

O TRANSPORTE AÉREO E O MERCADO DE CARBONO: ALTERNATIVAS PARA A MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

AIR TRANSPORTATION AND THE CARBON MARKET: ALTERNATIVES FOR MITIGATING ENVIRONMENTAL IMPACTS

GRACE LADEIRA GARBACCIO

Doutora em Direito pela Universidade de Limoges com Pós-doutorado em Administração pela Université Paris 1 - Panthéon Sorbonne e em Direito pela Université Côte d'Azur - Nice. Graduação em Direito pela Universidade Federal de Minas Gerais e em Administração pela Fundação João Pinheiro. Professora dos Mestrados e Doutorados em Administração Pública e em Direito Constitucional do IDP – Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa.

ÁLDRIEN HENRIQUE DE CASTRO RODRIGUES

Doutorando em Direito Constitucional pelo IDP. Juiz de Direito no Tribunal do Estado do Amazonas

THOBYAS TORRES ARAÚJO

Graduando em Direito pela UFAM e estagiário no Tribunal Regional do Amazonas

RESUMO

Objetivo: analisar os impactos ambientais decorrentes das atividades do transporte aéreo, especialmente no contexto internacional, avaliando o regramento jurídico aplicável e as possíveis medidas de mitigação desses efeitos.

Metodologia: parte-se de uma abordagem qualitativa e dedutiva, com base em pesquisa bibliográfica e documental, para compreender a relação entre a aviação civil, o aquecimento global e a degradação ambiental. A pesquisa percorre desde a origem histórica dos aeroportos até a atual configuração do setor, destacando os principais poluentes gerados pela aviação, como o dióxido de carbono (CO₂) e o óxido de nitrogênio (NOx), e suas consequências sobre a camada de ozônio e o clima global.

Resultados: A conclusão ressalta a urgente necessidade de medidas mais eficazes e equitativas, para prevenir o aprofundamento das desigualdades socioambientais e a continuidade dos danos causados por um setor historicamente privilegiado.

Contribuições: o estudo evidencia de forma clara os impactos ambientais da aviação e aponta medidas concretas (mercado de carbono, biocombustíveis, aeroportos



verdes, CORSIA/RenovaBio), subsidiando a mobilização social por políticas públicas mais rígidas e por maior responsabilização das companhias aérea; bem como identifica lacunas regulatórias no Brasil e sugere agendas de pesquisa aplicadas sobre eficácia de mecanismos de compensação, viabilidade técnica e econômica de SAFs e aeronaves elétricas, além de análises de justiça climática e inclusão de comunidades tradicionais.

Palavras-chave: Aviação civil; Impacto ambiental; Gases de efeito estufa; Legislação ambiental; Mercado de carbono.

ABSTRACT

Objective: to analyze the environmental impacts caused by air transport activities, particularly in the international context, by evaluating the applicable legal frameworks and exploring possible mitigation strategies.

Methodology: the research adopts a qualitative and deductive approach, based on bibliographic and documentary analysis, to understand the relationship between civil aviation, global warming, and environmental degradation. The study traces the historical development of airports, from their origins to the current structure of the aviation sector, highlighting major pollutants such as carbon dioxide (CO₂) and nitrogen oxides (NOx), and their effects on the ozone layer and climate change.

Results: the conclusion underscores the urgent need for more effective and equitable measures, to prevent the deepening of socio-environmental inequalities and the continuation of damage caused by a historically privileged sector.

Contributions: the study clearly demonstrates the environmental impacts of aviation and identifies concrete measures (carbon markets, biofuels, green airports, CORSIA/RenovaBio), supporting social mobilization for stricter public policies and greater accountability of airlines; it also highlights regulatory gaps in Brazil and proposes applied research agendas on the effectiveness of compensation mechanisms, the technical and economic feasibility of SAFs and electric aircraft, as well as analyses of climate justice and the inclusion of traditional communities.

Keywords: Civil aviation; Environmental impact; Greenhouse gases; Environmental legislation; Carbon Market.

