



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Rafaela Angeloni Hahne

**Ruídos e Qualidade do Ar em Aeroportos: Propostas de Melhoria na
Legislação Brasileira com Base em Normas Internacionais**

Florianópolis

2024

Rafaela Angeloni Hahne

**Ruídos e Qualidade do Ar em Aeroportos: Propostas de Melhoria na
Legislação Brasileira com Base em Normas Internacionais**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Armando Borges de Castilhos Junior

Florianópolis

2024

Ficha de Identificação da Obra

Angeloni Hahne, Rafaela

Ruídos e Qualidade do Ar em Aeroportos: Propostas de Melhoria na Legislação Brasileira com Base em Normas Internacionais / Rafaela Angeloni Hahne ; orientador, Armando Borges de Castilhos Junior, 2024.

103 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Legislação sobre Sustentabilidade em Aeroportos. 3. Ruídos. 4. Qualidade do Ar. I. Borges de Castilhos Junior, Armando. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Rafaela Angeloni Hahne

Ruídos e Qualidade do Ar em Aeroportos: Propostas de Melhoria na Legislação Brasileira com Base em Normas Internacionais

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de “Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 13 de dezembro de 2024.

Insira neste espaço
a assinatura

Coordenação do Curso

Banca examinadora:

Insira neste espaço
a assinatura

Prof. Armando Borges de Castilhos Junior, Dr.(a)
Orientador

Insira neste espaço
a assinatura

Mateus Santana Reis

Insira neste espaço
a assinatura

Matheus Cavali

Florianópolis, 2024.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe e ao meu pai: por todo o amor, carinho e apoio ao longo de toda a minha trajetória. Pelo cuidado único, pelos abraços, por fazerem de mim uma pessoa melhor, por me amarem incondicionalmente e por sempre me proporcionarem os momentos mais incríveis. Vocês são minha maior inspiração. Espero, um dia, poder retribuir tudo o que fizeram por mim. Eu os amo profundamente.

À minha irmã Lelê: por sempre colocar um sorriso no meu rosto e alegrar a minha vida. Eu amo você!

À minha oma Rosana: por ser o meu porto seguro, a pessoa com quem posso ser verdadeiramente eu mesma, sempre pronta para ouvir e aconselhar. Sou eternamente grata por tudo o que você representa em minha vida.

Ao meu opa Rubens: o primeiro engenheiro da nossa família, cuja determinação e capacidade de superar desafios me inspiram todos os dias.

À minha vó Helena: exemplo de humildade e força, você me inspira a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Ao meu vô Alfredo: embora não esteja mais fisicamente entre nós, sei que cuida de nós lá de cima. Você será eternamente lembrado, vô.

Ao Gustavo, meu amor: agradeço profundamente por todo o apoio e carinho que você me dá. Nos momentos de cansaço, você sempre foi meu refúgio, minha força e minha motivação. Sou eternamente grata por ter você em minha vida. Amo você.

Aos meus colegas de faculdade: agradeço por estarem ao meu lado em todos os momentos, pela união, pelos trabalhos em grupo e pelas dificuldades que se tornaram mais leves porque sempre estivemos juntos. Em especial, à Lari Pasin e à Leti, que tornaram as últimas fases do curso melhores. Obrigada pelo apoio constante em cada desafio. E também à Lari Martins e à Bea, que, embora não tenhamos formado juntas, estão sempre me ouvindo, aconselhando e torcendo por mim, da mesma forma que eu torço por vocês.

Aos meus amigos Lê Scheidt, Lê Martins, Duda, Flávia, Tata, Mari, Beta, Clara e Lucas: minha vida é infinitamente melhor com a companhia de vocês. Obrigada por se fazerem presentes sempre.

Aos que foram meus colegas de trabalho na EJESAM, Brooks, Engevix, Tractebel, Ambiens e Portobello Shop: cada um de vocês contribuiu para minha

formação profissional, tornando-me mais capacitada e preparada. Sou grata por cada aprendizado.

Ao meu orientador Armando: agradeço imensamente por todo o conhecimento compartilhado, pelos ensinamentos preciosos e por toda a orientação ao longo do trabalho.

Aos membros da banca: sou grata pela disponibilidade em avaliar meu trabalho e pelo interesse demonstrado em meu estudo.

Por fim, agradeço a todos os colegas e professores da UFSC, que, de alguma forma, contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

RESUMO

A aviação civil desempenha um papel fundamental na economia global, mas seus impactos ambientais, especialmente a poluição do ar e o ruído gerado pelas operações aeroportuárias, têm gerado crescente preocupação. O Brasil, embora possua regulamentações voltadas ao controle desses impactos, ainda apresenta lacunas significativas em suas normativas. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise comparativa entre a legislação brasileira e as normativas da União Europeia (UE) e dos Estados Unidos (EUA), a fim de identificar boas práticas internacionais e propor melhorias para a legislação nacional. A pesquisa adotou métodos de análise documental e comparativa das normas sobre qualidade do ar e ruído aeronáutico, tanto no Brasil quanto nos países da UE e EUA. Para a análise comparativa, as regulamentações foram divididas em quatro categorias: regulamentações gerais sobre qualidade do ar; regulamentações específicas sobre qualidade do ar em aeroportos; regulamentações gerais sobre ruídos; e regulamentações específicas sobre ruído aeronáutico. Essa divisão facilitou a comparação entre as normativas nacionais e internacionais, tornando a proposição de melhorias na legislação brasileira mais precisa e eficaz. Os resultados da análise indicaram que as regulamentações brasileiras possuem tanto aspectos positivos quanto negativos em relação às de outros países. Com base nos pontos negativos identificados, foram elaboradas propostas de melhoria. No que se refere à qualidade do ar, as principais sugestões para a legislação brasileira incluem a implementação de um plano de ação mais detalhado para o monitoramento da qualidade do ar pelos estados, o estabelecimento de metas e ações de redução de poluentes específicas para cada área e a inclusão de mais especificações para o controle de fontes poluidoras. Quanto à poluição do ar em aeroportos, as regulamentações brasileiras poderiam ampliar a aplicação de normas de redução de emissões, abrangendo também voos domésticos, e não apenas internacionais. Em relação ao controle de ruídos, os resultados sugerem também melhorias nas regulamentações brasileiras, como a inclusão da exigência de mapas de ruídos e planos de ação para os estados, a implementação de regulamentações mais rigorosas para produtos emissores de ruído e a necessidade de monitoramento contínuo nos dois aspectos citados. Em conclusão, a análise comparativa entre as legislações brasileiras e internacionais sobre qualidade do ar e ruído aeronáutico permitiu identificar áreas para a melhoria da legislação brasileira. A implementação das propostas sugeridas contribuiria para um ambiente mais sustentável nos aeroportos brasileiros, alinhando-os com os padrões globais e promovendo de forma mais eficaz a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

Palavras-chave: Aeroportos; Ruídos; Qualidade do Ar; Legislação.

ABSTRACT

Civil aviation plays a fundamental role in the global economy, but its environmental impacts, particularly air pollution and noise generated by airport operations, have raised increasing concern. Brazil, despite having regulations aimed at controlling these impacts, still presents significant gaps in its norms. In this context, the objective of this study was to conduct a comparative analysis between Brazilian legislation and the regulations of the European Union (EU) and the United States (US), in order to identify international best practices and propose improvements for national legislation. The research adopted methods of documentary and comparative analysis of norms concerning air quality and aircraft noise, both in Brazil and in EU and US countries. For the comparative analysis, regulations were divided into four categories: general regulations on air quality; specific regulations on air quality at airports; general regulations on noise; and specific regulations on aircraft noise. This division facilitated the comparison between national and international norms, making the proposal for improvements in Brazilian legislation more precise and effective. The results of the analysis indicated that Brazilian regulations have both positive and negative aspects compared to those of other countries. Based on the identified negative points, improvement proposals were developed. Regarding air quality, the main suggestions for Brazilian legislation include implementing a more detailed action plan for monitoring air quality by states, establishing specific pollutant reduction targets and actions for each area, and including more specifications for controlling polluting sources. Concerning airport air pollution, Brazilian regulations could broaden the application of emission reduction standards to include domestic flights, not just international ones. In terms of noise control, results also suggest improvements in Brazilian regulations, such as including requirements for noise maps and action plans for states, implementing stricter regulations for noise-emitting products, and ensuring continuous monitoring in both mentioned aspects. In conclusion, the comparative analysis between Brazilian and international legislation on air quality and aircraft noise allowed for the identification of areas for improvement in Brazilian legislation. Implementing the suggested proposals would contribute to a more sustainable environment at Brazilian airports, aligning them with global standards and promoting more effective protection of public health and the environment.

Keywords: Airports; Noise; Air Quality; Legislation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da metodologia.....	56
Figura 2 - Linha do tempo das regulamentações gerais sobre qualidade do ar.....	60
Figura 3 - Padrões de qualidade do ar dos poluentes abrangidos na CONAMA n° 506/2024, considerando padrões intermediários e final, em comparação com os padrões das demais legislações.	68
Figura 4 - Linha do tempo das regulamentações específicas sobre qualidade do ar em aeroportos.	74
Figura 5 - Linha do tempo das legislações sobre ruídos.	79
Figura 6 - Linha do tempo das legislações sobre ruído aeronáutico.	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Regulamentações brasileiras relacionadas à sustentabilidade em aeroportos.....	27
Quadro 2 - Regulamentações europeias relacionadas à sustentabilidade em aeroportos.....	28
Quadro 3 - Regulamentações estadunidenses relacionadas à sustentabilidade em aeroportos.....	30
Quadro 4 - Operadores booleanos e palavras-chave utilizadas.....	57
Quadro 5 - Comparação das legislações gerais sobre qualidade do ar.....	62
Quadro 6 - Legislações específicas que relacionam qualidade do ar e aviação.	75
Quadro 7 - Análise comparativa entre a Resolução nº 743, RIN 2060 AT26 e o Regulamento (EU) 2017/2392 (UE).	76
Quadro 8 - Comparação das legislações gerais sobre ruídos.....	80
Quadro 9 - Comparação dos valores limite de ruídos do Brasil, Colorado e Alemanha.	84
Quadro 10 - Lista de regulamentações específicas sobre ruído aeronáutico.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões de Qualidade do ar de acordo com a CONAMA 03/1990.	31
Tabela 2 - Padrões de qualidade do ar de acordo com a CONAMA 491/18.	32
Tabela 3 - Padrões de qualidade do ar de acordo com a CONAMA 506/2024.	33
Tabela 4 - Padrões de qualidade do ar de acordo com a Diretiva 2008/50 da EU....	39
Tabela 5 - Padrões de qualidade do ar de acordo com o Clean Air Act.....	42
Tabela 6 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).	47
Tabela 7 - Recomendação de valores máximos de ruído.	53
Tabela 8 - Comparação das legislações gerais sobre qualidade do ar no aspecto de padrões de qualidade.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CAA	Clean Air Act (EUA)
C.F.R	Code of Federal Regulations (EUA)
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EPA	Environmental Protection Agency (EUA)
EU	União Europeia
EUA	Estados Unidos da América
FAA	Federal Aviation Administration
GHG	Greenhouse Gases (Gases de Efeito Estufa)
ICAO	International Civil Aviation Organization
NBR	Norma Brasileira Registrada (da ABNT)
NEPA	National Environmental Policy Act (EUA)
Nox	Óxidos de Nitrogênio
OMS	Organização Mundial da Saúde
PM	Particulate Matter (Material Particulado)
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
PZR	Plano de Zoneamento de Ruído
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
SAF	Sustainable Aviation Fuels
SO ₂	Dióxido de Enxofre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivos Específicos	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	ORGANIZAÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE AVIAÇÃO	19
2.1.1	Organização da Aviação Civil Internacional – ICAO	19
2.1.2	Agência Nacional da Aviação Civil	20
2.1.3	Federal Aviation Administration (FAA)	20
2.1.4	Agência Europeia para a Segurança da Aviação (AESA)	20
2.2	IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR AEROPORTOS.....	21
2.2.1	Poluição do Ar	21
2.2.2	Ruído	23
2.2.3	Poluição da Água	23
2.2.4	Geração de Resíduos Sólidos	24
2.2.5	Biodiversidade	25
2.3	LEGISLAÇÕES, NORMAS E POLÍTICAS	26
2.3.1	Poluição do Ar	30
2.3.1.1	<i>No Brasil</i>	30
2.3.1.1.1	PRONAR	30
2.3.1.1.2	Resolução CONAMA nº 491/2018 atualizada pela CONAMA nº 506/2024	31
2.3.1.1.3	Lei nº 14.850, de 2 de maio de 2024	34
2.3.1.1.4	RBAC nº 34	35
2.3.1.1.5	Resolução nº 743 da ANAC.....	35
2.3.1.1.6	Lei nº 14.993, de 8 de outubro de 2024.....	36
2.3.1.1.7	Conexão SAF.....	37
2.3.1.2	<i>Na União Europeia</i>	38
2.3.1.2.1	Diretiva 2008/50/CE da União Europeia que revoga a Diretiva 96/62/CE	38
2.3.1.2.2	Diretiva (UE) 2016/2284 da União Europeia que revoga a Diretiva 2001/81/CE	40

2.3.1.2.3	Regulamento ReFuelEU	40
2.3.1.2.4	Regulamento (UE) 2017/2392 que altera a Diretiva 2003/87/CE...	41
2.3.1.3	<i>Nos Estados Unidos</i>	42
2.3.1.3.1	Clean Air Act (CAA)	42
2.3.1.3.2	RIN 2060-A070 - Control of Air Pollution From Aircraft Engines: Emission Standards and Test Procedures	43
2.3.1.3.3	RIN 2060-AU69 - Control of Air Pollution From Aircraft Engines: Emission Standards and Test Procedures	45
2.3.1.3.4	RIN 2060 – AT26 - Control of Air Pollution From Airplanes and Airplane Engines: GHG Emission Standards and Test Procedures	45
2.3.2	Ruído	46
2.3.2.1	<i>No Brasil</i>	46
2.3.2.1.1	CONAMA n° 001/1990 e NBR 10151	46
2.3.2.1.2	RBAC n° 36	47
2.3.2.1.3	RBAC n° 161	47
2.3.2.1.4	RBAC n° 91	48
2.3.2.1.5	NBR n° 16.425-2/2020.....	48
2.3.2.2	<i>Na Europa</i>	49
2.3.2.2.1	Diretiva 2002/49/CE alterada pelo Regulamento (UE) 2019/1010.	49
2.3.2.2.2	Diretiva 2006/93/CE	50
2.3.2.2.3	Regulamento (EU) n° 598/2014, que revoga a Diretiva 2002/30/CE	51
2.3.2.2.4	Papel da EASA	52
2.3.2.3	<i>Nos Estados Unidos da América</i>	52
2.3.2.3.1	Noise Control Act.....	52
2.3.2.3.2	Aviation Safety and Noise Abatement Act of 1979.....	53
2.3.2.3.3	14 C.F.R. Part 150.....	54
2.3.2.3.4	Airport Noise and Capacity Act of 1990	54
2.3.2.3.5	14 C.F.R. Part 161	55
2.3.2.3.6	14 C.F.R Part 36.....	55
3	METODOLOGIA	56
3.1	ESTUDO DOS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	57

3.2	ESTUDO DE LEGISLAÇÕES – ANÁLISE DOCUMENTAL E COMPARATIVA	58
3.3	PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	59
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
4.1	LEGISLAÇÕES GERAIS SOBRE QUALIDADE DO AR	60
4.1.1	Linha do Tempo	60
4.1.2	Análise Comparativa.....	61
4.1.3	Vantagens, desvantagens e recomendações	72
4.2	REGULAMENTAÇÕES ESPECÍFICAS SOBRE QUALIDADE DO AR EM AEROPORTOS.....	74
4.2.1	Linha do Tempo	74
4.2.2	Análise Comparativa.....	75
4.2.3	Vantagens, desvantagens e recomendações	78
4.3	LEGISLAÇÕES GERAIS SOBRE RUÍDOS	79
4.3.1	Linha do Tempo	79
4.3.2	Análise Comparativa.....	80
4.3.3	Vantagens, desvantagens e recomendações	85
4.4	REGULAMENTAÇÕES ESPECÍFICAS SOBRE RUÍDO AERONÁUTICO	86
4.4.1	Linha do Tempo	86
4.4.2	Análise Comparativa.....	87
4.4.3	Vantagens, desvantagens e recomendações	88
5	CONCLUSÃO	88
6	RECOMENDAÇÕES	90
	REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

O Século XIX foi marcado por diversas tentativas de desenvolver tecnologias capazes de voar. Com o objetivo de regularizar as atividades aeronáuticas, foi criado em 1898 o Aeroclub de França, seguido da criação da Federação Internacional de Aviação em 1905 (Crouch, 2008). Alguns anos depois, foram registrados os primeiros voos de avião, realizados por diferentes pessoas com diferentes tecnologias, podendo ser citados os irmãos Wright com o Flyer III e Santos Dumont com o 14° Bis (Crouch, 2008).

A Primeira Guerra Mundial contribuiu com o crescimento da aviação, visto que milhares de aeronaves foram produzidas nesse período, utilizados inicialmente para reconhecimento e envio de mensagens e posteriormente para combate aéreo. Com o fim da Guerra, os aviões não tinham mais finalidade militar e passaram a atuar no uso civil, momento em que foram criados os primeiros aeroportos do mundo (Cavalcante; Duarte, 2017)

Entre a Primeira e a Segunda Guerra Mundial as aeronaves continuaram se desenvolvendo e diversas companhias aéreas e forças aéreas foram fundadas. Na Segunda Guerra Mundial os aviões tiveram enorme participação, havendo aviões de bombardeio, de caça e de mergulho e, ao fim dela, a aviação civil se beneficiava de aeroportos em novas localidades, pilotos com grande experiência e uma nova clientela (Crouch, 2008).

Atualmente, tais estruturas contribuem para o fenômeno de globalização, facilitando o transporte de pessoas entre continentes e também dos mais diversos produtos. De acordo com as estatísticas da ICAO (2022), existem mais de 45.000 aeroportos no mundo que desempenham papel vital no turismo e na economia dos países em que estão situados. Essas grandes infraestruturas possuem sua importância na sociedade, porém devem ser cuidadosamente planejadas para que impactos negativos sejam evitados, principalmente os impactos ambientais.

Os aeroportos apresentam uma gama significativa de impactos ambientais, como a contribuição para as mudanças climáticas devido às emissões de gases de efeito estufa, o elevado consumo de energia para a manutenção das operações, a gestão e conservação dos recursos hídricos, o tratamento e a destinação adequada de resíduos sólidos, a preservação da biodiversidade em áreas circundantes e os

efeitos negativos causados pelas emissões de ruídos (ANAC – Aeroportos Sustentáveis, 2023).

É justamente por essa razão que os órgãos públicos e agências de aviação estabelecem regulamentações diversas para promover aspectos sustentáveis nos aeroportos, visando mitigar seus impactos ambientais. Com isso em vista, este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo analisar e propor melhorias nas legislações brasileiras relacionadas a sustentabilidade em aeroportos, realizando uma análise comparativa com legislações estadunidenses e europeias do mesmo segmento. A pesquisa focou em avaliar principalmente as regulamentações relacionadas à qualidade do ar e ruídos, pois, de acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil, ambos são os principais fatores de impacto ambiental da aviação (ANAC, 2023).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 **Objetivo Geral**

Propor melhorias nas regulamentações nacionais sobre qualidade do ar e ruído aeronáutico, a partir da análise comparativa com regulamentações internacionais.

1.1.2 **Objetivos Específicos**

- Apresentar os principais impactos ambientais ocasionados pela operação de aeroportos;
- Realizar o levantamento das legislações relacionadas à sustentabilidade em aeroportos nacionais e internacionais (União Europeia e Estados Unidos);
- Analisar de forma comparativa as legislações brasileiras e internacionais relacionadas à qualidade do ar e ruído aeronáutico, identificando diferenças, boas práticas e oportunidades de aprimoramento nas normativas nacionais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORGANIZAÇÕES NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE AVIAÇÃO

Para efeito de contextualização do presente trabalho, apresenta-se a seguir uma visão geral das principais organizações reguladoras nacionais e internacionais relacionadas à aviação civil. Essas entidades desempenham papéis fundamentais no estabelecimento de normas, práticas recomendadas e políticas que promovem a segurança, eficiência e proteção ambiental no setor aéreo.

O texto abrange a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), responsável por padronizar a aviação civil global; a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), que regula o setor no Brasil; a Federal Aviation Administration (FAA), autoridade dos Estados Unidos; e a Agência Europeia para a Segurança da Aviação (EASA), que atua na harmonização das normas de segurança dentro da União Europeia.

2.1.1 Organização da Aviação Civil Internacional – ICAO

A Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO) é uma das principais entidades globais que regula a aviação civil. Criada em 1944, a ICAO tem como missão promover o desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil internacional, estabelecendo normas e práticas recomendadas para a segurança, eficiência e proteção do meio ambiente no setor. Com 191 Estados membros, a ICAO atua por meio de sua Assembleia, que se reúne a cada três anos para discutir e aprovar políticas e orçamentos, e do Conselho, responsável pela execução das decisões da Assembleia (ANAC, 2017).

A ICAO também é responsável por desenvolver políticas que promovam a liberalização do transporte aéreo, facilitando o acesso a mercados internacionais. Seu trabalho é fundamental para a integração das normas de aviação civil em todo o mundo, garantindo que todos os Estados membros operem sob diretrizes comuns que asseguram a segurança e a eficiência das operações aéreas.

2.1.2 Agência Nacional da Aviação Civil

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é a entidade responsável por regular a aviação civil. Criada em 2005, a ANAC atua na supervisão das atividades aéreas, garantindo a segurança operacional, a proteção dos direitos dos passageiros e a promoção da concorrência no setor. A ANAC também representa o Brasil nas discussões internacionais sobre aviação, colaborando com a ICAO e outras organizações para alinhar as práticas brasileiras às normas globais (ANAC, 2017).

A ANAC participa ativamente de fóruns internacionais, onde discute questões relacionadas à segurança, eficiência e sustentabilidade da aviação. A agência busca implementar as diretrizes da ICAO e adaptar as políticas nacionais às necessidades do mercado, sempre com foco na melhoria contínua da aviação civil no Brasil.

2.1.3 Federal Aviation Administration (FAA)

A Federal Aviation Administration (FAA) é uma agência do governo federal dos Estados Unidos, vinculada ao Departamento de Transporte (DOT). Criada em 23 de agosto de 1958, a FAA desempenha um papel fundamental na regulação da aviação civil no país, abrangendo diversas atividades relacionadas à segurança e eficiência do transporte aéreo (FAA, 2024).

Entre as funções da agência, podem ser citadas o controle de tráfego aéreo, a certificação de aeronaves e pilotos, o desenvolvimento de normas e a proteção ambiental (U.S. Department of Transportation, 2024).

Cabe ressaltar que a FAA é responsável pelo desenvolvimento do software Aviation Environmental Design Tool (AEDT) de modelagem ambiental e de ruído. Ele é amplamente utilizado e tem a capacidade de prever os níveis de exposição ao ruído de aeronaves produzidos em determinada área geográfica (FAA, 2024).

2.1.4 Agência Europeia para a Segurança da Aviação (AESA)

A Agência Europeia para a Segurança da Aviação (AESA), conhecida em inglês como European Union Aviation Safety Agency (EASA), é um órgão da União

Europeia responsável por promover os padrões de segurança e proteção ambiental na aviação civil. Fundada em 2003 e com sede em Colônia, na Alemanha, a AESA desempenha um papel crucial na regulamentação e supervisão da aviação dentro da UE, assegurando que todas as operações aéreas atendam a critérios rigorosos de segurança (AESA, 2024).

A AESA tem como principais funções a certificação de aeronaves e componentes, a elaboração de normas de segurança e a supervisão das autoridades nacionais de aviação. A agência também atua na promoção de uma cultura de segurança em toda a aviação civil, defendendo os interesses dos usuários e assegurando que o transporte aéreo seja seguro, eficiente e ambientalmente sustentável (AESA, 2024).

