

Tendências e diretrizes para prevenção e controle do ruído aeronáutico no ambiente construído: um panorama da produção científica

Oliveira, S. R. S.¹; Oiticica, M. L. G. R.²

^{1,2} Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, {stella.oliveira, lucia.oiticica}@fau.ufal.br

Resumo

Aeroportos costumam ter seus entornos marcados por interesses industriais e econômicos, devido às infraestruturas promovidas em suas áreas circundantes. Esta pesquisa tem como objetivo realizar uma busca no panorama científico sobre propostas e diretrizes para prevenção e controle do ruído aeronáutico. A estratégia de pesquisa aplicada incluiu buscas nas bases BDTD, Scielo, Scopus e Web of Science. Foram considerados como critérios de seleção: propostas que utilizam instrumentos urbanísticos, Ações, Planos de Controle e Proteção com ênfase em cidades sustentáveis, avaliação de ruído aeronáutico e aplicação de ferramentas como o mapeamento sonoro para controlar áreas afetadas pelo ruído. Foram encontrados 17 estudos que atenderam aos critérios de inclusão, englobando uma revisão sistemática, dois sobre sustentabilidade e aeroportos verdes e 14 sobre avaliação do impacto sonoro causado por aeroportos e ações possíveis para mitigar o ruído. Aeroportos cuja área circundante é de uso misto ou predominantemente residencial. A partir dos resultados obtidos nos trabalhos selecionados fez-se um apanhado de propostas e diretrizes para controle do ruído aeronáutico. A partir dos estudos analisados, concluiu-se que é necessário uma maior atenção aos impactos dos aeroportos em suas áreas circundantes, exigindo revisões e a elaboração de Planos de Ação por parte da administração aeroportuária e do Poder Público.

Palavras-chave: aeroporto; impacto ambiental; poluição sonora; ruído aeronáutico.

PACS: 43.50.-x, 43.50.Ki, 43.50.Lj, 43.50.Rq.

Trends and guidelines for prevention and control of aircraft noise in the built environment: an overview of scientific production

Abstract

Airports usually have their surroundings marked by industrial and economic interests, due to the infrastructures promoted in their surrounding areas. This research aims to conduct a search in the scientific panorama on proposals and guidelines for the prevention and control of aircraft noise. The applied research strategy included searches in the BDTD, Scielo, Scopus and Web of Science databases. The selection criteria were proposals that use urban planning instruments, Control and Protection Actions and Plans with emphasis on sustainable cities, evaluation of aeronautical noise and application of tools such as sound mapping to control areas affected by noise. We found 17 studies that met the inclusion criteria, including a systematic review, two on sustainability and green airports, and 14 on assessing the noise impact caused by airports and possible actions to mitigate noise. Airports whose surrounding area is mixed-use or predominantly residential. From the results obtained in the selected works, a summary of proposals and guidelines for aeronautical noise control was made. From the studies analyzed, it was concluded that it is necessary to pay greater attention to the impacts of airports in their surrounding areas, requiring revisions and the preparation of Action Plans by the airport administration and the Public Power.

Keywords: airport; environmental impact; noise pollution; aircraft noise.

1. INTRODUÇÃO

A alta concentração populacional nas cidades brasileiras acarreta cada vez mais problemas relacionados à falta de planejamento urbano. Até mesmo em cidades planejadas, como Brasília (DF) e Curitiba (PR), o aumento da população urbana e a insuficiência de infraestrutura para atendê-las têm ocasionado problemas relacionados à moradia e permanência nas cidades.

Oliveira [1] argumenta que os aeroportos desempenham um papel crucial na economia local de uma cidade, o que é especialmente evidente no caso da cidade de Maceió, onde o setor turístico é um dos mais lucrativos do estado. No entanto, para garantir o bom funcionamento desse serviço, é necessário contar com instrumentos que permitam o planejamento eficiente da cidade em conjunto com suas instalações e expansões. Dessa forma, é possível minimizar os impactos negativos gerados à população residente nas áreas urbanas próximas aos aeroportos, além de evitar possíveis restrições aeroportuárias que poderiam prejudicar a economia da região.