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, deu origem à liberação contínua de poluentes, que atingiu níveis críticos no século XX, comprometendo a saúde pública e o clima. Os gases de efeito estufa (GEE), como o CO₂ e o CH₄, são os principais responsáveis por esse cenário, ao reterem a radiação infravermelha e intensificarem o aquecimento global (COWIE, 2007; WEART, 2008).

A crescente preocupação global com a sustentabilidade tem ampliado o debate sobre a gestão ambiental, incluindo o setor da aviação civil, um dos mais poluentes,



devido à queima de combustíveis fósseis, emissão de ruídos, contaminação hídrica e geração de resíduos sólidos.

Embora pouco mencionadas pela mídia, as companhias aéreas são grandes emissoras de GEE e consomem parcela significativa do petróleo refinado. Do total extraído, 7% destinam-se ao querosene e à gasolina de aviação, ambos com alto poder de combustão.

Apesar da aparente inofensividade dos poluentes atmosféricos, sua exposição contínua afeta a saúde humana. Os impactos da aviação são agravados pela altitude de operação, o que dificulta a percepção cotidiana, mas não reduz sua gravidade ambiental.

O tráfego aéreo intensifica os efeitos dos GEE, gerando preocupação em organismos como a OACI, que tem reforçado ações para reduzir os danos ambientais provocados pela aviação.

A aviação civil é essencial para a conectividade global, mas seus benefícios logísticos implicam sérios desafios ambientais, que exigem atenção técnica e resposta regulatória coordenada.

A pesquisa adota método dedutivo, com abordagem qualitativa, baseada em análise bibliográfica e documental nacional e internacional. Examina estudos científicos, normas da aviação e legislação ambiental, buscando fundamentar a discussão sobre os impactos da aviação no meio ambiente.

O objetivo geral é analisar os impactos ambientais do transporte aéreo, focando nas emissões de GEE e nas possibilidades de mitigação, especialmente em voos internacionais, com base no direito ambiental e na regulação global. Como objetivos específicos: (i) contextualizar o surgimento da aviação; (ii) identificar seus impactos ambientais; (iii) analisar a legislação brasileira; e (iv) discutir soluções viáveis, como o mercado de carbono, políticas públicas e inovações tecnológicas.

O artigo está estruturado em seis capítulos: (1) evolução da aviação no mundo e no Brasil; (2) fundamentos do aquecimento global; (3) impactos ambientais da aviação; (4) debate internacional sobre poluição e recursos naturais; (5) legislação ambiental brasileira; e (6) estratégias de mitigação, com foco no mercado de carbono e na justiça climática.



2 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).

2.2 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 nº 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 voo (artigos 47 a 65);

III - o sistema de segurança de voo (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



Fonte: ANAC (2020a).

3 O AQUECIMENTO GLOBAL E O EFEITO ESTUFA

O aquecimento global refere-se ao aumento da temperatura média da Terra, causado tanto por fatores naturais quanto por ações humanas. Seus principais efeitos negativos incluem o desequilíbrio climático, como alterações no regime de chuvas, intensificação de secas e fenômenos extremos. A maior parte do aquecimento observado nas últimas décadas decorre do aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) de origem antropogênica (WWF, s.d.).

Os GEEs reconhecidos pelo Protocolo de Kyoto incluem o Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hexafluoreto de Enxofre (SF₆), Hidrofluorcarbonos (HFCs) e Perfluorcarbonos (PFCs). Esses gases formam uma camada na atmosfera que retém calor, permitindo a manutenção da vida na Terra. Embora o efeito estufa seja um fenômeno natural, seu agravamento está associado a

atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e a agropecuária intensiva, resultando em instabilidade climática (WWF, s.d.).

Segundo o IPCC, há 90% de certeza de que o aumento da temperatura global é causado pela ação humana. As mudanças climáticas englobam eventos extremos, como furacões, ondas de calor e tempestades. Fenômenos como El Niño e La Niña, relacionados ao aquecimento e resfriamento das águas oceânicas, ocorrem entre intervalos de 2 a 7 anos e ainda dividem opiniões científicas quanto à influência humana ou causas naturais, como a liberação de calor de magma vulcânico nos oceanos (INPE, 2021).