Um dos objetivos centrais da AESA é garantir que as normas de segurança da aviação sejam harmonizadas em toda a União Europeia, facilitando a operação de companhias aéreas e fabricantes de aeronaves em diferentes países membros. A agência também participa ativamente da cooperação internacional, colaborando com organizações e países fora da UE para promover padrões de segurança globais (AESA, 2024).

2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR AEROPORTOS

A operação de aeroportos gera impactos ambientais significativos decorrentes dos serviços e atividades realizadas. Esses impactos estão diretamente relacionados à qualidade do ar e da água, à emissão de ruídos, à biodiversidade e à gestão de resíduos sólidos, entre outros fatores. Tais aspectos serão detalhados nos subtópicos a seguir, permitindo uma análise mais aprofundada sobre como esses impactos se manifestam e suas possíveis mitigações.

2.2.1 Poluição do Ar

A CONAMA 491/2018 caracteriza poluente atmosférico como qualquer substância ou agente que, em determinadas quantidades, concentrações, durações ou características, possa tornar o ar impróprio ou prejudicial à saúde, ao bem-estar público, à fauna e à flora, ou que comprometa a segurança e as atividades cotidianas da comunidade.

De acordo com a ANAC (2023), a poluição do ar é um dos impactos mais significativos associados às operações aeroportuárias. Existem alguns poluentes atmosféricos relacionados à aviação, podendo ser destacados os seguintes: Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado (MP), Óxidos de Nitrogênio, (NO_x), Compostos Orgânicos Voláteis (COV_s), Ozônio (O_3), Dióxido de Enxofre (SO_2), e Chumbo (Pb).

A qualidade do ar na área do aeroporto e seu impacto na população, fauna e flora local são influenciados por fatores como a distribuição e intensidade das emissões, a topografia, o uso do solo, as condições meteorológicas e a presença de poluentes anteriores à implantação do aeroporto. Para reduzir esses impactos no Brasil, a Resolução CONAMA nº 491/2018, atualizada pela Resolução CONAMA nº 506/2024 estabelece padrões de qualidade do ar, com limites máximos de concentração de poluentes e períodos de exposição, que auxiliam na avaliação da qualidade do ar (ANAC, 2023).

As aeronaves passam por diferentes etapas de voo, como o ciclo LTO, que engloba as operações próximas ao aeródromo, realizadas em altitudes inferiores a 3.000 pés (914,4 metros), e a fase de Cruzeiro, na qual as aeronaves operam em altitudes superiores a esse nível. Ambas as fases contribuem para a emissão de poluentes, mas, por estar diretamente relacionada às operações próximas ao solo, o ciclo LTO tem maior impacto na qualidade do ar ao redor dos aeroportos.

Ainda sobre a temática, enfatiza-se que as aeronaves não são as únicas fontes de emissão relacionadas às atividades aeroportuárias. Outras fontes de emissão são os equipamentos de apoio no solo, que incluem uma variedade de veículos e equipamentos, a infraestrutura e fontes estacionárias (como por exemplo o armazenamento e distribuição de combustível e atividades de treinamento contra incêndio, geradores à diesel ou gás) e veículos de acesso terrestre ao aeroporto (ANAC, 2023).

Ainda de acordo com a ANAC (2023), analisar as fontes de poluentes é fundamental para elaborar uma avaliação detalhada e desenvolver medidas mitigadoras adequadas. Essa análise pode ser realizada por meio de inventários de emissões, modelagem de dispersão de poluentes e monitoramento da qualidade do ar local. Entendendo a situação específica de um aeroporto, é possível implementar estratégias eficazes para reduzir as emissões, como diminuir as emissões na fonte, otimizar a infraestrutura e melhorar as operações.

2.2.2 Ruído

O ruído aeronáutico, proveniente das operações de aeronaves como decolagem, pouso, taxiamento e teste de motores, é um ruído intermitente e com altos níveis sonoros, que pode impactar negativamente a população exposta e o ecossistema da região como um todo. Esse tipo de ruído representa um desafio global para a indústria de aviação civil, exigindo um equilíbrio entre o desconforto dos residentes e os benefícios econômicos e sociais da aviação (ANAC, 2023).

A gestão dos impactos do ruído aeronáutico envolve a colaboração de diversos atores públicos e privados. A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) regula os operadores aeroportuários e estabelece instrumentos como planos de zoneamento de ruído e comissões de gerenciamento de ruído. O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) planeja o espaço aéreo, incorporando procedimentos de redução de ruído quando possível. Os operadores de aeródromos gerenciam o ruído das operações aeroportuárias, elaboram planos de zoneamento e mantêm contato com a comunidade local. Os operadores aéreos adotam medidas para reduzir o ruído durante as operações, enquanto as municipalidades e órgãos ambientais locais garantem que o uso do solo e as atividades ao redor dos aeroportos estejam alinhados com os planos de zoneamento de ruído e normas acústicas (ANAC, 2023).

Dentro das competências da ANAC, o ruído aeronáutico é regulado pelo RBAC nº 161, que trata dos Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos (PZR). Este regulamento exige que os operadores de aeródromos públicos apresentem um PZR e adotem medidas para compatibilizar o uso do solo com as áreas afetadas pelo ruído, em colaboração com os municípios (ANAC, 2023). Ele será abordado com mais detalhes no item 2.3.2.

2.2.3 Poluição da Água

O documento da International Civil Aviation Organization (ICAO), intitulado "Gerenciamento de Água em Aeroportos", aborda os desafios e responsabilidades do setor aeroportuário na preservação desse recurso. As operações aeroportuárias

demandam um alto consumo de água, que é utilizada em diversos processos, desde o funcionamento das aeronaves e limpeza das instalações até o atendimento a passageiros e funcionários. A água utilizada pode conter contaminantes, e seu descarte inadequado pode poluir rios, lagos e oceanos, prejudicando os ecossistemas aquáticos e a saúde humana.

Os riscos associados incluem a contaminação por efluentes, onde o descarte inadequado de águas residuais e efluentes industriais, como óleos e graxas das aeronaves, produtos de limpeza e resíduos químicos, pode contaminar os corpos d'água. Além disso, o esgotamento dos recursos hídricos, causado pelo consumo excessivo de água, especialmente em regiões com escassez hídrica, pode comprometer o abastecimento de água potável para a população local. A poluição por nutrientes, proveniente de efluentes ricos em nitrogênio e fósforo, pode levar à eutrofização dos corpos d'água, resultando na proliferação de algas e na redução do oxigênio na água, o que afeta a vida aquática (ICAO, 2024).

Para minimizar o impacto dos aeroportos na qualidade da água, o guia da ICAO sugere várias boas práticas. Entre elas está a redução do consumo de água por meio da implementação de tecnologias e práticas eficientes, como sistemas de irrigação por gotejamento, reutilização de águas cinzas e redução do uso de água em banheiros e áreas de limpeza. O tratamento de efluentes é igualmente importante, sendo recomendada a instalação de sistemas para remover contaminantes e seguir as normas locais e internacionais. Conscientização e educação também são cruciais, com a implementação de programas voltados para funcionários, passageiros e a comunidade local, para promover a redução do consumo de água e a proteção dos recursos hídricos. Além disso, o monitoramento contínuo da qualidade da água, a identificação e gestão de riscos potenciais de contaminação são essenciais para garantir a segurança ambiental e a saúde pública (ICAO, 2024).

2.2.4 Geração de Resíduos Sólidos

A International Civil Aviation Organization (ICAO), em seu guia "Gerenciamento de Resíduos em Aeroportos", enfatiza a complexidade desse desafio e a necessidade de ações coordenadas para promover a sustentabilidade. O documento da ICAO detalha a variedade de resíduos gerados nos aeroportos, que vão desde resíduos domésticos, como papel, plástico e alimentos, até resíduos

perigosos, como baterias e produtos químicos, além de resíduos de construção e manutenção. Com o aumento da demanda por viagens aéreas, o problema se intensifica, criando um desafio constante para o gerenciamento eficiente e sustentável desses resíduos.

A disposição inadequada dos resíduos nos aeroportos pode ter impactos ambientais negativos significativos. A poluição é um problema direto, pois o descarte inadequado de resíduos sólidos e líquidos pode contaminar o solo, a água e o ar, prejudicando a saúde humana e os ecossistemas. Além disso, a decomposição de resíduos orgânicos em aterros sanitários libera metano, um potente gás de efeito estufa, contribuindo para as mudanças climáticas. Outro problema é a perda de recursos, já que o desperdício de materiais reutilizáveis e recicláveis é uma questão global, e os aeroportos não estão imunes a essa realidade (ICAO, 2023).

O guia da ICAO propõe soluções para minimizar o impacto ambiental dos resíduos em aeroportos. Entre essas soluções estão a redução na fonte, que envolve a implementação de programas de redução, reutilização e compostagem de resíduos, como a separação de materiais recicláveis, o uso de embalagens biodegradáveis e a redução do consumo de água e energia. A reciclagem e a reutilização também são fundamentais, com a necessidade de estabelecer sistemas eficientes de coleta seletiva e tratamento de resíduos, focando na reciclagem de materiais como papel, plástico, metal e vidro. O tratamento e a disposição adequados dos resíduos perigosos, como baterias, produtos químicos e medicamentos, devem ser garantidos para assegurar a segurança ambiental e dos trabalhadores. Além disso, promover campanhas de educação e conscientização para passageiros, funcionários e empresas operantes nos aeroportos é crucial para incentivar a redução, reutilização e reciclagem de resíduos (ICAO, 2023).

2.2.5 Biodiversidade

De acordo com o documento da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), intitulado "Aviação e Mudanças na Biodiversidade", a construção e operação de aeroportos afetam a biodiversidade de várias maneiras. A fragmentação de habitat é uma das principais preocupações, pois a construção de pistas, terminais e outras infraestruturas fragmenta os habitats, isolando populações de animais e plantas e prejudicando a conectividade entre áreas naturais, o que aumenta o risco de extinção.

A remoção da vegetação nativa para a construção de aeroportos também causa a perda direta de habitats para diversas espécies, afetando negativamente a fauna e a flora local.

Além disso, a poluição sonora e luminosa resultante do ruído das aeronaves e da iluminação artificial dos aeroportos pode alterar o comportamento e a reprodução de animais, interferindo em seus padrões migratórios e na ecologia de várias espécies. O tráfego aéreo e as atividades associadas podem facilitar a introdução de espécies invasoras em novos ambientes, competindo com as espécies nativas e causando desequilíbrios ecológicos. As emissões atmosféricas, como dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio, também contribuem para o efeito estufa e a acidificação dos oceanos, impactando a biodiversidade em escala global (ICAO, 2023).

Para mitigar esses impactos, o documento da ICAO enfatiza a importância de adotar medidas de conservação da biodiversidade. Isso inclui o planejamento e desenvolvimento sustentáveis da implantação do aeroporto, que visam minimizar a perda de habitat e a fragmentação, priorizando a conservação de áreas com alta biodiversidade. A gestão ambiental eficiente é crucial, com a implementação de programas de monitoramento da fauna e flora, controle de espécies invasoras e redução da poluição sonora e luminosa. A promoção de programas de restauração de habitats degradados e compensação da perda de habitat, através da criação de áreas protegidas ou medidas de conservação em áreas adjacentes aos aeroportos, também é fundamental (ICAO, 2023).

2.3 LEGISLAÇÕES, NORMAS E POLÍTICAS

Este tópico aborda as legislações, normas e políticas relacionadas à sustentabilidade em aeroportos. Posteriormente, serão apresentadas de forma mais detalhada as legislações relacionadas a ruídos e qualidade do ar. São apresentadas as legislações brasileiras (Quadro 1), europeias (Quadro 2) e estadunidenses (Quadro 3).

Quadro 1 - Regulamentações brasileiras relacionadas à sustentabilidade em aeroportos.

Legislação	Descrição	Ano
Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981)	Estabelece princípios e diretrizes para a proteção e melhoria do meio ambiente, incluindo a prevenção e o controle da poluição, a conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais.	1981
Resolução CONAMA nº 01/1986	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.	1986
Resolução CONAMA nº 05/1989	Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar.	1989
Resolução CONAMA nº 05/1990	Dispõe sobre a emissão de ruídos.	1990
Resolução CONAMA nº 05/1993	Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.	1993
ABNT - NBR 10151	Trata da avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.	2000
Resolução CONAMA nº 382/2006	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.	2006
Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)	Dispõe sobre a gestão integrada de resíduos sólidos, estabelecendo metas e diretrizes para a redução, reutilização e reciclagem de resíduos, bem como a disposição final ambientalmente adequada.	2010
Resolução CONAMA nº 436/2011	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.	2011
RBAC nº 161	Dispõe sobre planos de zoneamento de ruído de aeródromos.	2013
Resolução CONAMA nº 491/2018	Estabelece padrões de qualidade do ar.	2018
ABNT – NBR 16425-2	Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes - Parte 2: Sistema de transporte aéreo	2020
Resolução ANP nº 856/2021	Estabelece as especificações do querosene de aviação JET A e JET A-1, dos querosenes de aviação alternativos e do querosene de aviação C (JET C), bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional.	2021
RBAC nº 91	Trata dos requisitos gerais de operação para aeronaves civis.	2021
RBAC nº 34	Requisitos para drenagem de combustível e emissões de motores de aeronaves.	2021

Legislação	Descrição	Ano
RBAC nº 36	Apresenta os requisitos de ruídos para aeronaves.	2021
Resolução CONAMA nº 506/2024	Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação e atualiza a Resolução CONAMA nº 491/2018.	2024
Lei nº 14.850/2024	Institui a Política Nacional de Qualidade do ar.	2024
Resolução nº 743 da ANAC	Regulamenta o monitoramento e a compensação das emissões de dióxido de carbono relativas às operações internacionais dentro do Mecanismo de Redução e de Compensação de Emissões da Aviação Internacional.	2024
Lei nº 14.993/2024	Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano	2024

Fonte: Autora (2024).

Quadro 2 - Regulamentações europeias relacionadas à sustentabilidade em aeroportos.

Legislação	Descrição	Ano
Diretiva 96/62/CE	Relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente	1996
Diretiva 2001/81/CE	Relativa ao estabelecimento de valores-limite nacionais de emissão de determinados poluentes atmosféricos	2001
Diretiva 2002/30/CE	Relativa ao estabelecimento de regras e procedimentos para a introdução de restrições de operação relacionadas com o ruído nos aeroportos comunitários	2002
Diretiva 2002/49/CE	Estabelece um quadro para a gestão de ruído ambiental, incluindo a definição de valores limites para o ruído de aeronaves.	2002
Diretiva 2003/87/CE	Relativa à criação de um regime de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa na Comunidade	2003
Diretiva 2006/93	Relativa à regulação da exploração dos aviões que dependem do anexo 16 da Convenção relativa à Aviação Civil Internacional, volume 1, segunda parte, capítulo 3	2006
Diretiva 2008/98/CE	Estabelece um quadro para a gestão de resíduos na União Europeia, incluindo metas para a redução, reutilização e reciclagem de resíduos.	2008

Legislação	Descrição	Ano
Diretiva 2008/50/CE	Estabelece limites para a concentração de poluentes atmosféricos e exige que os Estados membros implementem planos de ação para melhorar a qualidade do ar quando os níveis de poluição ultrapassarem os valores-limite.	2008
Regulamento nº 525/2013	Relativo à criação de um mecanismo de monitorização e de comunicação de informações sobre emissões de gases com efeito de estufa e de comunicação a nível nacional e da União de outras informações relevantes no que se refere às alterações climáticas.	2013
Regulamento nº 598/2014	Relativo ao estabelecimento de regras e procedimentos para a introdução de restrições de operação relacionadas com o ruído nos aeroportos da União. Revoga a Diretiva 2002/30/CE.	2014
Diretiva (UE) 2016/2284	Relativa à redução das emissões nacionais de certos poluentes atmosféricos. Revoga a Diretiva 2001/81/CE.	2016
Regulamento (EU) 2017/2392	Altera a Diretiva 2003/87/CE a fim de manter as atuais limitações ao âmbito de aplicação às atividades da aviação e de preparar a aplicação de uma medida baseada no mercado global a partir de 2021	2017
Diretiva (UE) 2018/2001	Relativa à promoção da utilização de energias renováveis em diversos setores.	2018
Diretiva (UE) 2023/959	Altera a Diretiva 2003/87/CE, relativa à criação de um sistema de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa na União.	2023
Regulamento ReFuelEU	ReFuelEU Aviation promove o aumento do uso de combustíveis sustentáveis para aviação (SAF) como a ferramenta mais eficaz para reduzir as emissões de CO2 da aviação.	2023

Fonte: Autora (2024).

Quadro 3 - Regulamentações estadunidenses relacionadas à sustentabilidade em aeroportos.

Legislação	Descrição	Ano
National Environmental Policy Act (NEPA, 1969)	Exige que as agências federais considerem os impactos ambientais de suas ações, incluindo a construção e operação de aeroportos.	1969
14 C.F.R Part 36	Normas de Ruído: Tipo de Aeronavegabilidade e Certificação de Aeronavegabilidade	1969
Clean Air Act (Lei do Ar Limpo, 1970)	Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e regulamenta as emissões de poluentes, incluindo as emissões de aeronaves.	1970
Noise Control Act (Lei de Controle de Ruído, 1972)	Define padrões para o controle de ruído, incluindo o ruído de aeronaves, e autoriza a Agência de Proteção Ambiental (EPA) a definir padrões de ruído para aeroportos.	1972
Energy Policy and Conservation Act (EPCA, 1975)	Estabelece políticas para a conservação de energia, incluindo a eficiência energética em edifícios e outros equipamentos, como aeroportos.	1975
Resource Conservation and Recovery Act (RCRA, 1976)	Regulamenta o gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo a coleta, o tratamento e a disposição de resíduos perigosos e não perigosos.	1976
14 C.F.R Part 150	Planejamento de Compatibilidade de Ruído em Aeroportos	1981
14 C.F.R Part 161	Aviso e Aprovação de Restrições de Ruído e Acesso ao Aeroporto	1991
RIN 2060-A070	Trata de emissão para motores de aeronaves, focando nos óxidos de nitrogênio (NOX) para turbofans e turbojatos.	2012
RIN 2060 – AT26	Controle da Poluição do ar de aviões e motores de aviões com foco em padrões de emissões de gases do efeito estufa e procedimentos de teste.	2021
RIN 2060-AU69	Regula as emissões de material particulado (PM) de motores de aeronaves.	2022

Fonte: Autora (2024).

2.3.1 Poluição do Ar

2.3.1.1 No Brasil

2.3.1.1.1 PRONAR

Na década de 1970, o Brasil vivia um período de intenso crescimento econômico e industrial, o que trouxe consigo uma crescente preocupação com a

qualidade do ar. A primeira legislação voltada para o controle da poluição atmosférica foi instituída pela Portaria nº 231 do Ministério do Interior, em 27 de abril de 1976, que definiu padrões nacionais de qualidade do ar para certos poluentes.

Em 1989, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR), por meio da Resolução CONAMA nº 05, de 15 de junho de 1989. A primeira regulamentação do PRONAR foi estabelecida pela Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, que definiu padrões para diversos poluentes, com o objetivo de proteger a saúde pública e o meio ambiente. Esses padrões são:

Tabela 1 - Padrões de Qualidade do ar de acordo com a CONAMA 03/1990.

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário	Padrão Secundário
Partículas Totais em Suspensão - PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 horas	240	150
	Anual (média geométrica)	80	60
Fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	150	100
	Anual	60	40
Partículas Inaláveis PM_{10} - ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24h	150	150
	Anual	50	50
Dióxido de Enxofre	24h	365	100
	Anual	80	40
Monóxido de Carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	40.000	40.000
	8h	10.0000	10.0000
Ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	160	160
Dióxido de Nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1h	320	190
	Anual	100	100

Fonte: Brasil (1990).

2.3.1.1.2 Resolução CONAMA nº 491/2018 atualizada pela CONAMA nº 506/2024

A Resolução CONAMA nº 491, de novembro de 2018, define padrões de qualidade do ar para poluentes específicos, incluindo material particulado, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio, fumaça, monóxido de carbono, partículas totais em suspensão e chumbo.

A resolução estabelece valores progressivos de qualidade do ar, classificados como PI-1, PI-2, PI-3 e PF. Esses valores representam níveis a serem cumpridos gradativamente, sendo que o último, PF (Padrão Final), corresponde aos valores-guia definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2005. Os valores PI-1 são os que entraram em vigor a partir da publicação da Resolução em 2018 e os demais serão adotados de forma subsequente em conformidade com Planos de Controle de Emissões Atmosféricas e os Relatórios de Avaliação da Qualidade do Ar, elaborados pelos órgãos estaduais e distrital de meio ambiente.

A Tabela 2 apresenta os padrões de qualidade do ar determinados na resolução de 2018.

Tabela 2 - Padrões de qualidade do ar de acordo com a CONAMA 491/18.

Poluente atmosférico	Período de Referência	PI-1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI-2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI-3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Material Particulado - MP ₁₀ .	24h	120	100	75	50
	Anual ¹	40	35	30	20
Material Particulado - MP _{2,5}	24h	60	50	37	25
	Anual ¹	20	17	15	10
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24h	125	50	30	20
	Anual ¹	40	30	20	-
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200
	Anual ¹	60	50	45	40
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100
Fumaça.	24h	120	100	75	50
	Anual ¹	40	35	30	20
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	9 (ppm)
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24h	-	-	-	240
	Anual ⁴	-	-	-	80
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	0,5
1 – Média aritmética anual 2 – Média horária 3 – Máxima média móvel obtida no dia 4 – Média geométrica anual 5 – Medido nas partículas totais em suspensão					

Fonte: Brasil (2018).

Em julho de 2024, a Resolução CONAMA nº 506 substituiu a resolução de 2018, introduzindo novas e importantes diretrizes. Uma das principais alterações foi a inclusão de um quarto padrão intermediário de qualidade do ar, além de uma atualização dos valores do padrão final de qualidade, agora alinhados com os valores-guia estabelecidos pela OMS em 2021.

Outro ponto significativo é a definição de prazos específicos para a implementação dos padrões de qualidade do ar, algo que não existia na resolução anterior. A nova resolução estabelece prazos claros e planos de ação para que os padrões sejam atingidos, além de designar os responsáveis pelo monitoramento e pela organização dos dados de qualidade do ar.

A Tabela 3 apresenta os padrões de qualidade do ar determinados na resolução de 2024.

Tabela 3 - Padrões de qualidade do ar de acordo com a CONAMA 506/2024.

Poluente atmosférico	Período de Referência	PI-1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI-2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI-3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI-4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Material Particulado - MP ₁₀ .	24h	120	100	75	50	45
	Anual ¹	40	35	30	20	15
Material Particulado - MP _{2,5}	24h	60	50	37	25	15
	Anual ¹	20	17	15	10	05
Dióxido de Enxofre - SO ₂	24h	125	50	40	40	40
	Anual ¹	40	30	20	20	20
Dióxido de Nitrogênio - NO ₂	1 hora ²	260	240	220	200	200
	Anual ¹	60	50	45	40	10
Ozônio - O ₃	8 horas ³	140	130	120	100	100
Fumaça.	24h	120	100	75	50	45
	Anual ¹	40	35	30	20	15
Monóxido de Carbono - CO	8 horas ³	-	-	-	-	9 (ppm)
Partículas Totais em Suspensão - PTS	24h	-	-	-	-	240
	Anual ⁴	-	-	-	-	80
Chumbo - Pb ⁵	Anual ¹	-	-	-	-	0,5

1 – Média aritmética anual
2 – Máxima média horária obtida no dia

Poluente atmosférico	Período de Referência	PI-1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI-2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI-3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI-4 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
3 – Máxima média móvel obtida no dia						
4 – Média geométrica anual						
5 – Medido nas partículas totais em suspensão						

Fonte: (Brasil, 2024).

2.3.1.1.3 Lei nº 14.850, de 2 de maio de 2024

A Lei nº 14.850, de 2 de maio de 2024, instituiu a Política Nacional de Qualidade do Ar (PNQA) no Brasil, com o objetivo de assegurar a proteção da saúde pública, o bem-estar da população e a preservação ambiental para as gerações presentes e futuras. A PNQA visa também garantir o monitoramento eficaz da qualidade do ar, promover a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico, reduzir progressivamente as emissões e concentrações de poluentes atmosféricos, e fomentar o uso de tecnologias limpas para proteger a saúde e melhorar a qualidade do ar. A política busca ainda alinhar-se às estratégias de combate às mudanças climáticas, além de assegurar o amplo acesso público a dados atualizados sobre monitoramento e gestão da qualidade do ar. Outro ponto relevante é o fortalecimento da gestão da qualidade do ar pelos órgãos e entidades do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama).