A Diretiva (UE) 2015/996 [2] da Comunidade Europeia recomenda aos Estados-Membros, no Anexo II, a utilização das métricas de Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{eq}), Nível de Ruído durante o dia (den) e Diferentes níveis de ruído a partir dos percentis dos valores medidos ao longo do tempo (L_n) para o ruído gerado pelo setor industrial, aeronaves e tráfego rodoviário e ferroviário. Isso é indicado para os países que não possuem métodos de cálculo nacionais ou desejam alterar o método de cálculo existente.

A ABNT NBR 8.572 [3], por sua vez, fixava valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico, localizadas na área II do Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) de determinados aeroportos. O aeroporto de Maceió, por exemplo, estava incluso com recomendações de diminuição de L_{Aeq} de 25 a 30 dB. A norma foi cancelada em 2014, sem substituição [3].

Considerando os padrões de isolamento acústico recomendados pelas normativas em vigor, a Aeroportos Espanhóis e Navegação Aérea (Aena) está empenhada em garantir um ambiente mais silencioso nos aeroportos que administra. Além disso, a empresa também está realizando trabalhos de isolamento acústico em habitações próximas aos terminais aéreos, como parte de sua abordagem para minimizar o impacto do ruído nas comunidades locais. Essas ações demonstram o compromisso da Aena em promover a sustentabilidade e o bem-estar das pessoas que frequentam e vivem nas proximidades de seus aeroportos. O objetivo é minimizar o incômodo causado pelo ruído das aeronaves em áreas residenciais [4]. Os trabalhos de insonorização são realizados nas imediações dos aeroportos que deverão receber este tipo de melhoria, de acordo com os estudos de impacto ambiental realizados pelo Ministério da Transição Ecológica e Desafio Demográfico [4].

Segundo a Aena, o processo é realizado especialmente em edifícios para usos sensíveis, como estabelecimentos de ensino, saúde ou culturais que requerem proteção especial contra a poluição sonora. O objetivo final é que os interiores destes edifícios cumpram os padrões de qualidade acústica aplicáveis ao espaço interior habitável estabelecidos por lei [4].

De acordo com o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC 161), o monitoramento do ruído deve ser implementado quando o operador do aeroporto apresentar uma média anual de movimento de aeronaves nos últimos três anos acima de 120.000 e possuir regiões de uso residencial ou misto em mais de 50% das áreas definidas pelas curvas de ruído (65-75 dB, 75-80 dB, 80-85 dB e acima de 85 dB de seu PEZR – Plano Especial de Zoneamento de Ruído). Nesse caso, o operador deve enviar à Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) um projeto de monitoramento de ruído para análise e aprovação.

Para citar Kaiser [6], é possível observar no decorrer dos anos 1930 que momentos políticos distintos interferem ativamente no desenvolvimento da indústria aeronáutica. Na década de

1970, ainda sob forte influência militar, observamos um momento de intensa regulação na esfera econômica e industrial. Aeroportos implantados distantes dos centros urbanos se tornam vetores para a expansão da cidade. Isso ocorre em função da necessidade de promover infraestruturas urbanas de qualidade como: viária, água, esgoto, energia até o aeroporto [7].

A partir da contextualização acima, a pergunta norteadora do estudo foi: “Quais as possíveis intervenções e diretrizes abordadas para promover o controle e minimização do ruído aeronáutico em ambiente urbano a partir de pesquisas já realizadas?”.

Inserido neste contexto, o presente artigo se trata de um estado da arte, com o objetivo de evoluir com a temática estudada e apresentar um panorama da produção científica que aborde diretrizes de prevenção e controle do ruído aeronáutico no ambiente construído. A partir desta pesquisa, foi possível estabelecer a relação entre a relevância dos aspectos de controle e diretrizes para as pesquisas em poluição sonora urbana.