4 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.

4.1 PROBLEMAS DE POLUIÇÃO MAIS FREQUENTES EM AEROPORTOS

Na operação aeroportuária, os principais impactos ambientais decorrem de práticas rotineiras, como emissão de vapores químicos, descarte inadequado de derivados de petróleo, efluentes e resíduos sólidos, atração de fauna e sanitização deficiente (SANTOS et al., 2008).

A emissão de vapores ocorre, sobretudo, no abastecimento de aeronaves, gerando danos à saúde dos trabalhadores, como irritações e alterações imunológicas e neurológicas. O uso de EPIs e a manipulação em áreas ventiladas são medidas mitigadoras, embora insuficientes.



Quanto ao descarte de resíduos petrolíferos, destaca-se o destino inadequado de objetos contaminados, como peças com graxa, que deveriam ser encaminhadas para tratamento especializado. A mitigação ideal envolve o uso prévio de materiais menos poluentes, sem comprometer a segurança das operações (SANTOS et al., 2008).

Os efluentes aeroportuários dividem-se em sanitários, industriais e pluviais. A má gestão desses resíduos, especialmente o descarte em grelhas pluviais, pode afetar áreas urbanas próximas. É essencial a remoção adequada dos efluentes, como os oriundos da lavagem de aeronaves e instalações com agentes químicos (SANTOS et al., 2008).

Resíduos sólidos atraem fauna, o que pode gerar confrontos entre espécies, transmissão de doenças e risco de colisão com aeronaves (COSTANTINI, 2019). Já a sanitização é crucial para evitar a disseminação de vírus em locais com alta circulação internacional. Por isso, exige-se licenciamento sanitário e inspeções periódicas. A Resolução Conama nº 498/2020 proíbe o uso agrícola de lodo oriundo de efluentes de aeroportos, portos e unidades de saúde (CONAMA, 2020).

4.2 O IMPACTO DAS AERONAVES NO MEIO AMBIENTE

A aviação contribui com cerca de 3,5% das mudanças climáticas globais, sobretudo pela queima do querosene de aviação (QAV), cuja produção enfrenta escassez de petróleo adequado (MOTTA, 2021). Para reduzir emissões, empresas adotam aeronaves mais leves e eficientes, visando sustentabilidade e economia (NASLAUSKI; HENKES, 2021).

Estudos sobre energia solar e elétrica em aviões ainda esbarram em limitações técnicas, enquanto biocombustíveis estão em desenvolvimento. A poluição sonora é outro desafio nos aeroportos, demandando medidas de mitigação no planejamento urbano e infraestrutura, como barreiras acústicas (GUEIROS; HENKES, 2021; INFRAFM, 2018).

A operação aérea exige alto consumo de combustível, tornando o setor ambientalmente impactante (KNORRE, 2014; FIGUEIREDO, 2013). A crescente preocupação ambiental tem influenciado o design e operação das aeronaves,



impulsionando inovações pautadas em desempenho e menor impacto climático (PIRES, 2012).

Desde os anos 1960, a consciência ambiental tem norteado regulamentações e pesquisas. A aviação é alvo de estudos por seu impacto significativo nas mudanças climáticas, demandando avaliações sistemáticas de desempenho ambiental. Emissões em altitudes elevadas intensificam seus efeitos, agravando a destruição da camada de ozônio (PIRES, 2012).

Entre 1990 e 2004, as emissões de CO₂ da aviação cresceram 85%, superando outros setores. Um Airbus A380, por exemplo, consome energia equivalente a 3.500 carros (KNORRE, 2014). O relatório “Aviação e a Atmosfera Global” (IPCC, 1999) evidenciou a importância climática da aviação, responsável por 63% do efeito radiativo em 1992.