A lei introduz medidas para monitoramento contínuo, controle de fontes poluidoras, planos de gestão da qualidade do ar e a criação de um inventário de emissões atmosféricas. Um dos avanços é a criação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar, com a missão de fornecer dados regionais atualizados sobre a qualidade do ar. A cada quatro anos, a União deverá revisar e adaptar o plano de gestão da qualidade do ar, visando a redução da poluição de acordo com os padrões nacionais estabelecidos. Além disso, a Lei nº 14.850 estabelece a responsabilidade do poder público em incentivar a pesquisa e a inovação em tecnologias de controle de poluição e no desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental focados na redução de emissões e no monitoramento de poluentes atmosféricos.

2.3.1.1.4 RBAC nº 34

O RBAC nº 34, ou Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 34, trata dos requisitos de certificação e dos limites de emissões de gases poluentes para aeronaves. Este regulamento adota integralmente os padrões estabelecidos no Volume II do Anexo 16 da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), que se refere à proteção do meio ambiente, especificamente no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos.

Na resolução são estabelecidas diretrizes relativas à prevenção de drenagem intencional de combustível de aeronaves com motores a turbina; e a emissões de fumaça, gases e material particulado de motores turbojato e turbofan para propulsão em velocidades subsônicas ou supersônicas.

2.3.1.1.5 Resolução nº 743 da ANAC

A Resolução nº 743 da ANAC, publicada em 15 de maio de 2024, estabelece diretrizes para o monitoramento, reporte, verificação e compensação das emissões de dióxido de carbono (CO₂) provenientes de operações internacionais de aviação, alinhando-se ao Mecanismo de Redução e Compensação de Emissões da Aviação Internacional (CORSIA). A resolução aplica-se a operadores aéreos que realizam voos internacionais e emitam mais de 10.000 toneladas de CO₂ anualmente, utilizando aeronaves de asa fixa com peso máximo de decolagem certificado superior a 5.700 kg.

Os operadores devem elaborar um Plano de Monitoramento de Emissões, que precisa ser aprovado pela ANAC. Além disso, os Relatórios Anuais de Emissões devem ser submetidos à ANAC até 30 de abril do ano subsequente e acompanhados de um Parecer de Verificação emitido por um organismo independente.

A resolução também estipula obrigações de compensação de emissões, calculadas anualmente com base em fórmulas que levam em conta o crescimento das emissões tanto no setor quanto individualmente. A obrigação total de compensação em cada ciclo trienal é a soma das obrigações anuais, com reduções permitidas pelo uso de combustíveis sustentáveis. Para atender a essas obrigações, os operadores devem cancelar Unidades de Emissões Aceitas pelo CORSIA.

O não cumprimento das obrigações pode resultar em sanções, incluindo multas de R\$ 25.000 a R\$ 120.000. A ANAC também poderá estimar emissões de operadores não conformes e realizar auditorias. A resolução entrará em vigor em 1º de janeiro de 2025, substituindo as Resoluções ANAC nº 496/2018 e nº 558/2020.

2.3.1.1.6 Lei nº 14.993, de 8 de outubro de 2024

A Lei nº 14.993, sancionada em 8 de outubro de 2024, estabelece diretrizes para promover a mobilidade sustentável de baixo carbono e regulamenta a captura e estocagem geológica de dióxido de carbono no Brasil. A legislação institui programas significativos como o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano.

O primeiro capítulo da lei define as disposições gerais, incluindo a regulamentação das atividades de captura e estocagem geológica de CO₂ e a produção de combustíveis sintéticos. A lei também estabelece critérios para a certificação do biometano, detalhando conceitos como avaliação do ciclo de vida e emissões de gases de efeito estufa (GEE). Os objetivos incluem a promoção da eficiência na produção de combustíveis e a valorização das fontes energéticas renováveis, alinhando-se aos compromissos internacionais sobre mudanças climáticas.

No que diz respeito à mobilidade sustentável, a lei determina que as iniciativas sob os programas RenovaBio, Mover, PBEV e Proconve devem ser integradas. Isso envolve a adoção da metodologia de análise do ciclo de vida para mitigar as emissões de CO₂e. O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) é encarregado de estabelecer metas relacionadas à intensidade de carbono dos combustíveis utilizados no transporte, além da fiscalização do cumprimento dessas metas.

O ProBioQAV é um dos destaques da nova legislação, com o objetivo de incentivar o uso do combustível sustentável para aviação (SAF). A ANP será responsável por determinar as emissões equivalentes por unidade de energia para cada rota tecnológica utilizada na produção do SAF. Os operadores aéreos terão metas progressivas para reduzir suas emissões através do uso deste combustível,

começando com uma redução mínima de 1% em 2027 e aumentando até 10% em 2037.

O PNDV (Programa Nacional de Diesel Verde) tem como objetivo fomentar a pesquisa e a comercialização do diesel verde, estabelecendo uma participação volumétrica mínima obrigatória desse biocombustível em relação ao diesel convencional. O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) definirá anualmente, de 2027 a 2037, o percentual de diesel verde a ser adicionado. A determinação desse percentual levará em consideração diversos fatores, como a oferta do biocombustível, incluindo a disponibilidade de matéria-prima, a capacidade de produção e a localização das unidades produtivas no Brasil.

2.3.1.1.7 Conexão SAF

A Conexão SAF é um fórum informal criado para reunir atores públicos e privados com o objetivo de facilitar a descarbonização do setor de aviação brasileiro por meio do uso de Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF). Esta iniciativa busca promover um debate estruturado sobre os desafios técnicos, regulatórios, tributários, produtivos e logísticos que envolvem a produção e o consumo de SAF no Brasil, além de propor soluções viáveis para tornar esses combustíveis economicamente sustentáveis.

Um dos principais objetivos da Conexão SAF é estabelecer canais de comunicação e diálogo ao longo da cadeia de produção e consumo de SAF, incentivando novos negócios e investimentos no setor. O fórum também se compromete a divulgar informações sobre requisitos de certificação de sustentabilidade, metodologias de análise do ciclo de vida e melhores práticas relacionadas à produção e uso desses combustíveis. Essa abordagem visa criar um ambiente colaborativo que facilite a troca de conhecimentos entre os participantes.

A Conexão SAF conta com um Grupo Coordenador responsável por organizar discussões e eventos. Para abordar os diferentes temas relacionados à descarbonização da aviação, serão formados grupos técnicos abertos a todos os membros interessados. Cada grupo terá um coordenador que facilitará as discussões e reportará os resultados ao Grupo Coordenador, promovendo alinhamentos necessários.

A adesão ao fórum é aberta a diversas instituições, incluindo produtores de biocombustíveis, empresas aéreas, operadores aeroportuários e entidades de pesquisa. Qualquer membro pode se candidatar a coordenar um grupo técnico, o que promove a inclusão e a participação ativa na discussão sobre o desenvolvimento do mercado de SAF no Brasil.

2.3.1.2 *Na União Europeia*

2.3.1.2.1 Diretiva 2008/50/CE da União Europeia que revoga a Diretiva 96/62/CE

A União Europeia possui diretivas específicas para regular a qualidade do ar e reduzir as emissões de poluentes, incluindo os provenientes de aeroportos. A Diretiva 2008/50/CE, por exemplo, estabelece limites para a concentração de diversos poluentes atmosféricos e exige que os Estados membros implementem planos de ação para melhorar a qualidade do ar quando os níveis de poluição ultrapassarem os valores-limite estabelecidos.

O objetivo principal da Diretiva 2008/50/CE é proteger a saúde humana e o meio ambiente dos impactos nocivos da poluição atmosférica, definindo limites obrigatórios para diferentes poluentes. Esses valores variam conforme o tipo de poluente e o período de exposição, garantindo proteção eficaz tanto para a saúde quanto para o meio ambiente. A diretiva também obriga os Estados membros a desenvolverem planos de qualidade do ar, contendo medidas para reduzir as emissões, monitorar a qualidade do ar e informar regularmente a população sobre os níveis de poluição e os riscos associados.

Reconhecendo que a poluição do ar é uma questão transnacional, a diretiva incentiva a cooperação entre os países da UE para combater a poluição que se desloca além das fronteiras. Além disso, estabelece um sistema abrangente de monitoramento da qualidade do ar, com estações de monitoramento em toda a União Europeia para medir os níveis de poluentes atmosféricos. Os Estados membros são obrigados a divulgar periodicamente esses dados, permitindo que a população tenha acesso a informações atualizadas sobre a qualidade do ar e possíveis riscos à saúde.

A Tabela 4 abaixo apresenta os valores limite para cada poluente.

Tabela 4 - Padrões de qualidade do ar de acordo com a Diretiva 2008/50 da EU.

Período de Referência	Valor-limite	Margem de Tolerância	Data-limite para observância do valor limite
Dióxido de Enxofre			
1 hora	350 µg/m ³ , a não exceder mais de 24 vezes por ano civil	150 µg/m ³ (43 %)	-
1 dia	125 µg/m ³ , a não exceder mais de 3 vezes por ano civil	Nada	-
Dióxido de Nitrogênio			
1 hora	200 µg/m ³ , a não exceder mais de 18 vezes por ano civil	50 % em 19 de Julho de 1999, a reduzir em 1 de Janeiro de 2001 e em cada período de 12 meses subsequente numa percentagem anual idêntica, até atingir 0 % em 1 de Janeiro de 2010	1 de Janeiro de 2010
Ano civil	40 µg/m ³	50 % em 19 de Julho de 1999, a reduzir em 1 de Janeiro de 2001 e em cada período de 12 meses subsequente numa percentagem anual idêntica, até atingir 0 % em 1 de Janeiro de 2010	1 de Janeiro de 2010
Benzeno			
Ano civil	5 mg/m ³	5 µg/m ³ (100 %) em 13 de Dezembro de 2000, a reduzir em 1 de Janeiro de 2006 e em cada período de 12 meses subsequente em 1 µg/m ³ , até atingir 0 % em 1 de Janeiro de 2010	1 de Janeiro de 2010
Monóxido de Carbono			
Média máxima diária por períodos de 8 horas	10 µg/m ³	60 %	-
Chumbo			
Ano civil	0,5 µg/m ³	100 %	-
MP₁₀			
1 dia	50 µg/m ³ , a não exceder mais de 35 vezes por ano civil	50 %	-
Ano civil	40 µg/m ³	20 %	-

Fonte: União Europeia (2008).

Ressalta-se que alguns fatores especificados na legislação, que incluem métodos de referência, validação dos dados e localização dos pontos de amostragem para avaliação da qualidade do ar são atualizados na Diretiva (EU) 2015/1480.

2.3.1.2.2 Diretiva (UE) 2016/2284 da União Europeia que revoga a Diretiva 2001/81/CE

A Diretiva 2016/2284 da União Europeia estabelece limites nacionais de emissão para reduzir a poluição atmosférica e, assim, melhorar a qualidade do ar, protegendo a saúde humana e o meio ambiente. A diretiva define metas de redução para cinco principais poluentes: dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM), amônia (NH₃) e partículas finas (PM2.5). Esses limites são específicos para cada Estado-Membro e devem ser atingidos em etapas, com prazos estabelecidos para 2020, 2025 e 2030.

Um ponto central da diretiva é a exigência de que os Estados-Membros elaborem programas nacionais de controle da poluição do ar, detalhando as medidas necessárias para cumprir os objetivos de redução. Esses programas são submetidos a revisões periódicas pela Comissão Europeia, que também recebe relatórios anuais de monitoramento das emissões. Os Estados-Membros são incentivados a adotar abordagens integradas que considerem os impactos ambientais, econômicos e sociais, promovendo tecnologias limpas e a utilização de energia renovável. O seu objetivo final é reduzir substancialmente a poluição do ar até 2030, melhorando assim a qualidade de vida na União Europeia.

2.3.1.2.3 Regulamento ReFuelEU

O Regulamento ReFuelEU Aviação, que entrou em vigor em janeiro de 2024, visa promover o uso de combustíveis sustentáveis na aviação (SAF - Sustainable Aviation Fuels) para reduzir as emissões de CO₂ em comparação ao querosene convencional.

O regulamento estabelece metas progressivas para a incorporação de combustíveis sustentáveis no setor aéreo. A partir de 2025, os fornecedores de combustíveis deverão garantir que 2% do total disponibilizado seja SAF, aumentando para 6% em 2030 e alcançando 70% até 2050. Entre os SAF, destaca-se o uso de

combustíveis sintéticos, ou e-combustíveis, que deverão compor 1,2% da oferta total em 2030 e 35% até 2050. Os e-combustíveis, produzidos a partir de fontes renováveis, têm um potencial significativo de reduzir as emissões de CO₂.

Além de aumentar a disponibilidade de SAF, o regulamento também visa desestimular práticas que elevam as emissões de carbono, como o "tankering", onde aeronaves carregam mais combustível do que o necessário para evitar reabastecimento em aeroportos com preços mais altos, o que aumenta o peso da aeronave e, conseqüentemente, as emissões. Para combater esse problema, o regulamento exige que as companhias aéreas adquiram ao menos 90% do combustível usado anualmente em cada aeroporto da UE no próprio local, promovendo uma distribuição de combustível mais eficiente e sustentável.

2.3.1.2.4 Regulamento (UE) 2017/2392 que altera a Diretiva 2003/87/CE

O Regulamento (UE) 2017/2392 altera a Diretiva 2003/87/CE para integrar o setor de aviação ao Sistema de Comércio de Emissões (ETS) da União Europeia, prorrogando a isenção parcial de emissões para voos internacionais até 2023. O objetivo é preparar o setor para a transição ao Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional (CORSIA), que entrará em vigor em 2021 e será implementado globalmente.

O CORSIA, aprovado pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), tem como meta compensar o crescimento das emissões de CO₂ a partir de 2020. As companhias aéreas adquirirão créditos de carbono para compensar as emissões adicionais resultantes do aumento do tráfego aéreo. O ETS da UE continuará regulando as emissões dos voos internos europeus até que o CORSIA seja plenamente implementado.

Essa abordagem coordenada da União Europeia visa garantir uma transição suave para o sistema global de compensação de carbono, alinhando-se aos compromissos internacionais de proteção climática e assegurando que a aviação desempenhe um papel significativo na redução das emissões globais de carbono.

2.3.1.3 *Nos Estados Unidos*

2.3.1.3.1 Clean Air Act (CAA)

O Clean Air Act (CAA) é a principal legislação federal dos Estados Unidos voltada à proteção da qualidade do ar, promulgada inicialmente em 1970 e amplamente emendada ao longo dos anos. Seu objetivo central é reduzir e controlar a poluição do ar em todo o país, com a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) sendo responsável pela sua administração. A EPA desenvolve regulamentos em colaboração com os governos estaduais, visando estabelecer padrões nacionais de qualidade do ar para proteger a saúde pública e o meio ambiente.

A legislação abrange seis poluentes principais: ozônio, material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e chumbo. A EPA monitora a conformidade com esses padrões e, quando necessário, exige que os estados criem Planos de Implementação Estadual para as áreas que não atendem aos requisitos, garantindo que medidas corretivas sejam adotadas.

O CAA regula tanto as emissões de fontes móveis (como veículos automotores, aeronaves, trens e embarcações) quanto de fontes estacionárias (como indústrias e usinas elétricas). A legislação estabelece padrões de emissão para essas fontes e incentiva o desenvolvimento de tecnologias mais limpas. Um dos programas de destaque é o Programa de Troca de Ar Limpo, que permite que empresas poluidoras adquiram créditos de emissão de outras empresas que emitem menos, promovendo uma redução global das emissões e incentivando a inovação tecnológica para a melhoria da qualidade do ar.

A Tabela 5 apresenta os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela regulamentação Clean Air Act.

Tabela 5 - Padrões de qualidade do ar de acordo com o Clean Air Act.

Poluente	Primário/ Secundário	Tempo médio	Nível	Forma
Monóxido de Carbono (CO)	Primário	8 horas	9 ppm	Não deve ser excedido mais de uma vez por ano
	Primário	1 hora	35 ppm	Não deve ser excedido mais de uma vez por ano

Poluente	Primário/ Secundário	Tempo médio	Nível	Forma
Chumbo (Pb)	Primário e Secundário	Média móvel de 3 meses	0.15 µg/m ³	Não deve ser excedido
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	Primário	1 hora	100 ppb	Percentil 98 das concentrações máximas diárias de 1 hora, média de 3 anos
	Primário e Secundário	1 ano	53 ppb	Média anual
Ozônio (O ₃)	Primário e Secundário	8 horas	0.070 ppm	Quarta maior concentração máxima diária de 8 horas anual, média de 3 anos
PM _{2.5}	Primário	1 ano	9.0 µg/m ³	Média anual, média de 3 anos
	Secundário	1 ano	15.0 µg/m ³	Média anual, média de 3 anos
	Primário e Secundário	24 horas	35 µg/m ³	Percentil 98, média de 3 anos
PM ₁₀	Primário e Secundário	24 horas	150 µg/m ³	Não deve ser excedido mais de uma vez por ano em média durante 3 anos
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Primário	1 hora	75 ppb	Percentil 99 das concentrações máximas diárias de 1 hora, média de 3 anos
	Secundário	3 horas	0.5 ppm	Não deve ser excedido mais de uma vez por ano

Traduzido pela autora (2024).
Fonte: Estados Unidos da América (1970).

2.3.1.3.2 RIN 2060-A070 - Control of Air Pollution From Aircraft Engines: Emission Standards and Test Procedures

O regulamento RIN 2060-A070, publicado pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) em junho de 2012, trata das emissões de motores de aeronaves, com foco específico nos óxidos de nitrogênio (NO_x) emitidos por turbofans e turbojatos com empuxo superior a 26,7 quilonewtons (kN). O objetivo principal é alinhar as regulamentações dos Estados Unidos com os padrões internacionais estabelecidos pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), promovendo consistência global nas normas de emissões para o setor aéreo.

Esse regulamento introduz dois novos padrões de emissão em etapas, conhecidos como *Tier 6* e *Tier 8*:

Tier 6: Estabelece uma redução de 12% nas emissões de NOx em relação aos padrões anteriores. Esse padrão foi projetado para melhorar a eficiência ambiental e atender às metas internacionais de redução de poluentes, sendo um marco intermediário na transição para regulamentações mais rigorosas.

Tier 8: Introduce uma redução adicional de 15% em comparação ao Tier 6. Este é o padrão mais restritivo, focado em continuar a evolução das tecnologias para motores de aeronaves, visando reduzir ainda mais as emissões de NOx e minimizar o impacto ambiental da aviação.

Ambos os padrões foram estabelecidos pela ICAO, com o objetivo de uniformizar as exigências de emissão para motores de aeronaves globalmente, permitindo que os fabricantes de motores adaptem suas tecnologias para cumprir com esses novos requisitos.

A regulamentação também estabelece que todos os novos motores fabricados a partir de 31 de dezembro de 2012 devem atender, no mínimo, aos padrões *Tier 6*. Além disso, a EPA introduziu novos requisitos de relatórios para os fabricantes de motores de aeronaves, além de atualizar os procedimentos de teste e medição das emissões. Essas mudanças são fundamentais para garantir que os estados dos EUA possam cumprir com os padrões nacionais de qualidade do ar e reduzir as emissões de poluentes.

Por fim, é importante destacar que, embora as novas normas representem um avanço significativo na redução das emissões de NOx, elas não devem impor custos excessivos aos fabricantes, pois muitos já estavam adaptando suas tecnologias de motores em resposta às exigências internacionais.

Destaca-se que a regulamentação propõe alterar, para que estejam alinhadas com o exposto, as seguintes partes do 40 CFR – Protection of Environment: Part 87 – Controle da Poluição do Ar por Aeronaves e Motores de Aeronaves, Part 1068 – Regulamentação de Emissões de Poluentes de Veículos e Motores não Rodoviários.

2.3.1.3.3 RIN 2060-AU69 - Control of Air Pollution From Aircraft Engines: Emission Standards and Test Procedures

O documento em questão trata de uma regulamentação emitida pela Environmental Protection Agency (EPA) em 2022, que estabelece normas para o controle das emissões de material particulado (PM) provenientes de motores de aeronaves. Essas normas alinham-se aos padrões da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO). As regras aplicam-se a novos projetos de tipo e motores em produção com potência superior a 26,7 kN, utilizados em aeronaves a jato subsônicas civis, como aviões comerciais e jatos executivos.

Os padrões propostos incluem limites para a massa de PM (mg/kN) e para o número de partículas de PM (#/kN), sendo aplicáveis a motores em produção fabricados a partir de 1º de janeiro de 2023. Além disso, a regulamentação estabelece um limite máximo de concentração de massa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para a maior concentração de PM durante a operação do motor. O documento também especifica três métodos para a medição das emissões de PM e exige que os fabricantes apresentem relatórios detalhados sobre as emissões desse poluente.

Por fim, a regulamentação propõe alterações nas seguintes seções do 40 CFR – Protection of Environment, para garantir seu alinhamento com os novos requisitos: Parte 87 – Controle da Poluição do Ar por Aeronaves e Motores de Aeronaves, Parte 1030 – Controle das Emissões de Gases com Efeito Estufa dos Motores Instalados em Aviões, e Parte 1031 – Controle da Poluição do Ar por Motores de Aeronaves.

2.3.1.3.4 RIN 2060 – AT26 - Control of Air Pollution From Airplanes and Airplane Engines: GHG Emission Standards and Test Procedures

A norma de emissão de gases de efeito estufa (GEE) para motores de determinados aviões civis subsônicos, em vigor desde 11 de janeiro de 2021, tem como objetivo alinhar as regulamentações dos EUA aos padrões da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), estabelecidos em 2017. Essas normas se aplicam a aviões com massa máxima de decolagem superior a 5.700 kg, bem como a aeronaves propulsadas por turbopropulsores com massa superior a 8.618 kg.

A regulamentação reflete o compromisso dos EUA em garantir a uniformidade internacional nas normas de aviação e atende à obrigação da EPA sob a Lei do Ar Limpo, que reconhece o impacto negativo das emissões de GEE das aeronaves na saúde pública. Os padrões estabelecidos controlam as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O) dos motores, adotando uma métrica baseada na eficiência do combustível.

Por fim, a regulamentação propõe alterações nas seguintes seções do 40 CFR – Protection of Environment, para garantir sua conformidade com os requisitos mencionados: Parte 87 – Controle da Poluição do Ar por Aeronaves e Motores de Aeronaves, e Parte 1031 – Controle da Poluição do Ar por Motores de Aeronaves.

2.3.2 Ruído

2.3.2.1 No Brasil

2.3.2.1.1 CONAMA nº 001/1990 e NBR 10151

A Resolução CONAMA nº 001/1990 é uma legislação breve que estabelece diretrizes relacionadas aos níveis de ruído, com ênfase na exigência de que esses níveis sejam inferiores aos limites definidos pela NBR 10151.

A NBR 10151 é uma norma brasileira que define os critérios para a avaliação do ruído em áreas habitadas, visando garantir o conforto da comunidade. Ela estabelece limites de níveis sonoros permitidos em diferentes períodos do dia (diurno e noturno) para áreas residenciais, comerciais, industriais e mistas. A norma também orienta sobre os procedimentos para a medição de ruídos, levando em consideração fatores como o tipo de fonte sonora e as condições ambientais. Essa norma é amplamente utilizada para avaliar o impacto sonoro de atividades que possam afetar o bem-estar das pessoas nas áreas ao redor.

A Tabela 6 apresenta os níveis de critério de avaliação estabelecido pela NBR 10151.

Tabela 6 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).

Tipos de Áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR (2000).

2.3.2.1.2 RBAC nº 36

Para controlar a emissão sonora de aeronaves, a ANAC estabeleceu, como parte da certificação ambiental de produtos aeronáuticos, o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 36. Este regulamento incorpora integralmente o regulamento estadunidense US Title 14 CFR Part 36: Noise Standards: Aircraft Type and Airworthiness Certification. O RBAC 36 define os limites máximos de ruído permitidos para diferentes categorias de aeronaves e estabelece procedimentos padronizados para a medição e análise dos dados, a serem seguidos na avaliação dos níveis de ruído durante o processo de certificação de projeto de tipo das aeronaves.