2. METODOLOGIA

De acordo com De-la-Torre-Ugarte-Guanilo [8], a revisão de literatura é uma metodologia que visa identificar as melhores evidências presentes na literatura científica, que responde a uma pergunta específica a partir de documentos como livros, periódicos e artigos científicos já publicados. Por outro lado, o Estado da Arte é um tipo de pesquisa com critérios específicos de elaboração e desenvolvimento. A importância de discutir o Estado da Arte está relacionada à necessidade de compreendê-lo como um estudo que vai além do mero mapeamento descritivo de trabalhos [9]. A estrutura utilizada nas pesquisas de Mota [10] e Lima [11] serviu como base para o desenvolvimento do presente artigo.

Neste estudo, foi utilizada a Revisão de Literatura Integrativa como metodologia, pois ela permite sintetizar, avaliar e interpretar as descobertas de estudos relevantes, guiados pela pergunta de pesquisa a ser respondida.

Assim, o estudo foi realizado seguindo as seguintes etapas: (i) seleção de artigos relevantes através de critérios de busca estabelecidos nas bases de dados da BDTD, Scielo, Scopus e Web of Science; (ii) filtragem dos artigos selecionados através de um processo de seleção ou descarte; e (iii) análise e tabulação dos resultados para apresentação final de uma síntese.

Seguimos os critérios estabelecidos por Ferreira [12] e Santos [13] para a busca de literatura. A última busca de artigos foi realizada em 25 de fevereiro de 2023, considerando um período de 10 anos, de 01 de janeiro de 2013 a 31 de dezembro de 2022. Fizemos a busca em bases de dados aplicando o filtro de palavras-chave obrigatórias no título/resumo e/ou palavras-chave dos trabalhos selecionados. Foram excluídos trabalhos que não eram artigos de congresso/periódicos ou teses e dissertações.

O levantamento de dados foi executado no mês de fevereiro de 2023. A primeira estratégia de busca foi por expressão nas bases de dados BDTD, Scielo, Scopus e Web of Science. Em inglês a busca foi: (noise OR “aircraft noise” OR “airport noise” OR “acoustic comfort” OR “environmental impact”) AND (airport) AND (guidelines OR recommendations OR integration OR proposals) AND (expansion OR “urban expansion” OR “urban growth” OR “master plan” OR surroundings OR legislation OR “public policy” OR infrastructure). Em português a busca foi: (ruído OR “ruído aeronáutico” OR “ruído aeroportuário” OR “conforto acústico” OR “impacto ambiental”) AND (aeroporto) AND (diretrizes OR recomendações OR integração OR propostas) AND (expansão OR “expansão urbana” OR “crescimento urbano” OR “plano diretor” OR circunvizinhança OR legislação OR “políticas públicas” OR infraestrutura).

A filtragem dos artigos selecionados foi subdividida em: (a) artigos duplicados; (b) alinhamento dos títulos com o tema e (c) aderência da metodologia ao tema.

A Figura 1 apresenta a estrutura de pesquisa esquematizada e os resultados obtidos em cada uma delas.