As emissões em cruzeiro (8–12 km de altitude) intensificam os efeitos atmosféricos, e o QAV segue insubstituível devido às suas propriedades físico-químicas. Combustíveis sintéticos e biocombustíveis são alternativas promissoras, mas ainda ineficientes (DE VILLA, 2010).

A aviação ainda utiliza halon, agente extintor proibido globalmente por destruir a camada de ozônio. Reservas especiais mantêm seu uso em situações críticas, embora alternativas estejam em desenvolvimento (DE VILLA, 2010).

Para enfrentar os impactos, a aviação civil tem investido em tecnologias limpas, como o programa Clean Sky, que visa reduzir em 50% as emissões de CO₂ (BETIOLO et al., 2009). A União Europeia implementou em 2012 uma cobrança por emissões, apesar da resistência internacional (GLOBO, 2012).

A British Airlines adotou gasogênio de lixo para reduzir emissões em até 95%, embora a meta nacional britânica seja de 30% até 2050 (KNORRE, 2014). Estudos preveem que o aumento de voos domésticos intensificará emissões, sendo essencial a adoção de estratégias sustentáveis (BLUHM et al., 2016).

5 A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA

A legislação brasileira contempla os impactos ambientais da aviação por meio de instrumentos como a Lei nº 6.938/1981, que institui a Política Nacional do Meio



Ambiente, estabelecendo diretrizes para a conservação e controle de atividades potencialmente degradadoras. No setor aéreo, destaca-se a Resolução CONAMA nº 01/1986, que exige Estudo e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) para projetos com risco de degradação significativa.

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) possui papel central na regulamentação da aviação civil, inclusive em aspectos ambientais, atuando em conjunto com o IBAMA para garantir o cumprimento das normas. Esse conjunto normativo integra variáveis ambientais à análise de viabilidade de empreendimentos e à preservação ecológica.

As aeronaves emitem poluentes similares aos gerados em outras formas de combustão. Quando emitidos a altitudes inferiores a 3.000 pés, tais poluentes — como os óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), dióxido de enxofre (SO₂) e material particulado (PM₁₀ e PM_{2.5}) — afetam diretamente a qualidade do ar local, somando-se à poluição urbana.

O Brasil, representado pela ANAC na OACI, aplica normas técnicas para proteger a saúde pública e mitigar impactos ambientais do setor aéreo. Nesse sentido, o RBAC nº 34 regulamenta a emissão de fumaça e gases por motores aeronáuticos, alinhando o país aos padrões do Anexo 16 da OACI.

A ANAC integra o Comitê de Proteção Ambiental da Aviação (CAEP), participando de debates técnicos sobre controle de emissões. Os resultados são incorporados à regulação nacional por meio do RBAC 34. Internamente, a regulação ambiental da aviação é majoritariamente federal, sob responsabilidade da ANAC.

Dentre os principais instrumentos legais, destaca-se a Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais), que prevê sanções para a emissão de poluentes e danos a ecossistemas. A Resolução ANAC nº 362/2015 também se destaca ao estabelecer critérios para certificação ambiental de aeroportos, abrangendo resíduos, emissões e biodiversidade.

A Lei nº 12.725/2012, que institui a Política Nacional de Aviação Civil (PNAC), busca o crescimento sustentável do setor, promovendo eficiência energética, redução de GEEs e minimização dos impactos ecológicos. O país é signatário de acordos como a Convenção de Chicago e o CORSIA.



No campo da poluição sonora, a Resolução CONAMA nº 01/1990 fixa limites máximos de emissão de ruídos. Quanto à fauna, a Lei nº 9.985/2000 (SNUC) estabelece diretrizes para áreas protegidas, inclusive próximas a aeroportos.

Assim, o arcabouço normativo brasileiro, de competência majoritariamente federal, abrange temas como poluição atmosférica, sonora e proteção da biodiversidade, sendo respaldado por tratados internacionais e políticas públicas sustentáveis.

6 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, será mais bem exposto a seguir.



