 498/2020. **Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e dá outras providências.** Disponível em: https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=135818. Acesso em: 1 nov. 2021.

COSTANTINI, Lorena. Composição e distribuição da avifauna no aeroporto internacional de Salvador, sob o foco do gerenciamento de risco de fauna. **Revista Conexão SIPAER**, v. 10, n. 3, p. 39-54, 2019.

DA SILVA, Denílson Teixeira; GARCIA, Cleo Marcus; HENKES, Jairo Afonso. Aeroportos Verdes (Green Airports): Iniciativas e Certificações. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 5-39, 2020.

DEFESANET. EMBRAER. **Dez anos do Ipanema movido a etanol**. 2014. Disponível em: https://www.defesanet.com.br/embraer/noticia/17130/EMBRAER----Dez-anos-do-Ipanema-movido-a-etanol-/. Acesso em: 09 jul. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA (INFRAERO). **Histórico**. s.d. Disponível em: <https://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-do-rio-de-janeiro-santos-dumont/sobre-o-aeroporto/historico/> Acesso em: 12 nov. 2021.

GUEIROS, Gabriel Machado; HENKES, Jairo Afonso. Aspectos e impactos socioambientais do ruído aeronáutico. **Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas**, v. 1, n. 4, p. 26-45, 2021.

INFRAFM. **Tecnologias inéditas nas obras do Centro de Manutenção da LATAM Brasil**. 2018. Disponível em: <https://infrafm.com.br/Textos/18507/Tecnologias-inéditas-nas-obras-do-Centro-de-Manutenção-da-LATAM-Brasil>. Acesso em: 14 out. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). CPTEC. **El Niño e La Niña**. 2021. Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br. Acesso em: 15 out. 2021.

ISTOÉDINHEIRO. **Ubrabio:** redução de biodiesel foi necessária por falta de matéria-prima no País. 2020. Disponível em: https://www.istoedinheiro.com.br/ubrabio-reducao-de-biodiesel-foi-necessaria-por-falta-de-materia-prima-no-pais/. Acesso em: 10 out. 2021.

KLITZKE, Itacir. **Uso de motores elétricos na aviação de pequeno porte em substituição aos atuais motores a combustão**. 2021. Monografia (Graduação) – Curso de Ciências Aeronáuticas da Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça/SC, 2021. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/13250. Acesso em: 29 out. 2021.

LEONE, Camila; MEIRELLES, Célia Regina Moretti. Terminal 3 de Guarulhos: projeto, sustentabilidade e inovação. **Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo**, 2014.

MAGALHÃES, Thiago Salume. **A infraestrutura aeroportuária brasileira e o uso de tecnologias no desenvolvimento da aviação**. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Curso de Ciências Aeronáuticas. Unisul Virtual, Palhoça/SC, 2020.

MOTTA, Arthur Madalena; FRANCÉ, Raul. **Mudanças Climáticas e Aviação:** Relação Mútua e Efeitos. Trabalho de Conclusão Curso (Monografia) – Curso de Ciências Aeronáuticas. Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC/GO), 2021.

MOURA, Lilian de Oliveira; SOUSA, Caissa Veloso; LARA, José Edson. Experiências de compra e consumo em aeroportos nacionais e internacionais. **Anais do III SINGEP e II S2IS** – São Paulo/SP, Brasil, 2014.

NASLAUSKI, Matteo Grimberg; HENKES, Jairo Afonso. Fontes alternativas de energia para a aviação: uma análise sobre o uso de energias renováveis. **Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas**, v. 1, n. 1, p. 103-126, 2021.

RIBEIRO, Gustavo. **Gazeta do Povo**. Brasil é apenas um espectador no avanço dos biocombustíveis para aviões. 2019. Disponível em: https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/bioqav/brasil-e-apenas-um-espectador-no-avanco-dos-biocombustiveis-para-avioes-280319. Acesso em: 08 out. 2021.

RODRIGUES, Felix Barbieri Contreiras. **Birdstrike:** medidas de prevenção de risco da fauna para a aviação civil. Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina – Unisul Virtual, 2019.

SALVADOR, Airport/Bahia Sustentabilidade. s.d. Disponível em: <https://www.salvador-airport.com.br/pt-br/sustentabilidade>. Acesso em: 2 fev. 2021.

SANTOS, Vanessa Rita dos et al. **Impacto ambiental na implantação de aeroportos**. 2008. Disponível em: <https://ensus2008.paginas.ufsc.br/files/2015/09/Impacto-ambiental-na-implantação-de-aeroportos-1.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

SCALDAFERRI, Cristiane Almeida. **Síntese de bio-hidrocarbonetos via catálise heterogênea para a produção de bioquerosene de aviação e diesel verde**. Tese (Doutorado em Química). Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais. Repositório UFMG. Belo Horizonte/MG, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/SFSA-BAUPRS>. Acesso em: 11 out. 2021.

SILVA, Celso José Leão. **Transporte aéreo, infraestrutura aeroportuária e controle urbano:** o estudo de caso do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, 2010.

SILVA, Sergio Felix. **Infraestrutura aeroportuária sustentável nos aeroportos brasileiros.** Monografia (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Curso de Ciências Aeronáuticas. Unisul, Palhoça/SC, 2021. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/13558 Acesso em: 18 out. 2021.

SUTTON, Jacqui. Our sustainability journey. 2021. Disponível em: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2021/our-sustainability-journey.aspx>. Acesso: 23 set. 2021.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE (WWF). **As mudanças climáticas.** s/d. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/>. Acesso em: 15 out. 2021.

YOSHINAGA, Fabiana et al. Bioquerosene para aviação: cenário atual e perspectivas futuras. **Bioenergia em Revista: Diálogos** (ISSN: 2236-9171), v. 10, n. 1, 2020.

E-mail: m.19.99@hotmail.com

Contato: (62) 98193-3642

.

1. Acadêmica de bacharelado do Curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. E-mail: m.19.99@hotmail.com. [↑](#footnote-ref-1)
2. Doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Possui graduação em Física pela Universidade Federal de Goiás (1988) e mestrado em Física pela Universidade de São Paulo (1991). abechepeche@yahoo.com.br. [↑](#footnote-ref-2)