2.3.2.1.3 RBAC nº 161

Para a aprovação dos Planos de Zoneamento de Ruído (PZR), a Agência estabeleceu o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 161, que define os requisitos para a elaboração e implementação desses planos. O regulamento inclui diretrizes para assegurar a compatibilidade do uso do solo nas áreas ao redor dos aeródromos e em suas zonas de influência. Além disso, estabelece orientações para a interação entre o operador do aeródromo, órgãos locais e as comunidades vizinhas, abordando aspectos como o gerenciamento do ruído aeronáutico, o monitoramento sonoro e a adoção de restrições operacionais nos aeródromos.

A Instrução Suplementar nº 161.55.001A tem como objetivo definir a metodologia e os critérios técnicos aceitos pela ANAC para o cumprimento da seção

161.55 – Monitoramento de Ruído, prevista na Subparte F – Relacionamento entre Operador de Aeródromo, Órgãos Locais e Comunidades do Entorno, do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 161 – Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos (PZR).

2.3.2.1.4 RBAC nº 91

A Subparte I do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 91, que estabelece os requisitos gerais de operação para aeronaves civis, define normas relacionadas ao nível de ruído gerado pelas aeronaves em operação no Brasil. O regulamento apresenta limitações operacionais específicas para aviões subsônicos a jato, baseadas nos níveis de ruído obtidos durante o processo de certificação do projeto de tipo da aeronave. Além disso, aborda a aplicabilidade das restrições de ruído para aeronaves agrícolas, aeronaves de combate a incêndios e para voos de aeronaves supersônicas civis, incluindo as questões relacionadas à geração de estrondos sônicos.

2.3.2.1.5 NBR nº 16.425-2/2020

A ABNT NBR 16425-2/2020 é uma norma técnica que estabelece diretrizes para a medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transporte aéreo. O objetivo principal da norma é fornecer descritores sonoros e procedimentos que garantam a precisão nas medições, além de especificar os desempenhos dos instrumentos utilizados e os requisitos para sua instalação e operação.

A norma inclui regras detalhadas sobre como realizar medições de níveis de pressão sonora, considerando diferentes condições operacionais e ambientes. Ela define também os critérios para a calibração dos equipamentos de medição, assegurando que os resultados obtidos sejam confiáveis e consistentes. Além disso, a norma orienta sobre a avaliação dos resultados das medições, permitindo uma análise mais clara do impacto sonoro gerado por aeronaves.

Outro aspecto importante da ABNT NBR 16425-2 é a classificação dos níveis de pressão sonora, que é essencial para o entendimento do impacto acústico em áreas urbanas e residenciais próximas aos aeroportos. A norma considera diferentes

fontes de ruído e suas características, o que ajuda na identificação de soluções para mitigar os efeitos do ruído aéreo na população.

A norma também é parte de um conjunto mais amplo de normas sobre desempenho acústico, que inclui outros modos de transporte, como ferroviário e rodoviário. Isso permite uma abordagem integrada na gestão do ruído em ambientes urbanos, facilitando a comparação entre diferentes fontes de poluição sonora.

2.3.2.2 *Na Europa*

2.3.2.2.1 Diretiva 2002/49/CE alterada pelo Regulamento (UE) 2019/1010

A Diretiva 2002/49/CE, conhecida como a Diretiva de Ruído Ambiental, foi criada pela União Europeia com o objetivo de estabelecer um quadro comum para a avaliação e gestão do ruído ambiental. Ela visa reduzir os efeitos negativos do ruído no meio ambiente e na saúde pública, promovendo a transparência e o envolvimento do público no processo de gestão de ruído. Os principais pontos abordados pela diretiva incluem:

- Mapeamento estratégico de ruído: Os países da UE devem elaborar mapas estratégicos de ruído para áreas urbanas, grandes rodovias, ferrovias e aeroportos, com base em indicadores de ruído como L_{den} (indicador de ruído diurno, noturno e vespertino) e L_{night} (indicador de ruído noturno, usado para avaliar distúrbios do sono).
- Planos de ação: A diretiva exige que cada país desenvolva planos de ação para reduzir ou gerenciar os impactos do ruído em áreas afetadas. Isso inclui a implementação de medidas específicas, como o controle de fontes de ruído e a promoção de áreas silenciosas.
- Consultas públicas e informações: O público deve ser consultado sobre os planos de ação, e as informações sobre os mapas de ruído e planos de ação devem ser acessíveis ao público.

Ou seja, a Diretiva 2002/49/CE não define níveis específicos de ruído aceitáveis. Ao invés disso, ela estabelece um quadro para a avaliação, monitoramento e gestão do ruído ambiental nos Estados-membros da União Europeia. A diretiva exige que os países elaborem mapas de ruído e desenvolvam planos de ação

destinados a mitigar os impactos do ruído em áreas afetadas, particularmente em regiões urbanas, áreas próximas a infraestruturas de transporte e zonas industriais.

Cada país, com base nas diretrizes e metodologias da diretiva, é responsável por definir os níveis de ruído aceitáveis, frequentemente alinhando-os com padrões internacionais, como a ISO 1996. Assim, embora a diretiva não imponha valores específicos, ela harmoniza os métodos de avaliação do ruído e incentiva os Estados-membros a adotar medidas para proteger a saúde e o bem-estar da população, adaptando os limites de ruído conforme as necessidades e contextos locais.

A atualização através do Regulamento (UE) 2019/1010 trouxe algumas mudanças para reforçar a implementação e o cumprimento da diretiva, destacando os seguintes pontos:

- Revisão periódica de mapas e planos: A principal mudança do regulamento de 2019 foi a introdução da obrigação de revisar os mapas estratégicos de ruído e os planos de ação a cada 5 anos, uma vez que o ambiente urbano e as infraestruturas estão em constante mudança. Isso garante que os países da UE ajustem suas estratégias de ruído conforme as alterações nos níveis de exposição ao ruído e a implementação de novas tecnologias ou políticas.
- Desenvolvimento de um mecanismo digital de troca de informações: O regulamento também exigiu o desenvolvimento de um mecanismo digital para o intercâmbio de informações entre os países da UE, com o auxílio da Agência Europeia do Ambiente (EEA), para promover uma melhor transparência e colaboração no processo de monitoramento e ação sobre o ruído ambiental.

2.3.2.2.2 Diretiva 2006/93/CE

A Diretiva 2006/93/CE regula a operação de aviões civis subsônicos a jato que atendem aos requisitos estabelecidos no Anexo 16 da Convenção sobre Aviação Civil Internacional. Ela visa controlar a emissão de ruídos provenientes desses aviões, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental do transporte aéreo, especialmente em aeroportos congestionados da União Europeia. A diretiva estabelece que apenas os aviões que atendem aos padrões de emissão de ruído da Parte II, Capítulo 3, Volume 1, do Anexo 16 podem operar nos aeroportos da UE. A aplicação desses padrões busca promover a sustentabilidade, melhorando a qualidade do ar e a eficiência operacional nos aeroportos.

Além disso, a diretiva autoriza isenções para aviões de interesse histórico, permitindo que operem com regras específicas, embora todos os aviões novos ou renovados devam cumprir os requisitos estabelecidos. A implementação dessa diretiva deve ser feita pelos Estados-Membros, que também devem aplicar penalidades a infrações. O objetivo geral é garantir que o uso dos aeroportos seja eficiente e ambientalmente sustentável, conforme as normas internacionais de aviação

2.3.2.2.3 Regulamento (EU) nº 598/2014, que revoga a Diretiva 2002/30/CE

O Regulamento (UE) nº 598/2014 foi criado para melhorar o ambiente sonoro ao redor dos aeroportos da União Europeia, com foco na compatibilidade das operações de aviação com as áreas residenciais, especialmente no que se refere aos voos noturnos. As diretrizes do regulamento estão alinhadas com a Abordagem Equilibrada de Gestão do Ruído, desenvolvida pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), que visa equilibrar o crescimento da aviação com a redução do impacto sonoro.

As restrições operacionais previstas no regulamento variam e podem incluir limites de ruído ou de movimentos de aeronaves, além de medidas como a regra de não adição (que impede o aumento das operações ou a introdução de novos tipos de aeronaves) e a proibição de operações noturnas. Essas regras se aplicam exclusivamente aos grandes aeroportos, com tráfego superior a 50.000 movimentos anuais de aeronaves civis, e são direcionadas apenas às aeronaves civis, excluindo aeronaves militares, aduaneiras ou policiais. A definição de limites de ruído continua sendo responsabilidade das autoridades nacionais e locais.

Cada Estado-Membro da UE deve designar autoridades competentes para a implementação das restrições operacionais, garantindo que essas entidades sejam independentes de quaisquer conflitos de interesse. Antes de impor qualquer restrição, as autoridades devem notificar os outros Estados-Membros, a Comissão Europeia e as partes interessadas com seis meses de antecedência. A Comissão tem três meses para revisar os procedimentos e, se necessário, exigir ajustes.

A legislação também considera os impactos do ruído na saúde, conforme estabelecido pela Diretiva 2002/49/CE, e os dados de níveis de ruído das aeronaves são fornecidos pelos operadores e centralizados em uma base de dados acessível a

todas as partes relevantes, como autoridades competentes, companhias aéreas e usuários.

Além disso, o regulamento promove a eliminação gradual de aeronaves mais ruidosas. Embora ainda possam operar conforme as normas da ICAO, a norma dita que essas aeronaves podem estar sujeitas a restrições adicionais, e a taxa anual de redução dos movimentos dessas aeronaves em cada aeroporto não pode exceder 25%. O regulamento revogou a Diretiva 2002/30/CE em 13 de junho de 2016, trazendo novas abordagens para a gestão do ruído aeronáutico.

2.3.2.2.4 Papel da EASA

A European Union Aviation Safety Agency aprova os níveis de ruídos de certificação de aeronaves, visto que qualquer aeronave fabricada na Europa requer certificação da EASA. Esses níveis de ruído são estabelecidos em conformidade com os padrões de ruídos aplicáveis, conforme definido no Anexo 16, Volume I da ICAO.

2.3.2.3 *Nos Estados Unidos da América*

2.3.2.3.1 Noise Control Act

O Noise Control Act de 1972 estabelece uma política nacional nos Estados Unidos para criar um ambiente livre de ruídos prejudiciais à saúde e ao bem-estar da população. Embora a responsabilidade primária pelo controle de ruídos recaia sobre os governos estaduais e locais, o ato reconhece a necessidade de ação federal para lidar com fontes de ruídos significativas, como aquelas provenientes do comércio, que exigem uma abordagem uniforme em todo o país. Assim, a legislação visa coordenar a pesquisa e as atividades federais no controle de ruído, além de autorizar a criação de padrões federais para a emissão de ruídos por produtos, incluindo aeronaves e seus componentes.

Embora o Noise Control Act não estabeleça limites específicos de ruído, ele concede à Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) a autoridade para definir os padrões de emissão de ruído. Assim, em 1974 a EPA recomendou valores limites de ruído para determinadas situações, através do documento

Information of Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety. Os valores estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 - Recomendação de valores máximos de ruído.

Efeito	Nível	Área
Perda de audição	Leq (24) ≤ 70dB	Todas as áreas.
Interferência em atividades externas	Ldn ≤ 55 dB	Áreas externas em locais residenciais, fazendas ou locais onde as pessoas passam tempos muito variados e outros lugares nos quais a quietude é a base para o uso.
	Leq(24) ≤ 55 dB	Áreas externas onde as pessoas passam tempo limitado, como escolas, pátios, parques infantis, etc.
Interferência em atividades internas	Ldn ≤ 45 dB	Áreas residenciais internas.
	Leq(24) ≤ 45 dB	Outras áreas internas com atividades humanas, como escolas.

Leq(24) – Média de nível em um período de 24h.

Ldn – É o Leq(24) com adicional de 10 dB para períodos noturnos.

Traduzido pela autora (2024).

Fonte: EPA, 1974.

Ressalta-se também que a legislação indica a responsabilidade da EPA em relação aos ruídos de aeroportos e aeronaves. Um dos documentos escritos pela agência foi o Aviation Noise – The next Twenty Years, elaborado em fevereiro de 1980. Nele é proposto uma estratégia nacional para lidar com os casos de ruídos que excedem 65 dB na aviação, citando a importância do apoio da FAA, de empresas de aviação e dos aeroportos.

2.3.2.3.2 Aviation Safety and Noise Abatement Act of 1979

O Aviation Safety and Noise Abatement Act of 1979 (ASNA) instrui a FAA a criar um sistema único de medição de ruído para aeroportos e áreas adjacentes, além de avaliar a exposição ao ruído e seu impacto nas pessoas. Para implementar essas diretrizes, a FAA promulgou o 14 C.F.R. Parte 150, que estabelece o nível médio de som dia-noite (DNL) como métrica de ruído. O DNL considera a sensibilidade humana ao ruído noturno, e um nível de 65 dB é definido como um limite significativo para a compatibilidade do uso da terra.

2.3.2.3.3 14 C.F.R. Part 150

Em 1984, a FAA criou a Parte 150 para ajudar aeroportos a planejar a compatibilidade com o ruído, adotando o DNL (Day-Night Average Sound Level) como métrica padrão de exposição sonora. Estudos como a Curva de Schultz e a Curva FICON indicam que 65 dB é o nível em que as pessoas começam a se incomodar, tornando-se o limiar para as políticas de ruído da FAA.

Esta regulamentação, denominada "Planejamento de Compatibilidade de Ruído Aeroportuário", define os critérios para a criação de um Programa de Compatibilidade de Ruído da Parte 150 do CFR 14, apoiado pela FAA. Seu objetivo é aumentar a compatibilidade entre o uso do solo e as áreas vizinhas de um aeroporto, especialmente aquelas mais impactadas pelas operações aéreas. O foco principal é minimizar os efeitos negativos do ruído, adotando medidas tanto dentro quanto fora do aeroporto para controle de ruído.

Os principais componentes de um programa da Parte 150 do CFR 14 incluem: mapas de exposição ao ruído que mostram a situação atual e a previsão para os próximos 5 anos; estratégias eficazes de controle de ruído no aeroporto (como programas de uso preferencial de pista e rotas de voo novas ou preferenciais); iniciativas de mitigação de ruído fora do aeroporto (como aquisição de terrenos, isolamento acústico de edifícios e mudanças no zoneamento); uma análise dos custos e da viabilidade das medidas propostas; além de políticas e procedimentos que orientam a implementação das ações tanto dentro quanto fora do aeroporto.

2.3.2.3.4 Airport Noise and Capacity Act of 1990

A Lei de Ruído e Capacidade de Aeroportos de 1990 (ANCA) foi aprovada pelo Congresso dos EUA para enfrentar o problema do ruído de aeronaves e reduzir as restrições locais impostas por operadores aeroportuários.

O ANCA consiste em dois programas relacionados. O primeiro, destinado a minimizar as queixas das transportadoras aéreas em relação às restrições locais sobre ruído de aeronaves e acesso aos aeroportos, estabelece uma política nacional de ruído na aviação. Esta política nacional de ruído na aviação limita a autoridade de governos locais e estaduais de impor restrições a aeronaves de Estágio I e proíbe governos locais ou estaduais de aprovar quaisquer regulamentos restringindo a

operação de aeronaves de Estágio III sem a aprovação da FAA ou o acordo das companhias aéreas. O segundo aspecto do ANCA, destinado a abordar as preocupações dos grupos d'~çe controle de ruído, prevê a eliminação gradual de todas as aeronaves de Estágio II operadas dentro ou fora dos aeroportos dos EUA até o ano 2000.

Ressalta-se que o 14 C.F.R Part 161 é resultante do Airport Noise and Capacity Act e será detalhado no próximo item.

2.3.2.3.5 14 C.F.R. Part 161

Esta regulamentação, intitulada "Notice and Approval of Airport Noise and Access Restrictions", estabelece um programa para revisar as restrições de ruído e acesso às operações de aeronaves dos Estágios 2 e 3 (incluem aeronaves que emitem mais ruídos e são mais antigas). Esta regulamentação é uma resposta a disposições específicas Airport Noise and Capacity Act e é um elemento importante da política nacional de ruído da aviação exigida por essa Lei. Mesmo que tal restrição de ruído e acesso no aeroporto seja proposta como parte de um Programa de Compatibilidade de Ruído da Parte 150 do CFR 14, ela ainda está sujeita às diretrizes da Parte 161 do CFR 14 antes de ser aprovada. No entanto, alguns dos requisitos de aviso público podem ser atendidos durante o desenvolvimento do programa da Parte 150 do CFR 14, facilitando o processo de aprovação das restrições.

2.3.2.3.6 14 C.F.R Part 36

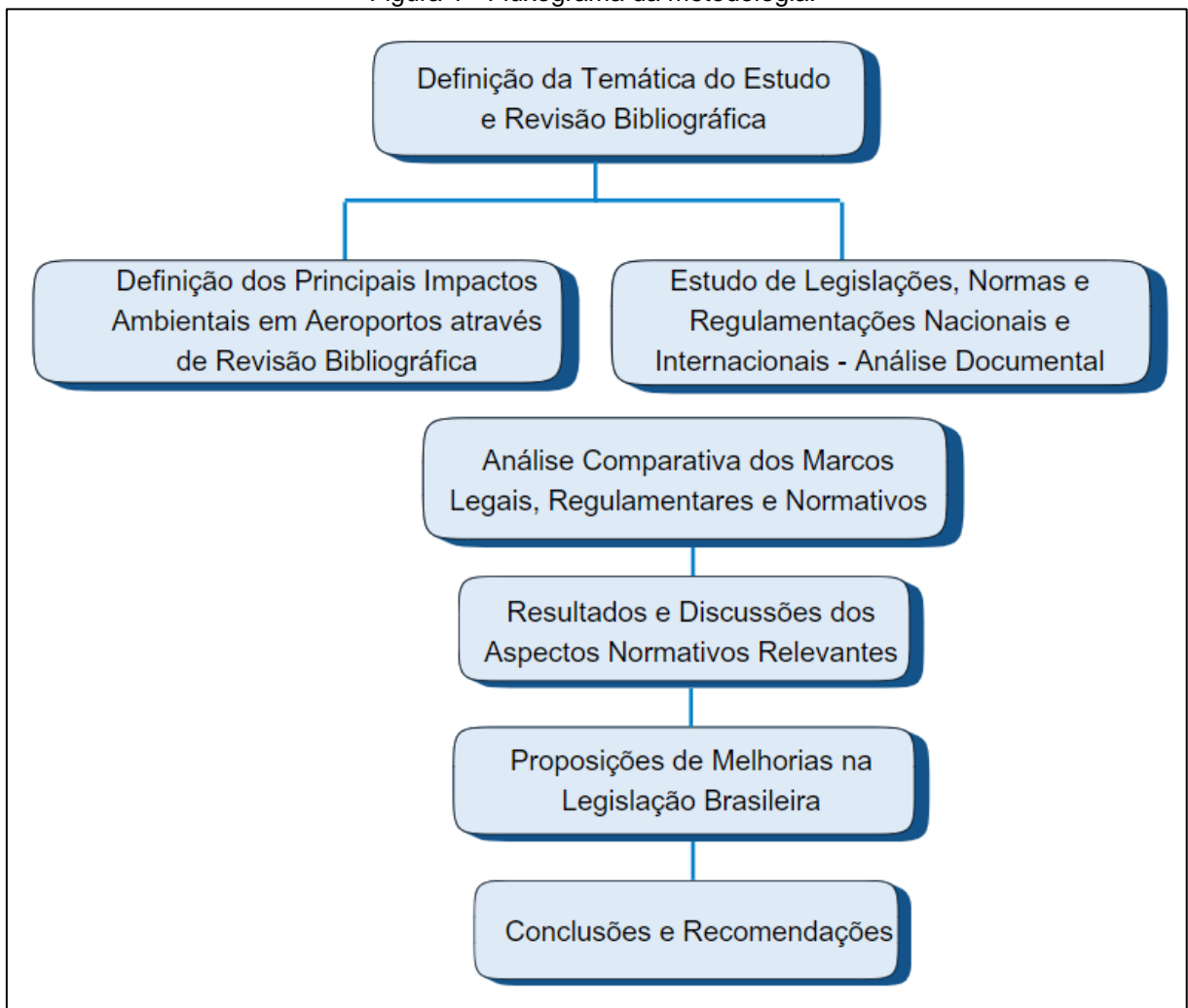
A 14 CFR Parte 36 é uma regulamentação da Administração Federal de Aviação (FAA) dos EUA que define padrões de ruído para aeronaves, com o objetivo de reduzir o impacto sonoro sobre comunidades próximas aos aeroportos. Essa regulamentação abrange diferentes tipos de aeronaves, como jatos comerciais, aviões de pequeno porte e helicópteros, cada qual com requisitos específicos de ruído. O foco é garantir que novas aeronaves e aeronaves modificadas atendam a níveis máximos permitidos de ruído em fases específicas do voo, como decolagem, pouso e sobrevoos.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho abrangeu inicialmente o método de pesquisa bibliográfica para identificar e citar os principais impactos ambientais causados pela operação aeroportuária. Após isso, utilizou-se a metodologia de análise documental para estudar as legislações, regulamentações e normas nacionais e internacionais relacionadas ao tema. Por fim, o método comparativo foi adotado para analisar as diferenças entre as legislações de diversos países, permitindo identificar as vantagens e desvantagens da legislação brasileira. Com isso, foi possível sugerir propostas de aprimoramento para a legislação brasileira.

A Figura 1 seguir apresenta o fluxograma da metodologia utilizada para elaboração do presente trabalho, que serão descritas detalhadamente neste item.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia.



Fonte: Autora (2024).

Os subitens abaixo detalharão cada etapa da metodologia do presente trabalho já mencionadas.

3.1 ESTUDO DOS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS

A elaboração deste estudo foi realizada por meio de uma revisão bibliográfica de normas e trabalhos acadêmicos. Após a definição do tema, foram pesquisados artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e outros materiais acadêmicos em bases de dados confiáveis e respeitáveis, visando encontrar os textos relevantes. As principais fontes consultadas foram Google Acadêmico e Scielo. Para conduzir a pesquisa, foram selecionadas palavras-chave e utilizados operadores booleanos.

- AND, que apresenta resultados para todos os termos inclusos na pesquisa;
- E OR, que apresenta resultados para pelo menos um dos termos inclusos na pesquisa.

Quadro 4 - Operadores booleanos e palavras-chave utilizadas.

Impactos Ambientais OR Meio Ambiente	AND Aeroportos	AND Ruídos
		AND qualidade do ar OR emissões OR poluição do ar
		AND biodiversidade
		AND água OR poluição da água OR qualidade da água
		AND Resíduos

Fonte: Autora (2024).

Após a realização da busca, foram selecionados materiais relevantes, cuja relação com o tema proposto foi analisada por meio da leitura de seus resumos. Os documentos escolhidos estão devidamente referenciados neste trabalho, indicando que o processo de busca foi satisfatório.

Com base na metodologia de revisão bibliográfica, foram identificados artigos acadêmicos e livros que abordam os principais impactos ambientais associados a aeroportos, incluindo poluição do ar, emissão de ruídos, geração de resíduos, contaminação da água e efeitos sobre a biodiversidade local. Dentre esses cinco

aspectos, constatou-se que a emissão de ruídos e a poluição do ar são os mais frequentemente citados por agências como ANAC, ICAO, FAA e AESA. Além disso, a ANAC enfatiza que ambos os aspectos são os principais fatores de impacto ambiental da aviação (ANAC, 2023). Portanto, este trabalho realiza uma análise detalhada das legislações pertinentes a esses dois impactos.

3.2 ESTUDO DE LEGISLAÇÕES – ANÁLISE DOCUMENTAL E COMPARATIVA

Para compreender as legislações nacionais e internacionais, foi realizada, inicialmente, uma análise documental. Segundo Cechinel et al. (2016), essa abordagem começa com uma avaliação preliminar de cada documento, incluindo a análise crítica de elementos como contexto, autores, interesses, confiabilidade, natureza do texto e conceitos-chave. Os elementos a serem analisados podem variar conforme as necessidades do pesquisador. Após essa primeira fase, segue-se a análise documental propriamente dita.