6.1 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.

6.1.1 Outras ações de sustentabilidade para a mitigação de problemas ambientais

C

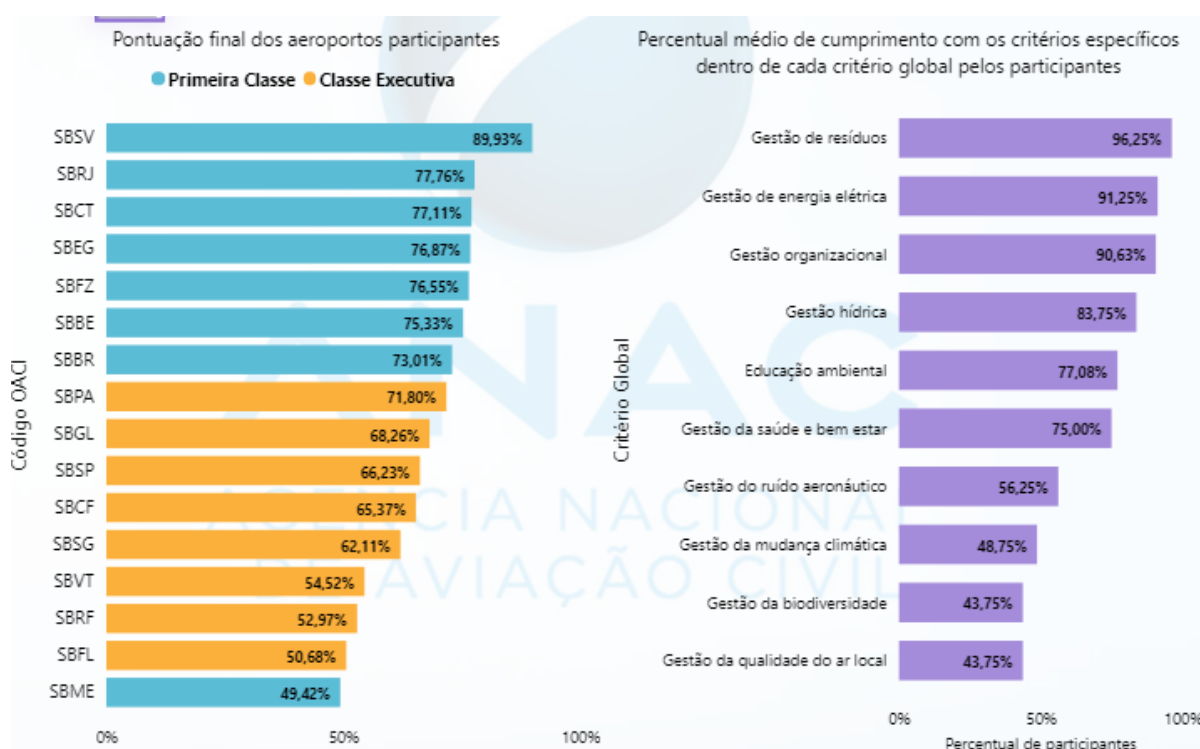
Como medida sustentável que mais se destaca mundialmente, o Departamento de Aviação de Chicago produziu, em 2010, um manual contendo informações importantes sobre sustentabilidade e a prática de estratégias benéficas à operação aeroportuária. No manual, podem-se destacar: serviços próximos ao transporte 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).



6.1.2 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



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.).

6.2 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 (CORISIA) e RenovaBio, a seguir detalhados (YOSHINAGA et al., 2020).

6.2.1 CORISIA

O CORISIA 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 CORISIA 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 CORISIA. 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).

6.2.2 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).

6.2.3 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, 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, 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).

6.3 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).

6.4 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).



Figura 3: Avião Lilium



Figura 4: Modelo VA-X4



Fonte: Lilium Air Mobility (2021).

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

6.5 MERCADO DE CARBONO

O Protocolo de Kyoto criou três mecanismos de flexibilização: implementação conjunta, comércio de emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), voltados à compra e venda de permissões ou créditos de redução de emissões.