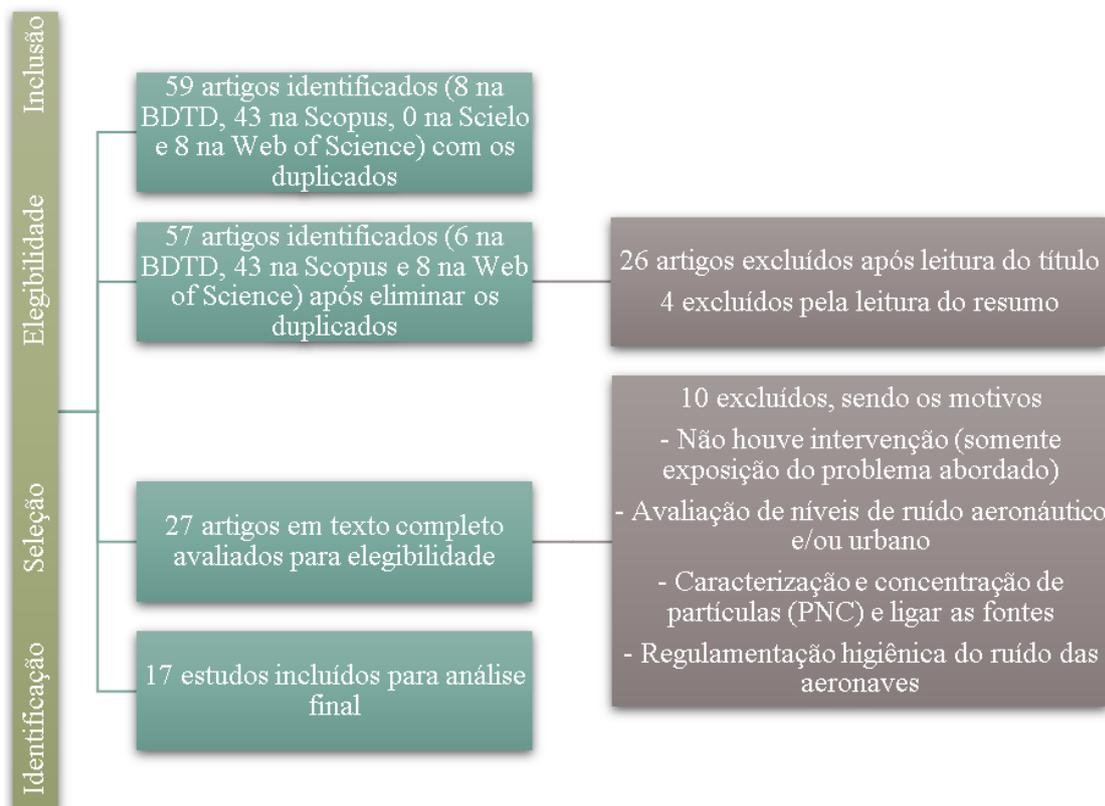


Figura 1: Estratégia de busca (limite de data de publicação entre janeiro de 2013 e dezembro de 2022) e fluxograma das etapas de revisão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pesquisou-se por artigos que correspondessem às expressões de busca. Na sequência foram elaboradas figuras e tabelas com os dados obtidos, apresentadas na Subseção 3.1. Além disso, foram identificados os documentos que responderam ao questionamento da pesquisa e os estudos que abordaram o tema de forma incompleta, parcialmente atendendo à busca, através da análise da metodologia, na Subseção 3.2.

3.1. Aspectos gerais da busca

De acordo com o mencionado, foram identificados 59 documentos seguindo a estratégia de busca descrita na metodologia. Desse total, 8 foram encontrados na BDTD, nenhum na base Scielo, 43 na base Scopus e 8 na base Web of Science, totalizando os 59 documentos. Após a remoção de documentos duplicados, 2 foram excluídos, resultando em 57 documentos elegíveis para a fase de análise.

Nas bases Scopus e Web of Science, observou-se a predominância da publicação de artigos em revistas/periódicos, seguido da publicação de artigos em congressos, e em terceiro lugar, capítulo de livro. Teses e dissertações foram obtidas apenas por parte da base BDTD, conforme observados na Figura 2.

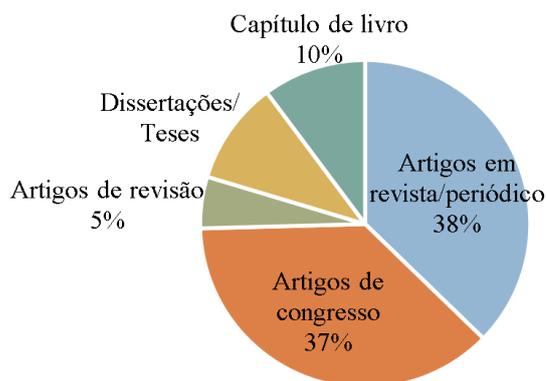


Figura 2: Principais tipos de publicações a partir da busca desenvolvida.