Cellard (2008) distingue dois tipos de análise documental: a preliminar e a propriamente dita. A primeira envolve o estudo do contexto, autor, autenticidade, confiabilidade, natureza do texto, conceitos-chave e lógica interna do conteúdo. Já a análise propriamente dita consiste em extrair informações do texto que ajudem a resolver o problema da pesquisa. Ambas as etapas foram adotadas neste trabalho, com ênfase no contexto, conceitos-chave e lógica interna durante a análise preliminar. A análise documental possibilitou a realização de uma análise comparativa entre a legislação brasileira e as legislações americana e europeia.

O método comparativo, amplamente utilizado nas ciências sociais — especialmente em sociologia, antropologia e ciência política — é fundamental por sua capacidade de explorar fenômenos sociais, políticos e culturais a partir da comparação entre diferentes casos, contextos ou grupos. Sua principal força reside na capacidade de destacar semelhanças e diferenças, permitindo uma análise mais profunda das dinâmicas envolvidas (Sartori, 1970). De acordo com Lijphart (1971), a comparação sistemática de casos contribui para o desenvolvimento de teorias e hipóteses mais robustas, fornecendo uma base empírica sólida.

Com base nessa metodologia, é possível aplicar o método comparativo à análise das legislações de diferentes países sobre um mesmo tema. Portanto, o

método comparativo será utilizado como fundamento para a análise das regulamentações brasileiras sobre emissões de ruídos e poluentes em aeroportos.

Ressalta-se que para comparação das regulamentações elas serão separadas em quatro grupos:

- Legislações gerais sobre qualidade do ar: Serão comparados os aspectos relacionados ao objetivo da legislação, os tópicos abordados, os poluentes regulamentados e padrões especificados, a flexibilidade de cumprimento, o monitoramento e a implementação de medidas;
- Regulamentações específicas sobre qualidade do ar em aeroportos: Serão comparadas em quantidade e conteúdo mínimo abrangido. Para legislações que abordam a redução/compensação de CO₂ são analisados os objetivos, aplicação, poluentes incluídos, abordagem regulatória, alinhamento internacional e diretrizes para testes e conformidade;
- Legislações gerais sobre Ruídos: Serão comparados os aspectos relacionados ao objetivo da legislação, os tópicos abordados, as normativas envolvidas, o valor limite de ruídos, o monitoramento e a implementação de medidas;
- Regulamentações específicas sobre ruído aeronáutico: Serão comparadas em quantidade e conteúdo mínimo abrangido.

3.3 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Através da análise comparativa, será possível identificar as diferenças entre as legislações europeia, estadunidense e brasileira, destacando quais delas são mais detalhadas e rigorosas em relação aos tópicos abordados. Nos casos em que as legislações europeia e estadunidense apresentarem maior abrangência de assuntos ou mais especificidades, serão sugeridas melhorias para a legislação brasileira.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tópico de resultados e discussões está organizado em quatro subtópicos, que correspondem às análises dos seguintes tipos de regulamentações: legislações gerais sobre qualidade do ar, regulamentações específicas para qualidade do ar em

aeroportos, legislações gerais sobre ruídos e regulamentações específicas para ruído aeronáutico.

4.1 LEGISLAÇÕES GERAIS SOBRE QUALIDADE DO AR

As leis gerais sobre qualidade do ar apresentadas na revisão bibliográfica são: CONAMA n° 506/2024, Diretiva 2008/50 e Clean Air Act, sendo que todas estabelecem padrões de qualidade do ar. Também é apresentada a Lei n°14.850/2024, que complementa a resolução CONAMA em outros aspectos que são abordados nas diretivas internacionais. Ressalta-se que existe outra diretiva da União Europeia citada na revisão bibliográfica do presente trabalho que estabelece tetos nacionais para emissão de poluentes (Diretiva 2016/2284), então não será comparada diretamente com as quatro primeiras citadas.

4.1.1 Linha do Tempo

A primeira análise feita envolve a linha do tempo das resoluções, conforme apresenta a Figura 2. Para facilitar a compreensão da imagem, é importante destacar que os textos tachados correspondem a regulamentações que foram revogadas e substituídas por outras regulamentações não tachadas.

Figura 2 - Linha do tempo das regulamentações gerais sobre qualidade do ar.



Fonte: Autora (2024).

A análise da linha do tempo das regulamentações evidencia que os Estados Unidos foram pioneiros na criação de uma legislação sobre qualidade do ar, com a promulgação da Clean Air Act (CAA) em 1970. Esse marco legislativo foi impulsionado por uma série de episódios alarmantes de poluição atmosférica em áreas urbanas e industriais ao longo do século XX. O principal desses eventos ocorreu em Donora, na Pensilvânia, em 1948, quando uma densa neblina de fumaça cobriu a região, resultando em 20 mortes (Braga et al., 2001).

No mesmo ano da criação da CAA, foi estabelecida a Environmental Protection Agency (EPA), cuja missão inclui a definição de padrões de qualidade do ar (NAAQS) para seis poluentes principais, a gestão dos Planos de Implementação Estaduais e outras atribuições relacionadas à aplicação da CAA.

Ao analisar as legislações sobre qualidade do ar na União Europeia, observa-se que o bloco foi o último a elaborar regulamentações abrangentes sobre o tema, inclusive após o Brasil. Contudo, alguns países europeus criaram leis específicas antes mesmo dos Estados Unidos. Um exemplo notável é o Reino Unido, com a Lei do Ar Puro, promulgada em 1956. Essa legislação foi uma resposta ao grave episódio de neblina tóxica ocorrido em Londres em 1952, que causou um aumento de cerca de 4 mil mortes em relação à média de óbitos em períodos semelhantes (Braga et al., 2001). Na Espanha, outra legislação importante foi criada antes do Brasil: a Lei 38/1972, voltada à proteção do ambiente atmosférico.

De acordo com o ranking do AQICN de 15/11/2024, que monitora a qualidade do ar globalmente, os Estados Unidos ocupam a 96ª posição, enquanto países europeus como a Espanha e o Reino Unido estão nas 74ª e 73ª posições, respectivamente. O Brasil, por sua vez, encontra-se na 44ª posição. Esse panorama sugere uma relação entre as legislações criadas e os níveis de poluição: países com pior qualidade do ar tendem a adotar esforços legislativos mais rigorosos para mitigar o problema. Contudo, é importante destacar que não foi realizada uma análise detalhada sobre os critérios utilizados para a elaboração do ranking do AQICN, tampouco sobre a confiabilidade dos dados apresentados.

4.1.2 Análise Comparativa

Para realizar a análise comparativa das regulamentações gerais de qualidade do ar entre os três grupos, foram selecionados os seguintes critérios: objetivos, temas

abordados, poluentes regulamentados, flexibilidade no cumprimento, monitoramento e implementação de medidas. O Quadro 5 apresenta essa análise.

Quadro 5 - Comparação das legislações gerais sobre qualidade do ar.

	Diretiva 2008/50/CE	Resolução CONAMA nº 506/2024 e Lei nº 14.850/24	Clean Air Act
Objetivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir e fixar objetivos relativos à qualidade do ar para evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana e para o ambiente; 2. Avaliar, com base em métodos e critérios comuns, a qualidade do ar ambiente nos Estados-Membros; 3. Obter informações sobre a qualidade do ar ambiente e acompanhar as tendências a longo prazo bem como as melhorias obtidas através de medidas nacionais e comunitárias; 4. Garantir que as informações sejam postas à disposição do público; 5. Manter a qualidade do ar ambiente, quando é boa, e melhorá-la nos outros casos; 6. Promover uma maior cooperação entre os Estados-Membros para reduzir a poluição atmosférica. 	<p>CONAMA: Estabelecer padrões de qualidade do ar e fornecer diretrizes para sua aplicação.</p> <p>Lei:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Assegurar a preservação da saúde pública, do bem-estar e da qualidade ambiental para as presentes e futuras gerações; 2. Assegurar o adequado monitoramento da qualidade do ar; 3. Fomentar a pesquisa científica aplicada à tecnologia e à inovação; 4. Reduzir progressivamente as emissões e as concentrações de poluentes atmosféricos; 5. Propor e estimular a adoção, o desenvolvimento e o aprimoramento de tecnologias limpas, com vistas à proteção da saúde e à melhoria da qualidade do ar; 6. Alinhar-se com as políticas de combate à mudança do clima; 7. Assegurar o acesso amplo a dados e informações públicas atualizadas de monitoramento e de gestão da qualidade do ar; e 8. Fortalecer a gestão da qualidade do ar nos órgãos e nas entidades que integram o Sisnama 	<p>Proteger a saúde humana e o meio ambiente através da melhoria da qualidade do ar.</p>

	Diretiva 2008/50/CE	Resolução CONAMA nº 506/2024 e Lei nº 14.850/24	Clean Air Act
Tópicos abordados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Responsabilidades; 2. Zonas de aglomeração; 3. Avaliação da qualidade do ar no ambiente de acordo com o poluente – regime e critérios de avaliação, pontos de amostragem, métodos de medição; 4. Gestão da qualidade do ar – requisitos em caso de inferioridade ou superioridade dos valores limite por poluente, prorrogação de prazos de cumprimento; 5. Planos de qualidade do ar, planos de ação a curto prazo; 6. Informação ao público; 7. Transmissão de informações e dados. 	<p>CONAMA:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Padrões de qualidade do ar; 2. Índices de qualidade do ar. <p>Lei:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Política nacional de qualidade do ar; 2. Instrumentos da Política; 3. Monitoramento e Avaliação de qualidade do ar; 4. Controle de fontes poluidoras; 5. Inventário de emissões atmosféricas; 6. Planos de gestão de qualidade do ar; 7. Sistemas de gestão de qualidade do ar 8. Incentivos fiscais, financeiros e creditícios. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Padrões de qualidade do ar; 2. Limite de emissão de fontes móveis; 3. Limite de emissão de fontes estacionárias; 4. Classificação de áreas não conformes adaptando planejamento e controles; 5. Exigências relacionadas a combustíveis alternativos; 6. Programa de controle de chuva ácida; 7. Eliminação gradual de produtos químicos que destroem a camada de ozônio; 8. Formas de fiscalização e penalidades.
Poluentes Regulamentados	<p>PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, O₃, CO, Pb e benzeno com limites rigorosos para proteger a saúde humana. O controle de poluentes é extensivo e inclui prazos para cumprimento e revisões periódicas.</p>	<p>PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, O₃ e CO, Pb, mas os limites são mais altos em comparação com a UE e os EUA, refletindo a fase inicial de transição do Brasil para padrões mais rígidos.</p>	<p>PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, O₃, CO e Pb. A lei tem padrões rigorosos e aplicáveis em nível nacional, com a EPA monitorando e fiscalizando emissões tanto de fontes estacionárias quanto móveis. O Clean Air Act também define padrões para gases tóxicos e para poluentes perigosos.</p>
Flexibilidade e cumprimento	<p>Existem margens de tolerância, ou seja, porcentagens do valor-limite que pode ser excedido em condições excepcionais. Flexível de modo que todos os estados-membro possam se ajustar à regulamentação. Pode ser solicitado um prazo extra para o atendimento dos valores-limite (variam entre 3 a 5 anos).</p>	<p>Os padrões de qualidade do ar são divididos em intermediários (PI-1, PI-2, PI-3, PI-4) e final (PF – valor guia definido pela OMS em 2021), O PI-1 entrou em vigor juntamente com a legislação e os demais serão adotados de forma subsequente. A norma aborda tolerâncias e análises sobre as datas de vigor dos</p>	<p>Os Estados têm a liberdade de escolher métodos e tecnologias de controle que sejam mais adequados às suas circunstâncias, desde que os resultados finais atendam minimamente aos padrões estabelecidos pela Clean Air Act.</p>

	Diretiva 2008/50/CE	Resolução CONAMA nº 506/2024 e Lei nº 14.850/24	Clean Air Act
		padrões intermediários, podendo ser adiantadas ou postergadas.	
Monitoramento	Foram definidas zonas em que as concentrações de poluentes estão ou não acima dos valores-limite. Em zonas que os limites são excedidos juntamente com a margem de tolerância, os Estados-Membros devem elaborar planos de qualidade do ar que contenham a origem da poluição, análise da situação, planos e medidas de melhoria e medidas de gerenciamento e controle.	A resolução CONAMA e a Lei citam o monitoramento por órgãos ambientais através de processos de licenciamento ambiental. Tais órgãos devem elaborar relatórios de avaliação e gestão de qualidade do ar que serão consolidados pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do clima.	Áreas são monitoradas e classificadas de acordo com a não conformidade com os padrões. A EPA exige que os Estados apresentem anualmente um relatório de monitoramento da qualidade do ar. Este plano deve incluir os resultados do monitoramento, o propósito de cada monitor, os tipos de estações instaladas, quantificação das reduções necessárias, limites obrigatórios de emissão e demais medidas de controle. Também existem padrões para emissões de fontes móveis e estacionárias.
Implementação de Medidas	Os Estados-Membros devem pôr em vigor as disposições legislativas, regulamentares e administrativas necessárias para dar cumprimento à diretiva antes de 11 de junho de 2010	Cita datas para medidas futuras (tanto para implementação de padrões mais restritos quanto para publicações de relatórios de gestão de qualidade do ar) e responsabilidade dos órgãos competentes a partir da vigência da regulamentação.	De acordo com o levantamento de áreas críticas, foram impostas datas para que tais áreas estivessem em conformidade com os padrões, variando de 1993 a 2010. Quanto mais fora dos padrões as áreas estão, mais medidas elas devem tomar, estando todas listadas na Lei. Fontes existentes tem um prazo de três anos após a promulgação da lei para alcançar padrões de emissão.

Fonte: Autora (2024).

Ao analisar o quadro que compara os objetivos e tópicos de cada legislação, observa-se que a Clean Air Act (CAA) é a mais abrangente, tratando de uma ampla

variedade de questões. Além de estabelecer padrões e medidas para a gestão da qualidade do ar, a CAA aborda temas específicos, como o controle de produtos químicos que afetam a camada de ozônio e a mitigação da chuva ácida. Um diferencial da legislação é o plano de ação detalhado, que classifica áreas monitoradas desde o século passado com base no cumprimento dos padrões de qualidade do ar e define ações específicas para cada categoria. Por exemplo, em regiões classificadas como extremas em relação ao poluente ozônio, a lei exige o uso de combustíveis limpos ou tecnologias avançadas de controle para caldeiras que emitam mais de 25 toneladas por ano de NOx.

No que diz respeito ao monitoramento, cada legislação apresenta abordagens distintas. A Diretiva da União Europeia prevê o monitoramento específico de zonas dentro de cada Estado-Membro. No Brasil, o acompanhamento ocorre principalmente no contexto do licenciamento ambiental e, a partir da Lei de 2024, os estados passaram a ter a obrigação de elaborar e enviar relatórios e inventários de poluentes, os quais são monitorados pela União. Já a Clean Air Act destaca-se novamente por estabelecer um sistema de monitoramento robusto e estruturado. Os estados americanos são responsáveis por classificar as áreas em cinco níveis de conformidade com os padrões de qualidade do ar e enviar relatórios regulares à EPA. Além disso, a legislação impõe padrões para emissores móveis e estacionários, reforçando o monitoramento em múltiplas frentes.

Quanto à implementação de medidas, a Diretiva Europeia exige que os Estados-Membro alcancem conformidade com os padrões e documentações até o ano de 2010. No Brasil, os prazos para alcançar conformidade são estabelecidos no médio e longo prazo, de acordo com a data de vigor dos padrões intermediários estabelecidos na resolução, que são 2024, 2025, 2033 e 2044. Por outro lado, a Clean Air Act adota um cronograma rigoroso, estipulando prazos específicos para que áreas em desconformidade cumpram os padrões de qualidade do ar. Fontes existentes tinham até três anos após a promulgação da lei para atender aos padrões de emissão. Essa especificidade é mais um ponto forte da CAA, que apresenta um documento extenso — com cerca de 290 páginas — detalhando suas diretrizes, e por esse motivo, neste texto, foram destacados apenas os aspectos principais dessa legislação.

A Tabela 8 apresenta os valores numéricos dos padrões de qualidade do ar definidos em cada regulamentação, destacando que cada legislação adota abordagens distintas para sua definição. A Resolução CONAMA nº 491/2018

estabelece valores em fases: há padrões intermediários e um padrão final a ser alcançado gradualmente. A Clean Air Act (CAA), por sua vez, diferencia entre valores primários e secundários. Os valores primários são voltados à proteção da saúde pública, enquanto os secundários têm como objetivo preservar o bem-estar geral, abrangendo não apenas a saúde humana, mas também animais, plantações, vegetações e edificações. Já a Diretiva Europeia divide os padrões em duas categorias: valores-limite, que são obrigatórios a partir da entrada em vigor da legislação, e valores-alvo, que representam metas a serem alcançadas na medida do possível até a data estipulada.

Tabela 8 - Comparação das legislações gerais sobre qualidade do ar no aspecto de padrões de qualidade.

Poluente e período de referência	Diretiva 2008/50/CE		Resolução CONAMA nº 506/2024			Clean Air Act	
	Valor-limite	Valor-alvo	PI-1 (em vigor)	PI-2 (em vigor em 2025)	PF (valor futuro)	Valor Primário	Valor Secundário
PM ₁₀ - 1 dia	50 µg/m ³	-	120 µg/m ³	100 µg/m ³	45 µg/m ³	150 µg/m ³	150 µg/m ³
PM ₁₀ - 1 ano civil	40 µg/m ³	-	40 µg/m ³	35 µg/m ³	15 µg/m ³	-	-
PM _{2.5} - 1 dia	-	-	60 µg/m ³	50 µg/m ³	15 µg/m ³	35 µg/m ³	35 µg/m ³
PM _{2.5} - 1 ano civil	20 µg/m ³	-	20 µg/m ³	17 µg/m ³	5 µg/m ³	9 µg/m ³	15 µg/m ³
NO ₂ - 1 hora	200 µg/m ³	-	260 µg/m ³	240 µg/m ³	200 µg/m ³	100 ppb ou 194,57 µg/m ³	-
NO ₂ - 1 ano civil	40 µg/m ³	-	60 µg/m ³	50 µg/m ³	10 µg/m ³	53 ppb ou 103,12 µg/m ³	53 ppb ou 103,12 µg/m ³
SO ₂ - 1 hora	350 µg/m ³	-	-	-	-	75 ppb ou 203,22 µg/m ³	-
SO ₂ - 1 dia	125 µg/m ³	-	125 µg/m ³	50 µg/m ³	40 µg/m ³	-	-
SO ₂ - 1 ano	-	-	40 µg/m ³	30 µg/m ³	20 µg/m ³	-	-

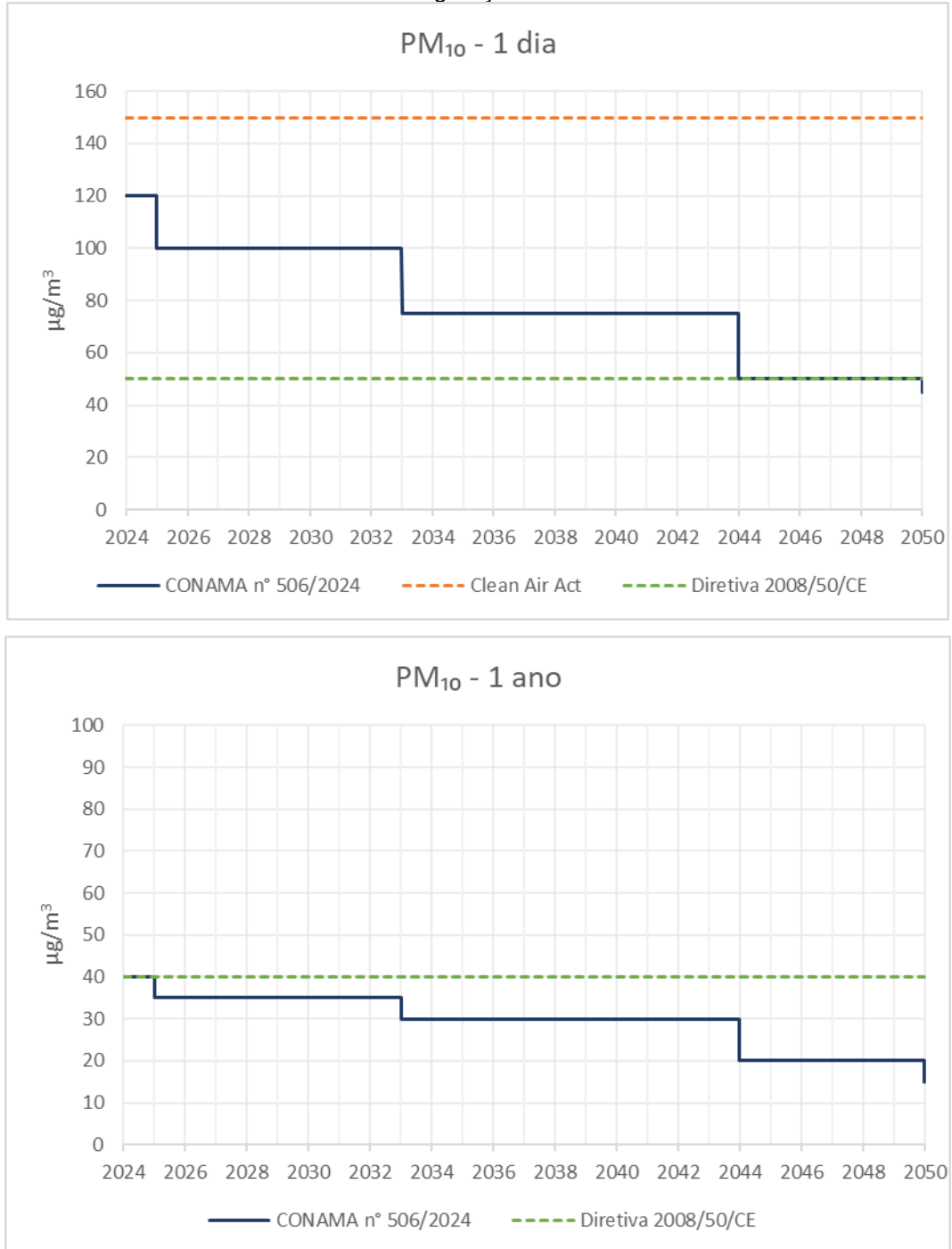
Poluente e período de referência	Diretiva 2008/50/CE		Resolução CONAMA nº 506/2024			Clean Air Act	
	Valor-limite	Valor-alvo	PI-1 (em vigor)	PI-2 (em vigor em 2025)	PF (valor futuro)	Valor Primário	Valor Secundário
Ozônio – 8 horas	-	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ * para 2010	140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,070 ppm ou 142,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,070 ppm ou 142,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO – 8 horas	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	9 ppm ou 10,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9 ppm ou 10,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
CO – 1 hora	-	-	-	-	-	35 ppm ou 43,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Chumbo – média móvel trimestral	-	-	-	-	-	0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Chumbo – ano civil	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-	-	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Benzeno – ano civil	5 mg/m^3	-	-	-	-	-	-
Fumaça – 24 horas	-	-	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Fumaça – ano civil	-	-	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Partículas Totais em Suspensão – 1 dia	-	-	-	-	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Partículas Totais em Suspensão – ano civil	-	-	-	-	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-