A implementação conjunta e o comércio de emissões são voltados aos países do Anexo I (nações desenvolvidas), permitindo-lhes cumprir metas mediante aquisição de créditos entre si. A primeira exige que os recursos obtidos sejam aplicados em projetos de mitigação, enquanto a segunda permite comercializar excedentes em relação às metas acordadas, configurando o sistema cap and trade (IPEA, 2009).

Já o MDL permite que países desenvolvidos realizem projetos de mitigação em países em desenvolvimento, como o Brasil, gerando Reduções Certificadas de Emissões (RCE). Essa cooperação implica transferência de recursos para ações climáticas nesses países.

A obtenção de créditos depende do cumprimento de requisitos técnicos e legais, como a validação das reduções por entidades reconhecidas e a efetiva participação voluntária da parte proponente. Os projetos devem gerar benefícios mensuráveis, duradouros e adicionais à linha de base definida, conforme o art. 12 do Protocolo de Kyoto.



A adicionalidade é essencial no MDL: as reduções só são válidas se forem inferiores às que ocorreriam na ausência do projeto. Apesar da dificuldade de comprovar essa linha de base, isso não inviabiliza sua aplicação (CGEE, 2010).

Nos países do Anexo I, as metas são calculadas com base nas emissões totais nacionais de todos os setores, usando 1990 como referência. Já nos países fora do Anexo I, a mitigação é quantificada por projeto, comparando-se com a linha de base.

O Mercado de Carbono divide-se em duas modalidades: o Regulamentado (ligado ao Protocolo de Kyoto) e o Voluntário. No primeiro, os créditos cumprem metas obrigatórias; no segundo, decorrem de iniciativas espontâneas de empresas e governos (SILVA; FREIRA; BASSETO, 2012).

As transações podem ocorrer sob regimes como o europeu, baseado em licenciamento de emissões, ou em setores como energia e reflorestamento. No mercado voluntário, certificações são feitas por entidades independentes. No regulado, atuam o Conselho Executivo, Entidades Operacionais Designadas (EOD) e Autoridades Nacionais Designadas (AND), responsáveis pela aprovação, validação e certificação (SILVA; FREIRA; BASSETO, 2012).

O Mercado Europeu de Carbono permite o uso de créditos de MDL por países da União Europeia, conforme a Linking Directive. Cada Estado deve elaborar um Plano Nacional de Alocação (NAP), definindo o número de licenças de emissão por setor (GODOY; SAES, 2015).

Além desse, existem outros sistemas de comercialização, como RGGI, WCI e CERUPT, com regras próprias sobre metas e procedimentos (CGEE, 2010).

Embora não seja puramente mercantil, o mercado segue lógica econômica, com preços e demanda sujeitos à atuação dos agentes e ao comprometimento com metas (GODOY; SAES, 2015).

A valorização dos créditos e aumento dos projetos MDL foi expressiva no fim dos períodos de compromisso. Em 2019, novo aumento ocorreu com a aproximação do término do segundo ciclo.

As metas permanecem em construção com o Acordo de Paris. Contudo, o mercado ainda enfrenta desafios operacionais e altos custos de transação, exigindo investimentos significativos (GODOY, 2013).



6.5.1 O Mercado de Carbono no Brasil

O Brasil adota o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) como instrumento de flexibilização no Mercado de Carbono, por integrar o grupo dos países não pertencentes ao Anexo I do Protocolo de Kyoto, destacando-se como precursor na elaboração de projetos (BITTENCOURT; BUSH; CRUZ, 2018).

O compromisso nacional com a redução de GEE foi formalizado pela Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009). A Autoridade Nacional Designada (AND) era a CIMGC e, atualmente, é a Coordenação-Geral do Clima (Decreto nº 9.759/2019).

A emissão de RCE exige aprovação do projeto pela AND, validação e registro junto ao Conselho Executivo, que verifica e certifica as reduções.