Dentre os resultados, a maior parte das referências encontradas estão inseridas na área de engenharia, o que corresponde a 20,5% do total,

enquanto a área das ciências sociais corresponde a 18,5% e Física e Astronomia, por sua vez, a 14,7% (Figura 3).

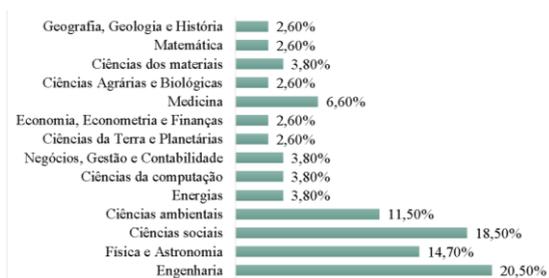


Figura 3: Principais áreas abordadas nas publicações a partir da busca desenvolvida.

Conforme estabelecido na estratégia de busca, as publicações encontradas datam de 2013 até o ano de 2022. O maior número de publicações enquadra-se no ano de 2016 com 9 documentos científicos, seguido pelo ano de 2019 com 8 publicações. O número de produções no decorrer dos 10 anos de consulta não é constante (Figura 4).

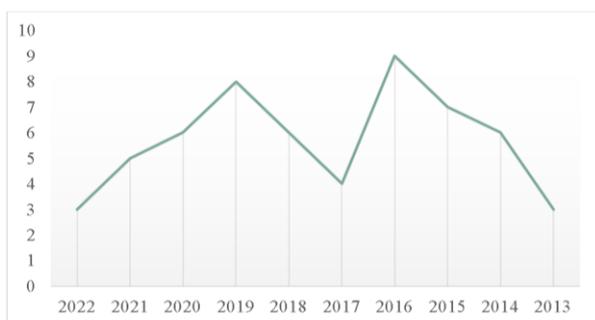


Figura 4: Quantitativo de publicações por ano a partir da busca desenvolvida.

Quadro 1: Seleção de artigos que abordam a temática: controle e minimização do ruído aeronáutico, a partir da busca por ordem cronológica crescente, apresentando os títulos em português.

Autor	Ano	Títulos	Periódico	Origem
[14]	2014	Avaliação ambiental estratégica e auxílio multicritério à decisão: um estudo sobre as possíveis contribuições ao planejamento aeroportuário	Dissertação UNI-CAMP	Brasil
[18]	2014	Participação pública em medidas para reduzir o ruído na Alemanha	Internoise 2014	Alemanha
[19]	2014	Adaptação jurídica do estabelecimento de rotas de voo - análise do déficit e propostas de reforma	Internoise 2015	Alemanha
[27]	2014	Caracterização do ruído e gestão dos aeroportos das cidades italianas: Experiências e propostas	Forum Acusticum, FA 2014	Itália

Os dados coletados nas bases de dados indicam que o Brasil é o país com o maior número de publicações científicas, representando 27% do total, seguido pela Alemanha e pelos Estados Unidos. Esse destaque se deve em grande parte às publicações da BDTD, uma base de pesquisa nacional (Figura 5).

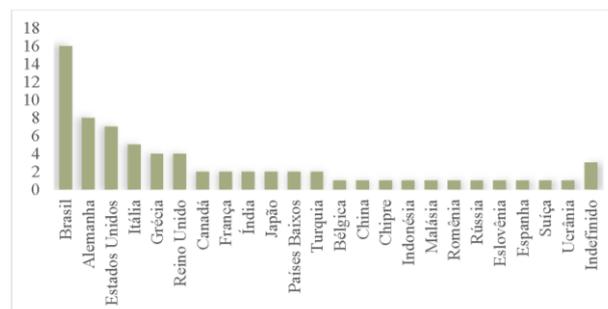


Figura 5: Publicações por países a partir da busca desenvolvida.

Boa parte dos artigos científicos nacionais são provenientes das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Apesar de os autores terem uma preferência por publicar em revistas nacionais, é importante destacar que a indicação do país se refere à origem da pesquisa.