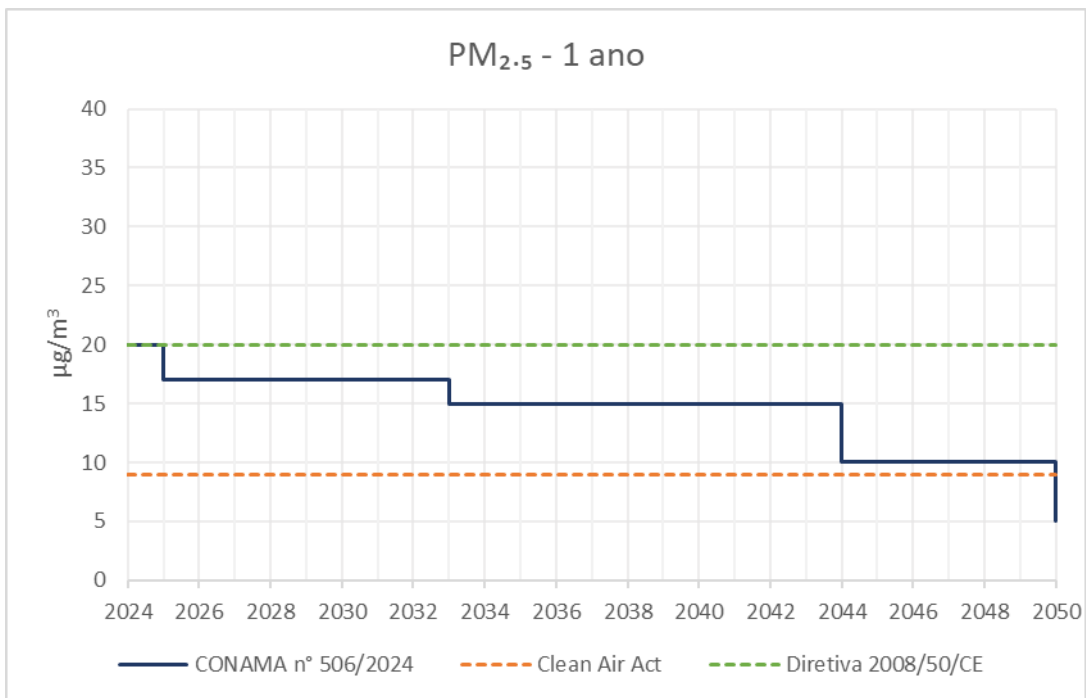
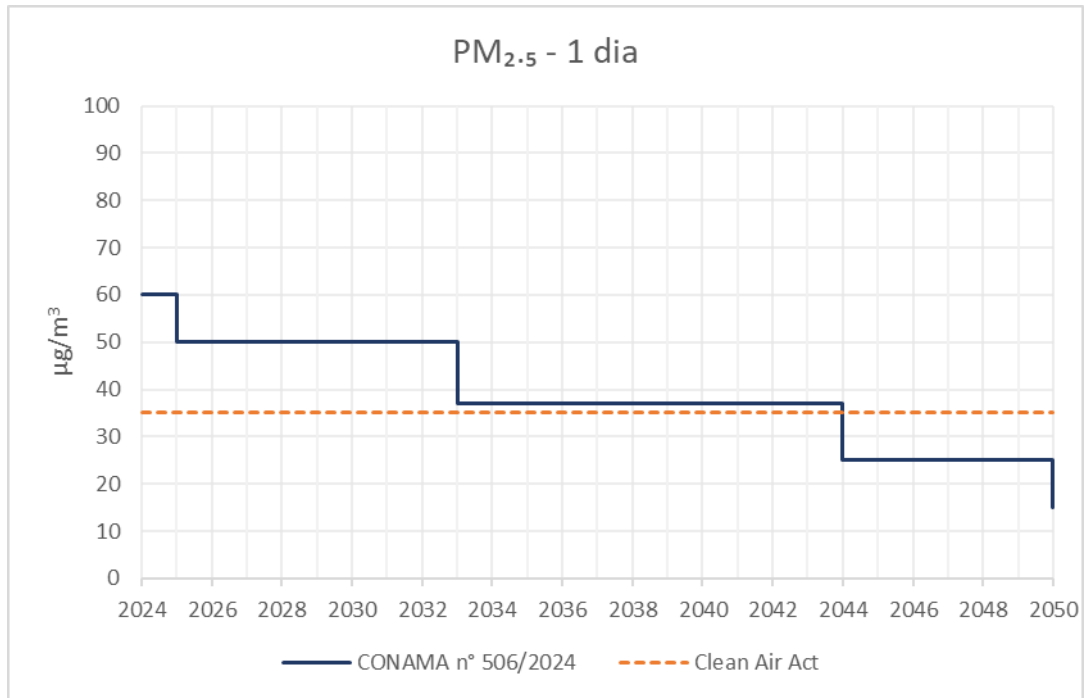
Fonte: Autora (2024).

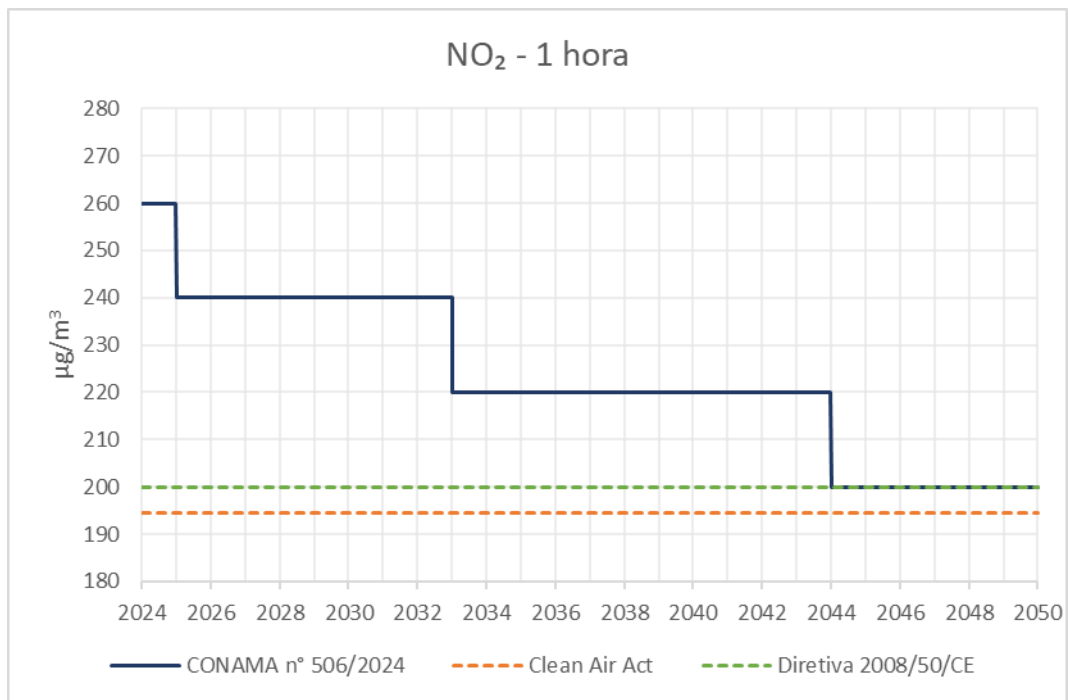
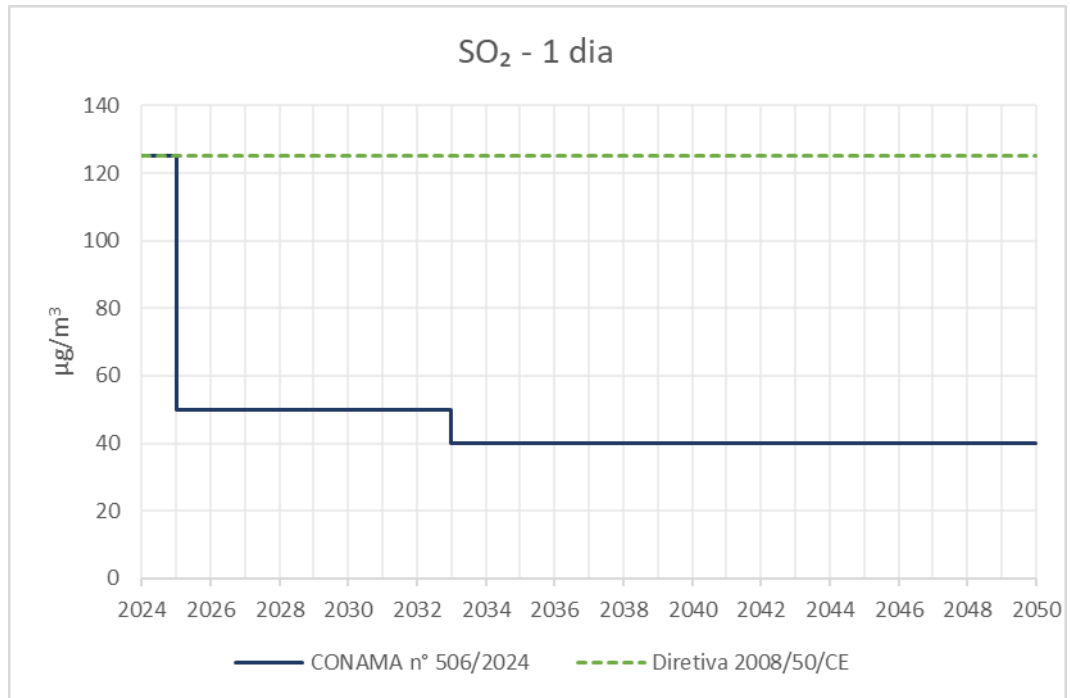
A Figura 3 ilustra gráficos que apresentam os padrões de qualidade do ar estabelecidos pelas três regulamentações mencionadas. Para a Clean Air Act, foram considerados os padrões primários (mais restritivos). No caso da Resolução CONAMA nº 506/2024, foram incluídos os padrões intermediários PI-1 (em vigor desde 2018), PI-2 (em vigor a partir de 2025), PI-3 (em vigor a partir de 2033), PI-4 (em vigor a partir de 2044) e o padrão final (PF). Ressalta-se que o padrão final (PF) ainda não possui uma data oficial para sua implementação; portanto, para fins de representação nos gráficos, foi adotado o ano de 2050 como referência. Destaca-se também que nos gráficos são representados apenas os padrões e respectivos períodos de referência

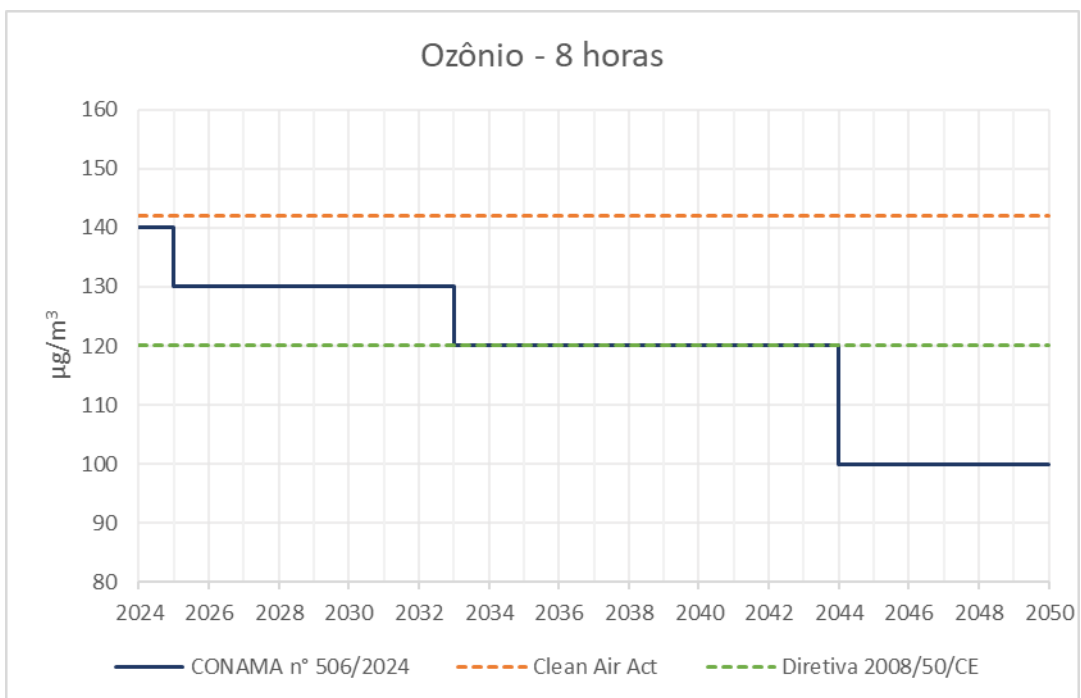
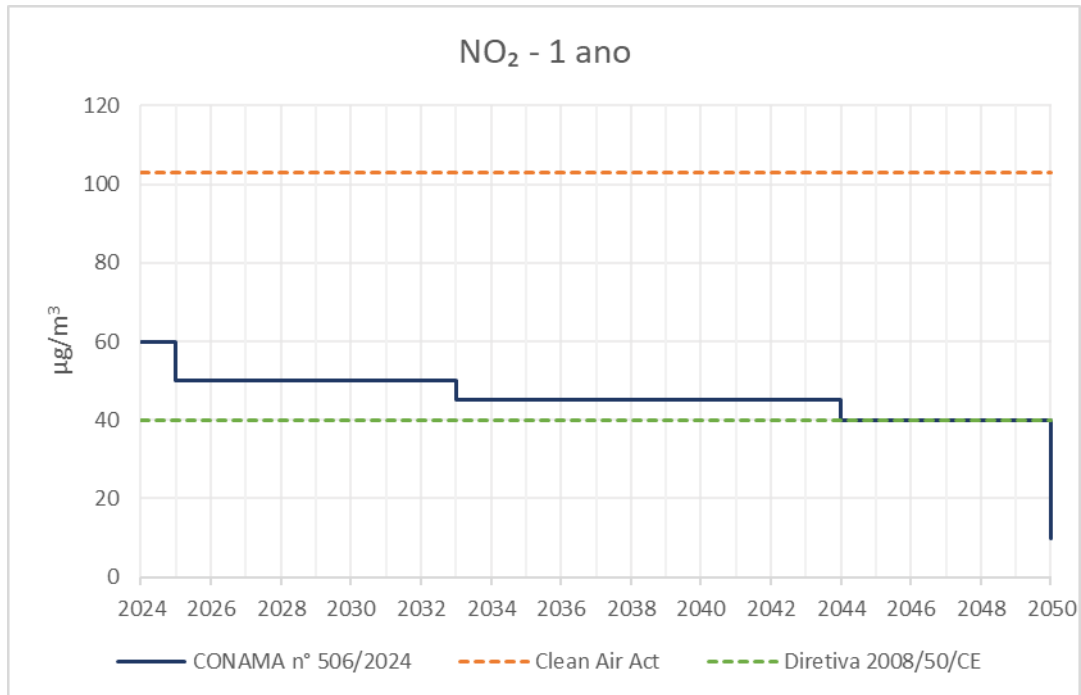
mencionados na Resolução CONAMA n° 506/2024 que também estão presentes em pelo menos uma das outras duas regulamentações analisadas.

Figura 3 - Padrões de qualidade do ar dos poluentes abrangidos na CONAMA n° 506/2024, considerando padrões intermediários e final, em comparação com os padrões das demais legislações.









Fonte: Autora (2024).

Analisando os gráficos, conclui-se que, no ano de 2024, ou seja, considerando os dados atualmente em vigor, o Brasil não apresenta os padrões mais restritivos para nenhum dos poluentes analisados, exceto para SO₂ (com período de referência de 1 dia) que se iguala ao valor da Diretiva europeia. Os padrões mais rigorosos para PM₁₀ (com período de referência de 1 dia), NO₂ (com período de referência de 1 ano) e Ozônio (com período de referência de 8 horas) são encontrados na legislação

européia. Por outro lado, os padrões mais restritivos para $PM_{2.5}$ (com períodos de referência de 1 dia e 1 ano) e para NO_2 e SO_2 (com período de referência de 1 hora) estão presentes na Clean Air Act. Para os padrões não mencionados, os valores apresentados são equivalentes entre as diferentes legislações.

Entretanto, vale destacar que o Brasil é o único país que estabeleceu padrões finais de qualidade do ar alinhados às diretrizes da OMS de 2021. Assim, ao longo do tempo, os padrões brasileiros se tornam mais restritivos em comparação aos da União Europeia e dos Estados Unidos, cujas legislações estão baseadas majoritariamente nas diretrizes da OMS de 2005. Quando analisados os padrões finais da legislação brasileira, todos são mais restritivos que os padrões das demais regulamentações, com exceção do NO_2 com período de referência de 1 hora, em que a Clean Air Act mantém padrões mais rigorosos mesmo em comparação ao padrão final da Resolução CONAMA nº 506/2024.

Adicionalmente, o Parlamento da União Europeia votou a favor da atualização de sua legislação sobre qualidade do ar, com o objetivo de alinhar os padrões aos estabelecidos pela OMS de 2021 até o ano de 2035. O próximo passo nesse processo será a comunicação entre o Parlamento e o Conselho da União Europeia para definir a forma final dessa legislação. Como esse fator ainda não está definido legalmente, os dados não foram incluídos nos gráficos. No entanto, existe a possibilidade de a União Europeia adotar padrões tão restritivos quanto os estabelecidos no Brasil, mas com um prazo de implementação mais curto.

O parlamento da União Europeia também votou a favor da atualização da legislação relativa aos padrões de qualidade do ar, para que a mesma esteja com os padrões alinhados ao estabelecido pela OMS em 2021 até o ano de 2035. O próximo passo consiste na comunicação entre Parlamento e Conselho sobre a forma final dessa legislação.

4.1.3 Vantagens, desvantagens e recomendações

Considerando os pontos abordados, destacam-se abaixo as principais vantagens da legislação brasileira:

- CONAMA nº 506/2024: Estabelece padrões de qualidade futuros alinhados aos valores futuros definidos pela OMS em 2021;

- CONAMA n° 506/2024: Apresenta um plano de ação com prazos definidos para a implementação gradual dos padrões de qualidade do ar baseados nos valores da OMS;
- Lei n° 14.850/2024: Introduz, pela primeira vez, uma Política Nacional de Qualidade do Ar, incluindo especificações detalhadas sobre monitoramento e avaliação da qualidade do ar, inventários de emissões e planos de gestão ambiental, com a participação de órgãos ambientais municipais e estaduais;
- Lei n° 14.850/2024: Inclui documentos e programas complementares que detalham aspectos específicos, como o Guia Técnico para o Monitoramento da Qualidade do Ar, o sistema Monitorar, e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve).

Por outro lado, as principais desvantagens identificadas são:

- CONAMA n° 506/2024: Os padrões atualmente em vigor ainda são pouco restritivos, o que reflete o caráter recente da legislação;
- CONAMA n° 506/2024: Embora a legislação apresente padrões futuros alinhados às diretrizes da OMS, o PI-4 está previsto apenas para 2044, e o padrão final (PF) ainda não possui uma data definida para implementação;
- Lei n° 14.850/2024: Falta de detalhamento em alguns aspectos, como o controle das fontes poluidoras. Apesar de o licenciamento ambiental exigir medidas de controle de emissões para determinados empreendimentos, a lei poderia estabelecer critérios mais rigorosos e especificidades nesse sentido;
- Lei n° 14.850/2024: Apesar de abordar o monitoramento da qualidade do ar, sua implementação ainda é limitada a poucos municípios. Essa lacuna dificulta o estabelecimento de metas estaduais de redução de poluentes, prejudicando a gestão e o avanço nesse tema.

Por fim, podem ser propostas as seguintes medidas de melhoria:

- CONAMA n° 506/2024: Reduzir os prazos para a adoção dos padrões de qualidade do ar e especificar a data para implementação do padrão final (PF);
- No formato atual, os padrões brasileiros estarão alinhados às diretrizes da OMS apenas 23 anos após sua publicação, o que poderia ser acelerado;
- Lei n° 14.850/2024: Incluir especificações e critérios mais detalhados para o controle das fontes poluidoras, abrangendo tanto fontes fixas quanto móveis;

- Lei nº 14.850/2024: Elaborar um plano de ação mais detalhado, incluindo prazos específicos para que os estados implementem o monitoramento da qualidade do ar. A partir disso, estabelecer metas e ações de redução de poluentes, segmentadas por estados ou zonas.

4.2 REGULAMENTAÇÕES ESPECÍFICAS SOBRE QUALIDADE DO AR EM AEROPORTOS

As regulamentações específicas sobre qualidade do ar e aviação apresentadas na revisão bibliográfica são: RBAC nº 34 e Resolução nº 743 da ANAC no Brasil, Diretiva 2003/87/CE atualizada pela Diretiva (EU) 2017/2392 e ReFuel na Europa, e RIN 2060-AU69, RIN 2060-AT26 e RIN2060-A070 dos Estados Unidos. Elas serão analisadas no presente capítulo.

4.2.1 Linha do Tempo

A análise das regulamentações em linha do tempo é feita com base na Figura 4. Destaca-se que o texto tachado corresponde a uma regulamentação que foi revogada, nesse caso, pela Diretiva (EU) 2017/2392.

Figura 4 - Linha do tempo das regulamentações específicas sobre qualidade do ar em aeroportos.



Fonte: Autora (2024).

Entre as nações analisadas, a primeira a criar legislações específicas para aviação e qualidade do ar foi a União Europeia, através da Diretiva 2003/87/CE,

atualmente revogada pela Diretiva (EU) 2017/2392 que aborda aspectos para o alinhamento do sistema de Comércio de Emissões do setor de aviação com o CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation).

Os Estados Unidos foi o segundo país a criar tais regulamentações, no ano de 2012, através da RIN 2060-AO70, que trata de emissão para motores de aeronaves, focando nos óxidos de nitrogênio (NOX) para turbofans e turbojatos com empuxo superior a 26,7 quilonewtons (kN). As regulamentações estadunidenses relacionadas a qualidade do ar e aviação foram criadas com o objetivo de alinhar as legislações do país com a ICAO. Ressalta-se que todas alteram partes do Código de Regulamentações Federais do país, especificamente do Título 40 – Proteção Ambiental.

Por fim, existem duas regulamentações brasileiras, criadas posteriormente às citadas, sendo a primeira delas a RBAC nº 34 que define emissões de fumaça, gases e material particulado de motores turbojato e turbofan para propulsão em velocidades subsônicas ou supersônicas. Da mesma forma que para legislações gerais de qualidade do ar, verifica-se neste subtópico que as regulamentações brasileiras de qualidade do ar relacionadas à aeroportos são mais recentes que as regulamentações dos demais países.

4.2.2 Análise Comparativa

O quadro a seguir apresenta as regulamentações específicas existentes em cada país relacionadas à aeroportos e qualidade do ar com uma breve descrição sobre do que se trata.

Quadro 6 - Legislações específicas que relacionam qualidade do ar e aviação.

União Europeia	Brasil	Estados Unidos da América
ReFuel: Objetivo de promover o uso de combustíveis sustentáveis na aviação. Define metas claras para serem atingidas ao longo dos anos e propõe formas de alcançá-las.	RBAC nº 34: Define emissões de fumaça, gases e material particulado de motores turbojato e turbofan para propulsão em velocidades subsônicas ou supersônicas (faz isso citando capítulos da ICAO que devem ser cumpridos no Brasil).	RIN 2060-A070: trata de emissão para motores de aeronaves, focando nos óxidos de nitrogênio (NOX) para turbofans e turbojatos.

União Europeia	Brasil	Estados Unidos da América
Regulamento (EU) 2017/2392: Alinha o Sistema de Comércio de Emissões do setor de aviação e estabelece ações para que a União Europeia esteja alinhada com o CORSIA (Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional) até 2023.	Resolução n° 743: Estabelece diretrizes para o monitoramento, reporte, verificação e compensação das emissões de dióxido de carbono (CO ₂) relacionadas às operações internacionais de aviação, aplicada à operadores aéreos e elaborada conforme o CORSIA.	RIN 2060-AU69: regula as emissões de material particulado (PM) de motores de aeronaves.
		RIN 2060 – AT26: - Controle da Poluição do ar de aviões e motores de aviões com foco em padrões de emissões de gases do efeito estufa e procedimentos de teste.

Fonte: Autora (2024).

Em relação ao RBAC n° 34, que aborda os limites de emissão de gases para motores da aviação, existem legislações semelhantes nos Estados Unidos, que são a RIN 2060-A070 e a RIN 2060-AU69. Já as normativas que abordam o CO₂ ou gases de efeito estufa como ponto principal possuem diversas diferenças, que serão apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Análise comparativa entre a Resolução n° 743, RIN 2060 AT26 e o Regulamento (EU) 2017/2392 (UE).