O Brasil ocupa o 3º lugar em número de projetos de MDL aprovados, com 385 até 2020, atrás apenas da China e da Índia. Apesar do potencial natural, os projetos concentram-se no setor energético.

A região Norte, embora abrigue grande parte da floresta amazônica, tem poucos projetos, sendo afetada por desmatamento e degradação, o que posiciona o Brasil entre os maiores emissores de CO₂ (IPCC, 2015), exigindo mudanças estruturais para efetiva mitigação.

Com o Acordo de Paris, o país comprometeu-se a reduzir 37% das emissões até 2025 (base 2005). Os créditos florestais, embora promissores, representam menos de 1% dos projetos e enfrentam obstáculos, como a exigência de reflorestamento antrópico e dificuldades nos mercados europeu e voluntário.

Em resposta, foi criada a estratégia REDD+ (COP19), que abrange conservação, manejo sustentável e aumento dos estoques florestais.

O Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), no art. 41, reconhece atividades elegíveis ao mercado de carbono, incluindo manutenção de APPs e Reservas Legais. Contudo, por serem exigidas por lei, sua adicionalidade pode ser questionada à luz do Protocolo de Kyoto.

A efetividade dessas ações dependerá da comprovação de benefícios além das obrigações legais, considerando aspectos socioecológicos e a inclusão das comunidades tradicionais, cujos modos de vida já promovem o desenvolvimento sustentável (SAMPAIO; WORTMANN, 2014).



Assim, a lógica do mercado de carbono deve dialogar com as práticas culturais e sociais dessas populações, indo além da simples comercialização da natureza.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos impactos ambientais provocados pelo transporte aéreo, em especial no que se refere às emissões de gases de efeito estufa (GEE) e seus efeitos sobre o clima global, permitiu evidenciar a urgência de medidas mais eficazes e integradas para mitigar os danos causados por essa modalidade de transporte. As aeronaves, ao operarem em altas altitudes, intensificam os efeitos atmosféricos de suas emissões, contribuindo significativamente para o aquecimento global, degradação da camada de ozônio e alterações climáticas adversas.

Observou-se que o arcabouço normativo internacional, notadamente a partir do Protocolo de Kyoto e seus instrumentos de flexibilização — com destaque para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) —, bem como os compromissos decorrentes do Acordo de Paris e a atuação de organismos como a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), têm promovido certa uniformidade de esforços na tentativa de alinhar o setor aéreo às metas globais de descarbonização. Contudo, ainda há desafios significativos no que tange à efetividade e abrangência desses mecanismos, especialmente quando se trata da inserção concreta das companhias aéreas em práticas sustentáveis de longo prazo.

No contexto brasileiro, verificou-se uma lacuna regulatória relevante. Apesar da existência de leis gerais de proteção ambiental, como a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), bem como diretrizes estabelecidas pela Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009), o país carece de uma legislação específica e estruturada voltada para os impactos ambientais da aviação civil. As normas atualmente existentes se apresentam, em sua maioria, como propedêuticas ou principiológicas, com aplicação limitada e baixa efetividade na implementação de políticas públicas concretas para o setor.

Apesar desse cenário, o estudo também demonstrou que existem múltiplas possibilidades de mitigação dos impactos ambientais da aviação, das quais se



destaca a atuação no âmbito do mercado de carbono. Instrumentos como o MDL, os sistemas regulados e voluntários de comércio de emissões e as estratégias REDD+ para a conservação florestal representam importantes mecanismos de compensação e redução dos impactos, que podem ser melhor aproveitados por empresas aéreas e por políticas públicas. A adoção de novas tecnologias, o uso de combustíveis alternativos e a participação ativa em programas internacionais de compensação de emissões são caminhos viáveis e desejáveis, ainda que demandem investimentos estruturais e compromissos políticos mais firmes.