	Regulamento (UE) 2017/2392	Resolução n° 743	RIN 2060 AT26
Objetivo	Criar um comércio de licenças de emissão de GEEs a fim de promover a redução das emissões.	Compensar as emissões de CO ₂ de operações internacionais de aviação.	Reduzir emissões de GEEs (CO ₂ , NO _x , CO, UHC) de motores de aeronaves.
Aplicação	Aplica-se à aviação da UE, tratando do comércio de emissões de CO ₂ e alinhamento ao CORSIA.	Aplica-se às operações internacionais de companhias aéreas brasileiras.	Aplica-se a motores de aeronaves comerciais e regionais nos EUA.
Poluentes	CO ₂ , e outras emissões de GEEs da aviação comercial.	Foco apenas no CO ₂ .	CO ₂ , NO _x , CO, UHC.
Abordagem regulatória	Estabelece um sistema de comércio de emissões de CO ₂ e aborda ações para alinhamento com o CORSIA.	Exige monitoramento e compensação de CO ₂ , sem estabelecer limites para emissão.	Estabelece padrões de emissão para motores de aeronaves.

	Regulamento (UE) 2017/2392	Resolução n° 743	RIN 2060 AT26
Alinhamento Internacional	Alinhamento com o CORSIA da ICAO e metas globais de redução de emissões.	Alinhada ao sistema CORSIA da ICAO para compensação de CO ₂ .	Alinhamento com padrões da ICAO e metas climáticas globais.
Diretrizes para Testes e Conformidade	Não regula testes de emissões, mas exige reporte e compensação de CO ₂ .	Não regula testes de emissões, mas exige reporte e compensação de CO ₂ .	Estabelece procedimentos de teste para medir as emissões de GEEs de motores.

Fonte: Autora (2024).

Analisando o quadro e as comparações entre as regulamentações sob diferentes critérios, é evidente que existem diferenças significativas entre as abordagens adotadas por Brasil, União Europeia e Estados Unidos. Focando inicialmente na Resolução n° 743 da ANAC e no Regulamento (UE) 2017/2392, destacam-se os seguintes pontos:

- Quanto à aplicação: A normativa brasileira se aplica exclusivamente a operadores aéreos nacionais, abrangendo apenas operações internacionais. Em contrapartida, a regulamentação europeia se estende a operadores aéreos da União Europeia e abrange toda a aviação comercial.
- Quanto ao objetivo: Ambas têm como foco a redução das emissões de CO₂. Contudo, a Resolução n° 743 prioriza a compensação dessas emissões, enquanto o Regulamento 2017/2392 busca integrar o CORSIA ao Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS).
- Quanto às metas: A legislação europeia estabelece a meta de reduzir em 50% as emissões de CO₂ até 2050, tomando 2005 como ano-base. Já a regulamentação brasileira não define metas quantitativas para redução de emissões.
- Quanto aos poluentes: O Regulamento 2017/2392 considera outros gases de efeito estufa (GEEs) além do CO₂, enquanto a Resolução n° 743 da ANAC foca exclusivamente no dióxido de carbono.

No caso das diferenças entre a normativa brasileira e as legislações estadunidenses, elas são ainda mais expressivas. Enquanto a Resolução n° 743 regula o reporte e a compensação de CO₂ por operadores aéreos, as regulamentações dos EUA tratam de limitar as emissões de motores de aeronaves, incluindo outros poluentes como NO_x, CO e hidrocarbonetos não queimados (UHC).

Além disso, as legislações americanas incluem procedimentos de teste para medição de emissões de gases de efeito estufa (GHGs), uma abordagem inexistente na normativa brasileira.

Retomando a análise do Quadro 6, destaca-se o ReFuelEU Aviation, uma regulamentação da União Europeia. Essa iniciativa busca acelerar o uso de combustíveis sustentáveis para aviação (SAFs) como parte de uma estratégia abrangente para descarbonizar o setor aéreo e representa um avanço significativo rumo à redução das emissões do setor. No Brasil, a Lei nº 14.993/2024 institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQav) e possui objetivos gerais similares aos do ReFuel. Ressalta-se que ela não foi analisada neste trabalho, visto que foi publicada no dia 08 de outubro de 2024, durante a elaboração do presente trabalho, e por isso recomenda-se a análise para estudos futuros.

4.2.3 Vantagens, desvantagens e recomendações

Com base no que foi abordado, podem ser destacadas as seguintes vantagens da legislação brasileira:

- Alinhamento internacional: Ambas as regulamentações estão alinhadas com os padrões globais estabelecidos pela ICAO, promovendo uma abordagem consistente e integrada no setor aéreo;
- Simplicidade de implementação: A Resolução nº 743 adota um mecanismo de compensação de CO₂ relativamente simples, focado na compra de créditos de carbono de projetos aprovados pelo CORSIA, sem demandar mudanças tecnológicas imediatas.

Entretanto, há também desvantagens significativas:

- Ausência de padrões diretos de emissões: Não há limites diretos para emissões de gases de efeito estufa (GHG) de motores de aeronaves, como ocorre em outras regulamentações internacionais;
- Cobertura limitada: A regulação se aplica exclusivamente às operações internacionais, deixando de fora os voos domésticos, o que reduz seu impacto geral na redução das emissões de CO₂ no setor.

Com essas questões em mente, as seguintes proposições de melhoria podem ser consideradas para aprimorar as regulamentações brasileiras relacionadas à qualidade do ar na aviação:

- Estabelecer limites para emissões de motores: Introdução de valores máximos de emissão de CO₂ para motores de aeronaves, alinhados com padrões internacionais e metas climáticas;
- Ampliar a regulamentação para voos domésticos: Criação de diretrizes que incluam operações domésticas, aumentando o alcance e o impacto das políticas de redução de emissões no setor aéreo.

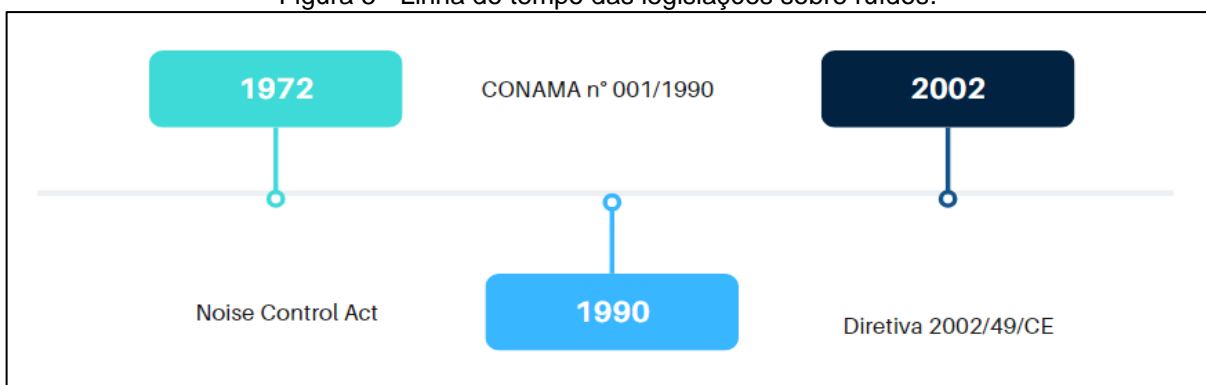
4.3 LEGISLAÇÕES GERAIS SOBRE RÚIDOS

Em cada país/grupo estudado existe uma legislação geral sobre ruídos principal. No Brasil é a CONAMA n° 001/1990, na Europa é a Diretiva/2002/49/CE e nos Estados Unidos é a Noise Control Act.

4.3.1 Linha do Tempo

A Figura 5 apresenta as legislações citadas em linha do tempo, na qual pode-se analisar que os Estados Unidos foi o primeiro país a elaborar uma legislação relacionado ao tema, seguido pelo Brasil e posteriormente pela União Europeia.

Figura 5 - Linha do tempo das legislações sobre ruídos.



Fonte: Autora (2024).

4.3.2 Análise Comparativa

Para realizar a análise comparativa, foram definidos alguns critérios que são apresentados no Quadro 8. Ressalta-se que neste tópico serão apresentadas as partes das regulamentações relacionadas a ruídos externos, visto que é o aspecto em que aeroportos e aeronaves podem impactar.

Quadro 8 - Comparação das legislações gerais sobre ruídos.

	Diretiva 2002/49/CE	Resolução CONAMA nº 001/1990	Noise Control Act
Objetivo	Definir abordagem para evitar, prevenir ou reduzir os efeitos prejudiciais do ruído através da determinação da exposição ao ruído com mapas de ruídos, informação ao público e adoção e planos de ação – responsabilidades dos estados-membros. Também busca criar uma base para desenvolver medidas de redução do ruído emitido por fontes principais.	Regulamentar a emissão de ruídos através da forma de medição e limites máximos impostos na NBR 10.151.	Estabelecer política nacional para promover um ambiente livre de ruídos que colocam em risco a saúde e bem estar da população, estabelecer meio para a coordenação das atividades federais no controle de ruídos, autorizar o estabelecimento de padrões federais de emissão de ruído para produtos distribuídos no comércio e fornecer informações ao público sobre as emissões e redução de ruídos em tais produtos.
Tópicos abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilidade dos estados-membros; • Indicadores de ruído (conforme ISO 1996-2: 1987) e respectiva aplicação e valores limite, que estados-membro devem desenvolver conforme diretiva; • Descrição dos métodos de avaliação que devem ser adotados pelos estados-membros • Critérios para elaboração e 	<ul style="list-style-type: none"> • Medição de ruídos (de acordo com NBR); • Limites máximos (de acordo com NBR); • Responsabilidade de órgãos federais, estaduais e municipais sobre os dois tópicos acima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilidades do governo e EPA relacionadas aos programas; relacionados aos ruídos; • Identificação de principais fontes de ruídos e estabelecimento de níveis de ruído por parte da EPA; • Padrões de emissão de ruídos por produtos do comércio; • Padrões de emissão da aviação;

	Diretiva 2002/49/CE	Resolução CONAMA nº 001/1990	Noise Control Act
	<p>aplicação de mapas de ruído e dos planos de ação e recolha dos mesmos pelos estados-membros;</p> <ul style="list-style-type: none"> Comunicação da comissão ao parlamento europeu sobre aplicação da diretiva, com conteúdo mínimo definido e elaboração de relatório. 		<ul style="list-style-type: none"> Rotulagem de produtos capazes de emitir ruídos prejudiciais; Atos proibidos relacionados aos fabricantes de produtos que emitem ruídos e penalidades; Registros que devem ser feitos por fabricantes e enviados à EPA; Informações públicas.
Regulamentação/normas envolvidas	<p>ISO 1996 - 2: 1887: Utilizada como base para definir valores de ruídos.</p>	<p>NBR 10.151: Utilizada como base para definir valores de ruídos.</p>	<p>Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety: Noise Control Act define que EPA será responsável pelos ruídos no país e a agência cria esse documento com diferentes critérios.</p>
Valores limite de ruídos de acordo com normas envolvidas	<p>Estados-membro estabelecem os próprios limites máximos.</p>	<p>Valores diurnos e noturnos respectivamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Área de sítios e fazendas: 40 e 35 dB(A); Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas: 50 e 45 dB(A); Área mista, predominantemente residencial: 55 e 50 dB(A); Área mista, com vocação comercial e administrativa: 60 e 55 dB(A); Área mista, com vocação recreacional: 65 e 55 dB(A); Área predominantemente industrial: 70 e 60 dB(A). 	<p>O documento identifica valores máximos de ruído para proteger a saúde humana de acordo com alguns efeitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Perda auditiva em qualquer área: 70 dB; Interferência em atividades externas – áreas residenciais ou fazendas, onde pessoas permanecem por tempo variável: 55 dB diurno e 45 noturno; Interferência em atividades externas – áreas onde pessoas permanecem por muito tempo como parques: 45 dB.

	Diretiva 2002/49/CE	Resolução CONAMA nº 001/1990	Noise Control Act
Monitoramento	<p>O monitoramento é feito através da entrega de diversos materiais dos estados-membros para a comissão. Após isso, a comissão apresenta como foi aplicada a diretiva pelos estados-membro, onde existe uma análise da necessidade de promover mais ações comunitárias sobre ruídos. Se adequado, também serão propostas estratégias como: objetivos a longo e médio prazo para minimizar pessoas afetadas pelos ruídos; medidas suplementares de redução de ruído ambiente emitido por fontes específicas e proteção de zonas tranquilas em campo aberto.</p> <p>A diretiva também aponta que o relatório entre ao parlamento europeu será revisto de 5 em 5 anos.</p>	<p>A legislação não aborda o tema, mas cita a responsabilidade de órgãos competentes federais, estaduais e municipais sobre medição e valor limite de ruídos. No Brasil isso é feito principalmente através dos processos de licenciamento ambiental, onde uma das condicionantes da licença pode ser o acompanhamento dos ruídos gerados pelo empreendimento.</p>	<p>Cada agência federal deve consultar a EPA ao prescrever normas ou regulamentos relativos à ruídos. De tempos em tempos deve ser publicado um relatório sobre o status e progresso das atividades relacionadas à pesquisa e controle de ruídos, devendo também avaliar os programas de controle de ruído de cada estado.</p> <p>Também cita que a EPA é a responsável pelo monitoramento de produtos que possam emitir ruídos prejudiciais à saúde humana, onde fabricantes tem a obrigação de enviar documentos que comprovem que os produtos estão adequados perante a lei.</p>
Implementação de Medidas	<p>Todos os tópicos de responsabilidade dos estados-membro possuem datas limite para comunicação à comissão, bem como existe uma data para comissão apresentar a aplicação da diretiva para o parlamento europeu.</p>	<p>Não cita datas para medidas futuras, apenas a responsabilidade dos órgãos competentes a partir da vigência da regulamentação.</p>	<p>Data especificada para EPA publicar relatório com critérios relativos a ruídos e demais informações especificadas na legislação.</p>

Fonte: Autora (2024).

Ao analisar o quadro, constata-se que, embora as legislações abordem a mesma temática, elas o fazem de maneiras distintas. A regulamentação brasileira é mais sucinta e técnica, com ênfase na NBR 10.151, que especifica métodos de medição de ruídos e valores-limite. Por outro lado, a legislação europeia adota um enfoque mais abrangente, estabelecendo um plano de ação para que os Estados-

Membros diagnostiquem os níveis de ruído em suas localidades e implementem medidas de mitigação. Já a legislação estadunidense apresenta outra abordagem, atribuindo à EPA (Agência de Proteção Ambiental) a responsabilidade pelo controle de ruídos nos estados e concentrando suas ações federais principalmente em produtos de alta emissão sonora.

Quanto ao monitoramento, as diferenças também são evidentes. Na Europa, a Comissão da Diretiva supervisiona os Estados-Membros, que devem enviar relatórios detalhados dentro de prazos específicos, e apresenta resultados ao Parlamento Europeu a cada cinco anos. No Brasil, a legislação não define claramente diretrizes de monitoramento, embora os processos de licenciamento ambiental possam incluir condicionantes para acompanhamento de emissões sonoras, responsabilidade atribuída aos órgãos competentes. Nos Estados Unidos, o monitoramento é realizado pela EPA, que coordena ações diretamente com fabricantes de produtos emissores de ruídos.

Um aspecto comum entre as legislações é a vinculação a normativas ou documentos específicos. Na Europa, a ISO 1996-2:1987 é empregada para obter indicadores de ruído e métodos de avaliação. No Brasil, utiliza-se a NBR 10.151, que estabelece métodos de medição e valores-limite. Nos EUA, destaca-se o documento da EPA *"Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety"*, que fornece diretrizes sobre medições, valores-limite recomendados e ações de mitigação.

Quanto aos valores-limite, a NBR 10.151 é a normativa que mais detalha esses parâmetros de acordo com a área de medição. No entanto, destaca-se que os países da União Europeia e os estados dos EUA possuem limites máximos próprios, alguns igualmente detalhados, e frequentemente mais restritivos que as legislações gerais de seus respectivos grupos ou nações, como ilustrado no Quadro 9, que apresenta a legislação referente à ruídos do Colorado (2004) e da Alemanha (1974). Essa diferença reflete a autonomia maior dos países europeus e estados dos EUA em comparação com o Brasil, onde a legislação local é menos frequente.

Quadro 9 - Comparação dos valores limite de ruídos do Brasil, Colorado e Alemanha.

Brasil – NBR 10.151 (2000)	Colorado (USA) – Colorado Revised Statutes Title 25 Article 12: Noise Abatement (2004)	Alemanha (UE) - Geräuschimmissionen (1974)
Área de sítios e fazendas: Diurno - 40 dB(A) Noturno - 35 dB(A)		Áreas puramente residenciais: Diurno - 50 db(A) Noturno - 35 db(A)
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas: Diurno - 50 dB(A) Noturno - 45 dB(A)	Área residencial: Diurno - 55 dB(A) Noturno - 50 dB(A)	Áreas predominantemente residenciais: Diurno - 55 dB(A) Noturno - 40 dB(A)
Área mista, predominantemente residencial: Diurno - 55 dB(A) Noturno - 50 dB(A)		Área mista: Diurno - 60 dB(A) Noturno - 45 dB(A)
Área mista, com vocação comercial e administrativa: Diurno - 60 dB(A) Noturno - 55 dB(A);	Área comercial: Diurno - 60 dB(A) Noturno - 55 dB(A)	Área urbana: Diurno - 63 dB(A) Noturno - 45 dB(A)
Área mista, com vocação recreacional: Diurno - 65 dB(A) Noturno - 55 dB(A);	Área parcialmente industrial: Diurno - 70 dB(A) Noturno - 65 dB(A)	
Área predominantemente industrial: Diurno - 70 dB(A) Noturno - 60 dB(A).	Industrial: Diurno - 80 dB(A) Noturno - 75 dB(A)	Área industrial: Diurno - 65 dB(A) Noturno - 50 dB(A)

Fonte: Autora (2024).

O Colorado e a Alemanha foram escolhidos para comparação com a NBR 10.151 devido à similaridade de critérios de classificação de áreas, o que facilita o processo comparativo. No que diz respeito aos limites de ruído propriamente ditos, as áreas definidas por cada regulamentação não são idênticas, mas é evidente que o Brasil se mostra mais restritivo em diversas situações comparado ao estado do Colorado. Já a Alemanha apresenta uma abordagem variável, com padrões que podem ser mais ou menos rígidos que os brasileiros, dependendo do tipo de área e do período (diurno ou noturno).

É importante ressaltar que nem todos os estados dos EUA estabelecem limites máximos para áreas externas, com alguns focando apenas em restrições para máquinas, veículos e produtos específicos, enquanto outros não especificam quaisquer limites. Adicionalmente, os estados norte-americanos de Minnesota e Utah também merecem destaque, com limites de ruído que variam de 60 a 80 dB(A) em Minnesota (Noise Pollution Control, 2003) e de 56 a 72 dB(A) em Utah (Noise Abatement, 1987). Essas variações refletem as diferenças regionais nos Estados

Unidos, onde a regulação de ruídos é amplamente descentralizada e a maior rigurosidade da normativa brasileira.

4.3.3 Vantagens, desvantagens e recomendações

Neste tópico, serão analisadas as vantagens, desvantagens e sugestões de melhoria para a CONAMA nº 001/1990 e a NBR 10.151. Uma das principais vantagens da normativa brasileira é sua abordagem em relação à emissão de ruídos, destacando-se pela imposição de critérios mais restritivos quando comparada a outras normativas internacionais. Além disso, a NBR 10.151 define claramente as áreas para cada tipo de critério, facilitando a aplicação prática e o monitoramento de níveis de ruído.

Por outro lado, algumas desvantagens podem ser citadas juntamente com a proposição de pontos de melhoria:

- Ausência de exigência de mapas de ruído e planos de ação: A legislação atual não obriga os estados a elaborar mapas de ruído e desenvolver planos de ação específicos para a minimização das emissões de ruídos em suas regiões. Incluir essa exigência na CONAMA nº 001/1990 poderia fortalecer a aplicação das normas e garantir uma abordagem mais local e precisa para o controle de ruído.
- Regulamentação mais severa para produtos emissores de ruído: As regulamentações relacionadas a produtos que emitem ruídos poderiam ser mais rigorosas. Isso inclui, por exemplo, a aplicação de restrições mais duras a equipamentos da aviação, com a introdução de penalidades para os infratores que não cumprem as normas. Entretanto, ressalta-se que esse assunto é tratado nas legislações específicas sobre ruídos.
- Necessidade de monitoramento mais abrangente: O monitoramento não deve se restringir apenas aos empreendimentos licenciados, mas também ser estendido aos estados e a produtos emissores de ruídos. A implementação de sistemas de monitoramento contínuo é fundamental para garantir que as diretrizes de controle de ruídos sejam cumpridas de forma eficaz e para a identificação de áreas ou fontes não reguladas adequadamente.

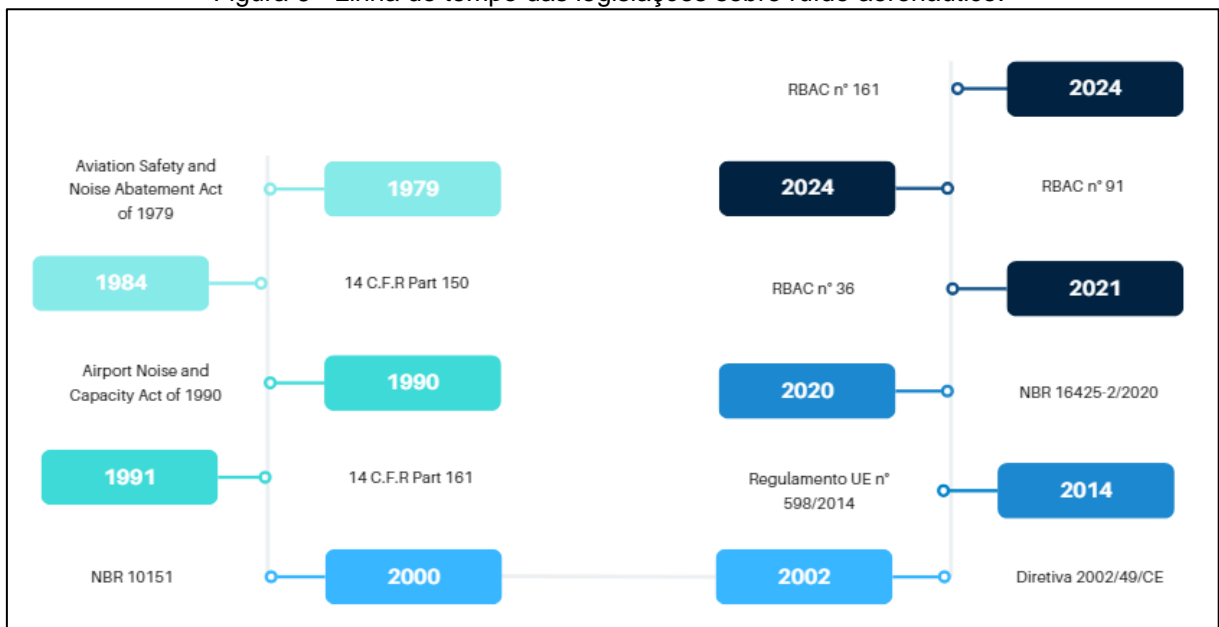
4.4 REGULAMENTAÇÕES ESPECÍFICAS SOBRE RUÍDO AERONÁUTICO

Este item apresenta as regulamentações brasileiras, estadunidenses e europeias que tratam especificamente de ruídos emitidos por aeroportos e aeronaves.

4.4.1 Linha do Tempo

As regulamentações brasileiras, estadunidenses e europeias relacionadas à ruído aeronáutico foram inseridas em linha do tempo para realização de uma primeira análise, conforme apresenta a Figura 6.

Figura 6 - Linha do tempo das legislações sobre ruído aeronáutico.



Fonte: Autora (2024).

A análise da linha do tempo revela que os Estados Unidos foram pioneiros na criação de legislações sobre ruído aeronáutico, com uma diferença de 37 anos entre a primeira regulamentação norte-americana e a primeira da União Europeia. Quando comparado ao Brasil, essa diferença aumenta para 44 anos, evidenciando que as normas brasileiras sobre o tema são relativamente recentes. Enquanto no Brasil essas regulamentações começaram a ser implementadas apenas nos últimos anos, nos Estados Unidos as leis são mais antigas e passaram por diversas revisões e aperfeiçoamentos ao longo do tempo, o que contribuiu para sua evolução e adaptação às novas tecnologias e necessidades ambientais.