Contudo, enquanto tais medidas não se tornam universais e efetivamente implementadas, os impactos ambientais persistem e continuam gerando consequências graves, muitas vezes irreversíveis. A realidade é que boa parte dessas emissões permanece sem compensação, agravando o desequilíbrio climático e ecológico. Além disso, é necessário questionar: como ficam os países em desenvolvimento, as nações mais pobres e as populações tradicionais, como os povos indígenas? Muitas dessas comunidades carecem dos recursos financeiros, tecnológicos e institucionais necessários para implementar medidas de mitigação ou participar de forma equitativa no mercado de carbono. São justamente esses grupos os mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas, embora sejam os que historicamente menos contribuíram para sua origem.

Conclui-se, portanto, que o enfrentamento dos impactos ambientais causados pelo transporte aéreo — especialmente em rotas internacionais — demanda uma abordagem coordenada e global, que vá além da lógica mercadológica e considere também a justiça ambiental e a equidade. É imprescindível maior comprometimento dos Estados na criação de políticas públicas específicas, bem como a responsabilização efetiva das companhias aéreas, de forma que a sustentabilidade ambiental caminhe junto com a inclusão social e o desenvolvimento justo e solidário.

Nesse sentido, ainda que não exista, até o momento, um regime internacional consolidado de responsabilidade civil das companhias aéreas por danos climáticos transfronteiriços, cresce a necessidade de se discutir a inclusão progressiva dessas empresas em mecanismos normativos que transcendam a simples compensação voluntária de emissões. Os atuais instrumentos regulatórios, como o CORSIA — coordenado pela OACI —, embora representem um passo importante na governança



ambiental da aviação, operam predominantemente sob uma lógica compensatória e não imputam responsabilidade direta pelos danos causados ao meio ambiente global.

Assim, a responsabilização das companhias aéreas deve ser compreendida não apenas sob o prisma da conformidade com metas de compensação, mas também como um dever jurídico e ético perante a coletividade, em consonância com os princípios do poluidor-pagador, da prevenção e da equidade intergeracional. A construção de um regime robusto de responsabilidade civil internacional para o setor aéreo é, portanto, medida imprescindível à consolidação de uma governança ambiental verdadeiramente eficaz e comprometida com a justiça climática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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>.

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

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>.

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

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>.

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 DO PETRÓLEO (ANP). **RenovaBio**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>.

ATKINSON, S. E.; TIETENBERG, T. Market failure in incentive-based regulation: the case of emissions trading. **Journal of Environmental Economics and Management**, 1991.

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 de julho 2025.

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 20 de julho de 2025.



PAL. **El mercado de carbono en América Latina y El Caribe**: balance y perspectivas. Santiago de Chile, 2004.

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>.

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>.

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>.

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-/>.

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/>.

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.

INFRAFIM. **Tecnologias inéditas nas obras do Centro de Manutenção da LATAM Brasil**. 2018. Disponível em: <https://infracm.com.br/Textos/18507/Tecnologias-inéditas-nas-obras-do-Centro-de-Manutenção-da-LATAM-Brasil>.

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

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.



MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. 1998.

MENDONÇA, M.; GUTIERREZ, M. B. **O efeito estufa e o setor energético brasileiro**. Ipea, 2000 (Texto para Discussão, n. 719).

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.

OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Sectoral crediting mechanisms for greenhouse gas mitigation: institutional and operational issues**. Paris, 2006.

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>.

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>.

SANTOS, Vanessa Rita dos et al. **Impacto ambiental na implantação de aeroportos**. 2008. Disponível em: <https://ensu2008.paginas.ufsc.br/files/2015/09/Impacto-ambiental-na-implantacao-de-aeroportos-1.pdf>.

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>.

SEROA DA MOTTA. Ronaldo. **A política nacional sobre mudança do clima: aspectos regulatórios e de governança**. In: SEROA DA MOTTA, Ronaldo et al. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: IPEA, 2011, p. 31- 42.

SEROA DA MOTTA. Ronaldo. **Barreiras comerciais nas políticas de regulação de gases de efeito estufa**. In: SEROA DA MOTTA, Ronaldo et al. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: IPEA, 2011, p. 211-232.