4.4.2 Análise Comparativa

Este item apresenta a lista de regulamentações específicas sobre ruído aeronáutico de cada nação e comentários sobre as diferenças analisadas entre elas.

Quadro 10 - Lista de regulamentações específicas sobre ruído aeronáutico.

Estados Unidos da América	Brasil	União Europeia
Aviation Safety and Noise Abatement Act: Instrui FAA a criar um sistema único de medição de ruído em aeroportos	RBAC nº 36: Incorpora o regulamento estadunidense 14 CFR Part 36 e define limites máximos de ruído permitidos para diferentes categorias de aeronaves	Regulamento (EU) nº 598/2014: Criada para melhorar o ambiente sonoro ao redor dos aeroportos da União Europeia
14 C.F.R Part 150: Estabelece os requisitos para o desenvolvimento de programas de compatibilidade de ruído em aeroportos	RBAC nº 161: Requisitos para elaboração e aplicação dos Planos de Zoneamento de Ruído	Diretiva 2006/93/CE: Apresenta restrições de ruídos para aviões
Airport Noise and Capacity Act of 1990: Reduzir restrições locais impostas por operadores aeroportuários.	RBAC nº 91: Trata dos requisitos gerais de operação para aeronaves civis, abordando limites operacionais de aeronaves com base nos ruídos	Documentações da EASA sobre certificações de aeronaves
14 C.F.R Part 161: Regula as restrições operacionais de ruído em aeroportos	NBR 16425-2/2020: Estabelece diretrizes para medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes do transporte aéreo	
14 C.F.R Part 36: Estabelece os padrões de ruído para as aeronaves, definindo os limites máximos de ruído permitido durante as diferentes fases do voo		

Fonte: Autoria própria.

Estados Unidos, Brasil e União Europeia possuem regulamentações específicas sobre ruído aeronáutico semelhantes, porém com abordagens distintas. De forma que a RBAC nº 36 incorpora o 14 C.F.R Part 36, eles possuem a mesma finalidade e os mesmos critérios para estabelecer padrões de ruídos e certificações para aeronaves. Já a Diretiva 2006/93/CE, apesar de apresentar o mesmo objetivo, afirma que Estados-Membros devem assegurar que aviões civis subsônicos estejam de acordo com normas especificadas no Volume 1, segunda parte, capítulo 3, do Anexo 16 da ICAO. Esse documento, assim como as normativas americana e brasileira, informa padrões máximos de ruído e certificação de aeronaves.

Nos Estados Unidos e no Brasil, ambos incentivam a gestão de ruído aeronáutico, mas de formas distintas: nos EUA, por meio dos programas 14 C.F.R. Part 150 e 161, que oferecem apoio voluntário aos aeroportos pela FAA; no Brasil, com a RBAC nº 161, que obriga a criação de um Plano de Zoneamento de Ruídos, além da obrigação de torna-lo público, e a análise do uso do solo nas áreas afetadas. A regulamentação nº 598/2014, por sua vez, adota a Abordagem Equilibrada proposta pela ICAO, priorizando o uso de tecnologias de redução de ruído e a melhoria na gestão do tráfego aéreo antes de impor restrições operacionais, sem foco direto no Zoneamento de Ruídos.

Ressalta-se que a RBAC nº 91 complementa as normativas brasileiras de forma sucinta, apresentando um breve capítulo que cita tipos de aeronaves que não são permitidas de operar no Brasil, envolvendo os padrões de certificação da RBAC nº 36. Por fim, a NBR 16425-2/2020 complementa as demais normas ao detalhar a medição e avaliação dos ruídos provenientes do sistema de transporte aéreo.

4.4.3 Vantagens, desvantagens e recomendações

Neste tópico, observou-se que as regulamentações brasileiras, estadunidenses e europeias são bastante similares, sendo que a principal vantagem da brasileira é a obrigação da criação e disposição ao público de um Plano de Zoneamento de Ruídos e a análise do uso do solo nas áreas afetadas nos aeroportos, além de estar de acordo com normativas internacionais e com a ICAO. Ressalta-se também a NBR 16425-2/2020, que apresenta com detalhes as diretrizes para medição e avaliação de ruídos no sistema de transporte aéreo.

Como sugestão de melhoria, a Abordagem Equilibrada proposta pela ICAO poderia ser incluída nas legislações para verificar outras tecnologias e formas de minimização de ruídos antes da restrição operacional.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa entre as legislações brasileiras, estadunidenses e europeias relacionadas à qualidade do ar e ruídos no contexto aeroportuário, visando propor melhorias para as regulamentações brasileiras. Utilizando métodos de revisão bibliográfica, análise

documental e análise comparativa, foi possível identificar vantagens e pontos de melhoria nas normativas brasileiras.

As principais vantagens das regulamentações brasileiras sobre qualidade do ar incluem a Resolução CONAMA nº 506/2024, que estabelece padrões futuros alinhados aos valores da OMS em 2021 e apresenta um plano de ação com prazos definidos para sua implementação gradual. A Lei nº 14.850/2024, por sua vez, introduz a Política Nacional de Qualidade do Ar, detalhando monitoramento, avaliação da qualidade do ar, inventários de emissões e planos de gestão ambiental, com a participação dos órgãos ambientais municipais e estaduais. Além disso, o RBAC nº 34 e a Resolução nº 743 estão alinhados aos padrões globais da ICAO e a última também se destaca por adotar um mecanismo simplificado de compensação de CO₂ através de créditos de carbono aprovados pelo CORSIA.

Em relação aos ruídos, a principal vantagem da NBR 10.151 é o fato de apresentar critérios mais restritivos em comparação a outras normativas internacionais, além de definir claramente as áreas e critérios para monitoramento, facilitando sua aplicação prática. O RBAC nº 161 também se sobressai, pois exige a criação de Planos de Zoneamento de Ruídos e a análise do uso do solo nas áreas afetadas pelos aeroportos, promovendo um planejamento mais integrado.

Por outro lado, as propostas de melhorias para as regulamentações de qualidade do ar incluem a Resolução CONAMA nº 506/2024, que poderia ter seus prazos reduzidos, acelerando a implementação do padrão final (PF). A Lei nº 14.850/2024, por sua vez, deveria detalhar melhor o controle de fontes poluidoras fixas e móveis, além de incluir um plano de ação mais abrangente, com prazos claros para os estados implementarem o monitoramento e definirem metas de redução de poluentes. Já o RBAC nº 34 poderia estabelecer limites para emissões de CO₂ provenientes de motores de aeronaves, alinhando-os às metas climáticas globais. Além disso, a Resolução nº 743 da ANAC poderia ser estendida para cobrir voos domésticos, ampliando o alcance das políticas de redução de emissões.

No que tange aos ruídos, as melhorias sugeridas incluem a atualização do CONAMA nº 001/1990, que poderia apresentar a obrigatoriedade por parte dos estados da elaboração de mapas de ruído e planos de ação específicos, o que fortaleceria o controle local. Além disso, as regulamentações sobre produtos emissores de ruído poderiam ser mais rigorosas, aplicando penalidades a equipamentos que não atendem aos limites acústicos estabelecidos.

Com base nos resultados, concluiu-se que a legislação brasileira apresenta vantagens significativas em comparação às demais, mas também diversos aspectos que podem ser aprimorados para maior alinhamento com o cenário global e para avanços mais efetivos em sustentabilidade. Observou-se que, embora as regulamentações brasileiras sejam geralmente mais recentes, elas demonstram um contínuo processo de evolução, evidenciando esforços para aprimorar a situação ambiental no país. No entanto, é fundamental que a legislação brasileira continue evoluindo, garantindo que se mantenha atualizada frente às mudanças globais e às crescentes exigências ambientais.

6 RECOMENDAÇÕES

Para agregar valor a este trabalho e ampliar a compreensão sobre o tema, recomenda-se a realização de estudos complementares que aprofundem a análise das propostas apresentadas. O primeiro deles consiste na avaliação da viabilidade técnica e econômica das melhorias sugeridas, com foco na aplicabilidade dessas propostas em aeroportos brasileiros. Esse estudo deve considerar as especificidades operacionais e regulatórias do setor aéreo nacional, além dos custos e benefícios associados à implementação de cada medida, buscando identificar possíveis obstáculos e estratégias para sua superação.

Adicionalmente, seria relevante realizar uma análise comparativa mais abrangente, incluindo legislações de outros países além dos já abordados neste trabalho. Esse estudo permitiria identificar boas práticas globais que ainda não foram incorporadas na legislação brasileira, oferecendo subsídios para um alinhamento mais eficaz com os padrões internacionais de sustentabilidade.

Outro eixo de estudo importante envolve a investigação de regulamentações voltadas a aspectos complementares da sustentabilidade em aeroportos. Isso inclui a análise de legislações relacionadas à gestão de resíduos sólidos, à qualidade da água e à eficiência energética, áreas que também têm impacto significativo no desempenho ambiental do setor aeroportuário. Uma abordagem integrada desses temas pode contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas mais completas e eficazes, promovendo um avanço sustentável no setor.

Por fim, recomenda-se que esses estudos sejam acompanhados de consultas a especialistas e stakeholders do setor, como órgãos reguladores, operadores

aeroportuários e organizações ambientais, para garantir que as propostas estejam alinhadas às necessidades práticas e ao contexto socioeconômico brasileiro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EUROPEIA PARA A SEGURANÇA DA AVIAÇÃO (AESA). Disponível em: <https://www.easa.europa.eu>. Acesso em: 5 set. 2024.

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS. **Information on Level of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margino of Safety**. Washington, DC: EPA, 1974. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000L3LN.PDF?Dockey=2000L3LN.PDF>. Acesso em: 17 nov. 2024.

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS. **Aviation Noise – The Next Twenty Year**. Washington, DC: EPA, 1980. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/9100EY0I.PDF?Dockey=9100EY0I.PDF>. Acesso em: 17 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Aeroportos Sustentáveis**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/aeroportos-sustentaveis>. Acesso em: 13 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Aviação e Proteção Ambiental**. Brasília, DF: ANAC, 2023. Disponível em: <https://www.anac.pt/VPT/GENERICO/REGECONOMICA/AVIACAOPROTECCAO AMBIENTAL/Paginas/AviacaoeProteccaoAmbiental.aspx>. Acesso em: 08 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Guia sobre Sustentabilidade Aeroportuária - Qualidade do Ar Local**. Brasília, DF: ANAC, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/arquivos/GuiaQualidadedoArLocal.pdf>. Acesso em: 5 set. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Metodologia de cálculo de emissões atmosféricas da aviação civil brasileira**. Versão 8. Brasília: ANAC,

2019. Disponível em: https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/arquivos/metodologia-de-calculo_v8.pdf. Acesso em: 16 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Plano de Atuação Internacional**. Brasília, DF: ANAC, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/internacional/publicacoes/plano-de-atuacao-internacional-1/c-plano-de-atuacao-internacional-2017/02.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **RBAC 91**. Requisitos gerais de operação para aeronaves civis. Brasília, DF: ANAC, 2020. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-91/@@display-file/arquivo_norma/RBAC91EMD01.pdf. Acesso em: 22 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **RBAC 34**. Requisitos para drenagem de combustível e emissões de motores de aeronaves. Brasília, DF: ANAC, 2021. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-034/@@display-file/arquivo_norma/RBAC34EMD07.pdf. Acesso em: 22 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **RBAC 36**. Requisitos de ruído para aeronave. Brasília, DF: ANAC, 2021. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-36/@@display-file/arquivo_norma/RBAC36EMD31%20-%20Ingles%20-%20Retificado%2018.06.2024.pdf. Acesso em: 22 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **RBAC 161**. Planos de zoneamento de ruído de aeródromos - PZR. Brasília, DF: ANAC, 2024. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-161>. Acesso em: 22 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Regulamentação n° 173, de 15 de maio de 2024**. Regulamenta o monitoramento e a compensação das emissões de dióxido de carbono relativas às operações internacionais dentro do Mecanismo de Redução e de Compensação de Emissões da Aviação Internacional. Brasília, DF: ANAC, 2024. Disponível em <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2024/resolucao-743#:~:text=Resolu%C3%A7%C3%A3o%20n%C2%BA%20743%2C%20DE%2015,de%20Emiss%C3%B5es%20da%20Avia%C3%A7%C3%A3o%20Internaciona> l. Acesso em: 22 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Ruído Aeronáutico**. Brasília, DF: ANAC, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/ruido-aeronautico>. Acesso em: 5 set. 2024.

ALEMANHA. **Geräuschimmissionen** – *Geräuschemissionen und deren Regelung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)*. 1974. Disponível em: [https://www.juraforum.de/lexikon/geraeuschimmissionen#:~:text=Gem%C3%A4%C3%9F%20%C2%A7%201%20BImSchG%20sind,betrieb%20\(%E2%80%9EGewerbel%C3%A4rm%E2%80%9C\)](https://www.juraforum.de/lexikon/geraeuschimmissionen#:~:text=Gem%C3%A4%C3%9F%20%C2%A7%201%20BImSchG%20sind,betrieb%20(%E2%80%9EGewerbel%C3%A4rm%E2%80%9C)). Acesso em: 17 nov. 2024.

AQICN. **Ranking de qualidade do ar mundial**. Disponível em: <https://aqicn.org/rankings/pt/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16425-2 DE 12/2020 - Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes - Parte 2: Sistema de transporte aéreo**. Rio de Janeiro. 2020.

BRAGA, Alfesio *et al.* **Poluição atmosférica e saúde humana**. 2001. Disponível em: <file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/frcosta,+06-alfesio.pdf>. Acesso em: 21 out. 2024.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm. Acesso em: 5 set. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.850, de 02 de maio de 2024**. Institui a Política Nacional de Qualidade do Ar. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14850.htm. Acesso em: 5 set. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.993, de 08 de outubro de 2024**. Institui a Política Nacional de Qualidade do Ar. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14850.htm. Acesso em: 5 set. 2024.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=14993&ano=2024&ato=bf3MTUE9ENZpWT978#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20promo%C3%A7%C3%A3o%20da,do%20Produtor%20e%20Importador%20de>. Acesso em: 16 dez. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 01, de 23/01/1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em:

https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745. Acesso em: 5 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 005, de 15/06/1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR). Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0005-150689.PDF><https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=369516>. Acesso em: 5 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 005, de 17/10/1990**. Disponível em https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/1990/res_conama_05_1990_criaarieserraabelha_riopratavitormeirrelles_sc.pdf<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=369516>. Acesso em: 5 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 005, de 05/08/1993**. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. Disponível em https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=130<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=369516>. Acesso em: 5 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução N.º 382, de 26/12/2006**. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Disponível em: <https://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Conama-382-Poluentes-atmosfericos.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução N.º 436, de 22/12/2011**. Complementa as resoluções CONAMA n.º 5/1989 e n.º 382/2006. Disponível em:

https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_resolucoes/leg_fed_res_conama/Resol-CONAMA-436-11_complementa-resol-05-89-382-06_Ar-PRONAR.pdf. Acesso em: 16 dez. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 491, de 19/11/2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=369516>. Acesso em: 5 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA Nº 506, de 05/07/2024**. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e fornece diretrizes para sua aplicação. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=827. Acesso em: 5 set. 2024.

CAVALCANTE, Erika Pinheiro Gomes; DUARTE, Cristiane Rose de Siqueira. ARQUITETURA DE AEROPORTOS: dos terminais de passageiros aos aero shoppings. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 57-68, 8 out. 2017. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. <http://dx.doi.org/10.21680/2448-296x.2017v2n1id16595>.

CECHINEL, Andre *et al.* ESTUDO/ANÁLISE DOCUMENTAL: uma revisão teórica e metodológica. **Criar Educação**, Criciúma, v. 5, n. 1, 2 jun. 2016. Fundação Educacional de Criciúma- FUCRI. <http://dx.doi.org/10.18616/ce.v5i1.2446>.

CELLARD, A. A Análise Documental. In: POUPART, J. et al. (Orgs.). A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. p. 295-316

COLORADO. **Colorado Revised Statutes. Title 25: Public Health and Environment, Article 12: Noise Abatement, Section 25-12-103: Maximum permissible noise levels.** 2004. Disponível em:

<https://casetext.com/statute/colorado-revised-statutes/title-25-public-health-and-environment/environmental-control/article-12-noise-abatement/section-25-12-103-maximum-permissible-noise-levels>. Acesso em: 17 nov. 2024.

CROUCH, T. D. **Asas**: uma história da aviação: das pipas à era espacial. Tradução de Alexandre Martins e Antônio Braga. Rio de Janeiro: Record, 2008.

ESPAÑA. **Lei nº 38/1972 de 22 de dezembro de 1972**, que institui a proteção do ambiente atmosférico. Disponível em: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1972-1885>. Acesso em: 5 set. 2024.

ESTADOS UNIDOS. **Clean Air Act** (Lei do Ar Limpo), 42 U.S.C. §7401 et seq. Lei federal dos Estados Unidos que estabelece padrões de qualidade do ar para proteger a saúde pública e o meio ambiente, impondo limites de emissões para veículos e indústrias. 1970. Disponível em: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>. Acesso em: 5 set. 2024.

ESTADOS UNIDOS. **Noise Control Act** (Lei de Controle de Ruído), 42 U.S.C. §4901 et seq. Lei federal dos Estados Unidos criada para regular a poluição sonora, estabelecendo limites de ruído para equipamentos e produtos industriais, visando proteger a saúde e o bem-estar da população. 1972. Disponível em: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-noise-control-act>. Acesso em: 10 out. 2024.

ESTADOS UNIDOS. **Resource Conservation and Recovery Act** (RCRA), 42 U.S.C. §6901 et seq. Lei federal dos Estados Unidos que regula a gestão de resíduos sólidos e perigosos, promovendo práticas de reciclagem e recuperação de recursos para proteger o meio ambiente. 1976. Disponível em: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-resource-conservation-and-recovery-act>. Acesso em: 10 out. 2024.

ESTADOS UNIDOS. **National Environmental Policy Act** (NEPA), 42 U.S.C. §4321 et seq.. Lei federal dos Estados Unidos que exige a avaliação de impactos

ambientais por agências federais antes de tomar decisões que possam afetar o meio ambiente.1969. Disponível em: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-national-environmental-policy-act>. Acesso em: 10 out. 2024.

ESTADOS UNIDOS. **Energy Policy and Conservation Act (EPCA)**, 42 U.S.C. §6201 et seq. Lei federal dos Estados Unidos que estabelece diretrizes para conservação de energia, promovendo eficiência energética e desenvolvimento de recursos energéticos alternativos. 1975. Disponível em: <https://www.congress.gov/bill/94th-congress/senate-bill/622>. Acesso em: 10 out. 2024.

ESTADOS UNIDOS. Federal Aviation Administration. **14 CFR Part 150 – Airport Noise Compatibility Planning**. Electronic Code of Federal Regulations, título 14, capítulo I, subcapítulo I, parte 150. Disponível em: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-I/part-150>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ESTADOS UNIDOS. Federal Aviation Administration. **14 CFR Part 161 – Notice and Approval of Airport Noise and Access Restrictions**. Electronic Code of Federal Regulations, título 14, capítulo I, subcapítulo I, parte 161. Disponível em: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-I/part-161>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ESTADOS UNIDOS. Federal Aviation Administration. **14 CFR Part 36 – Noise Standards: Aircraft Type and Airworthiness Certification**. Electronic Code of Federal Regulations, título 14, capítulo I, subcapítulo C, parte 36. Disponível em: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-C/part-36>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Control of Air Pollution From Aircraft and Aircraft Engines; Emission Standards and Test Procedures**. Federal Register, v. 77, n. 117, p. 36449-36462, 18 jun. 2012. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2012-06-18/pdf/2012-13828.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Control of Air Pollution From Airplanes and Airplane Engines: GHG Emission Standards and Test Procedures**. Federal Register, v. 86, n. 6, p. 2136-2176, 11 jan. 2021. Disponível em: <https://www.federalregister.gov/documents/2021/01/11/2020-28882/control-of-air-pollution-from-airplanes-and-airplane-engines-ghg-emission-standards-and-test>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Control of Air Pollution From Aircraft Engines: Emission Standards and Test Procedures**. Federal Register, v. 87, n. 225, p. 71507-71519, 23 nov. 2022. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2022-11-23/pdf/2022-25134.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2024.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). Disponível em: <https://www.faa.gov>. Acesso em: 5 set. 2024.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Aviation and changes to biodiversity**. Montreal: ICAO, 2023. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Synthesis%20Report%20Factsheets/Aviation%20and%20Changes%20to%20Biodiversity.pdf>. Acesso em: 15 out. 2024.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Statistics Programme**. Disponível em: <https://www.icao.int/sustainability/Pages/eap-sta-excel.aspx>. Acesso em: 15 out. 2024.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Waste Management at Airports**. Montreal: ICAO, 2023. Disponível em: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Waste_Management_at_Airports_booklet.pdf. Acesso em: 17 set. 2024.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Water management at airports**. Montreal: ICAO, 2023. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Water%20management%20at%20airports.pdf>. Acesso em: 15 out. 2024.

LIJPHART, Arend. Comparative politics and the comparative method. **American political science review**, v. 65, n. 3, p. 682-693, 1971.

MINNESOTA POLLUTION CONTROL AGENCY. **Minnesota Rules Chapter 7030 - Air Quality Standards**. 2003. Disponível em: <https://www.revisor.mn.gov/rules/pdf/7030/2017-01-27%2016:22:38+00:00>. Acesso em: 17 nov. 2024.

PARLAMENTO EUROPEU. **Poluição atmosférica: Parlamento quer limites rigorosos e poluição zero em 2050**. 13 set. 2023. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/press-room/20230911IPR04915/poluicao-atmosferica-parlamento-quer-limites-rigorosos-e-poluicao-zero-em-2050>. Acesso em: 15 nov. 2024.

SARTORI, Giovanni. Concept misformation in comparative politics. **American political science review**, v. 64, n. 4, p. 1033-1053, 1970.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Aviation**. 2024. Disponível em: <https://www.transportation.gov/aviation>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 96/62/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de setembro de 1996, relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A31996L0062>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2001/81/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2001, que estabelece limites nacionais de emissão para certos

poluentes atmosféricos. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2002/30/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de março de 2002, relativa ao estabelecimento de regras e procedimentos para a introdução de restrições de operação relacionadas com o ruído nos aeroportos comunitários. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32002L0030>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2002/49/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/49/oj>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2003/87/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 2003, que estabelece um regime para o comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa na Comunidade. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A32003L0087>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2006/93/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de dezembro de 2006, relativa à regulação da exploração dos aviões. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pt/TXT/?uri=CELEX%3A32006L0093>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2008/98/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008, sobre os resíduos e que revoga certas diretivas. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0098>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2008/50/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio de 2008, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj> Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) n.º 2013/525** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio de 2013, sobre a monitorização e comunicação das emissões de gases com efeito de estufa e sobre a comunicação da informação relacionada com a política climática dos Estados-Membros. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:165:0013:0040:PT:PDF>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) n.º 2014/598** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de abril de 2014, relativo ao estabelecimento de regras e procedimentos para a introdução de restrições de operação relacionadas com o ruído nos aeroportos. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0598>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA: **Diretiva (UE) 2016/2284** do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de dezembro de 2016, relativa à redução das emissões nacionais de certos poluentes atmosféricos. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2016/2284/oj>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) n.º 2017/2392** do Parlamento Europeu e do Conselho relativa a limitações de âmbito das atividades de aviação e para preparar a implementação de uma medida baseada no mercado global a partir de 2021 informações relacionadas com a política climática dos Estados-Membros. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/2392/oj>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva (UE) n.º 2018/2001** do Parlamento Europeu e do Conselho, sobre a promoção da utilização da energia proveniente de fontes renováveis. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva (UE) n.º 2023/959** do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à criação de um sistema de comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa na União. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/959/oj>. Acesso em: 5 set. 2024.

lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32023L0959. Acesso em: 5 set. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento ReFuelEU**: Estabelece um quadro para a utilização de combustíveis sustentáveis na aviação e navegação marítima. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj>. Acesso em: 5 set. 2024.

UTAH DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (UDOT). **Noise Abatement Policy**. Disponível em: https://www.udot.utah.gov/main_old/uconowner.gf?n=10496602977480171. Acesso em: 17 nov. 2024.