Foram selecionadas 17 pesquisas que abordam o controle e minimização do ruído aeronáutico em ambientes construídos, datados de 2014 a 2021. Estas publicações incluem revistas/periódicos, artigos de congressos e dissertações, conforme pode ser observado no Quadro 1.

[20]	2015	Planeamento de ações de ruído nos aeroportos em condições políticas difíceis - Métodos e procedimentos técnicos para um apoio bem-sucedido	Euronoise 2015	Alemanha
[26]	2016	Cartografia estratégica do ruído e planos de ação para os aeroportos internacionais de Larnaca & Pafos em Chipre	ICSV 2016	Chipre
[22]	2017	Dez anos após a alteração da Lei para a Proteção contra o Ruído Aeronáutico (FluLarmG): Objetivo alcançado?	Larmbekämpfung	Alemanha
[15]	2018	Dinâmicas urbanas e operações aeroportuárias: estudo do Aeroporto de Congonhas/SP	Dissertação UNB	Brasil
[16]	2018	Medidas de Sustentabilidade Ambiental para Aeroportos	Sustainable Development, International Aviation, and Treaty Implementation	Brasil
[21]	2018	Medidas de Ruído para o Reforço da Função Aeroportuária no Aeroporto Internacional de Narita	Internoise 2018	Japão
[24]	2019	Plano de ação contra o ruído no Aeroporto Internacional de Atenas (A.I.A.)	ICSV 2019	Grécia
[30]	2019	Uma abordagem holística da certificação ambiental dos aeroportos verdes	Sustainability (Switzerland)	Espanha e Estados Unidos
[17]	2020	Política de uso do solo nas imediações dos aeroportos: Análise e lições aprendidas com a situação brasileira	Land Use Policy	Brasil
[23]	2020	Mapeamento estratégico do ruído no aeroporto internacional de Atenas	Noise Mapping	Grécia
[25]	2021	Desenvolvimento e planeamento de aeroportos sustentáveis	Journal of Public Affairs	Índia
[28]	2021	Sistemas de múltiplos aeroportos: O (re)desenvolvimento de aeroportos mais antigos, tendo em conta as questões de poluição sonora	Transport Policy	Bélgica, China, Itália, Japão e Estados Unidos
[29]	2021	Exemplificação de estudos de casos como foco para a implementação das melhores práticas relacionadas com a gestão do ruído das aeronaves nos aeroportos	Internoise 2021	Reino Unido, Eslovénia, Roterdão, Países Baixos, Ucrânia e Roménia

Foi possível constatar que a maioria das referências encontradas estão relacionadas à área de Ciências Ambientais. 9 estudos incluem essa área como foco, dos 17 documentos analisados nesta pesquisa. As Ciências Sociais também se destacam, com 8 estudos. Em seguida, encontramos artigos relacionados à Engenharia, presentes em 3 estudos cada, totalizando 6 pesquisas. É importante salientar que a classificação das áreas de estudo foi fornecida pelas bases de dados e que os artigos analisados podem estar enquadrados em uma, duas ou até três áreas distintas.

Quanto ao local dos objetos de estudo das pesquisas selecionadas, há quatro artigos desenvolvidos no Brasil, com os trabalhos de Teixeira [14]; Silva [15]; Sameh e Santos [16] e Silva, Santos e Gomes [17], em seguida a Alemanha com quatro trabalhos: Zeisler *et al.* [18]; Zeisler *et al.* [19], Petz e Leitenstorfer [20] e Arps; Brohmann e Schutte [21].

Já os demais artigos, sendo um artigo por um ou mais países, são do Japão, Ogata *et al.* [22], Grécia, Vogiatzis *et al.* [23] e Vogiatzis [24], Índia Chourasia, Jha e Dalei [25], Chipre, Glekas *et al.* [26] e Itália, Kountouras *et al.* [27].

Por fim, três dos trabalhos selecionados apresentam integração da pesquisa realizada em países como Bélgica, China, Itália, Japão e Estados Unidos, conforme Dobruszkes *et al.* [28]. Também incluem a pesquisa realizada no Reino Unido, Eslovênia, Roterdã, Países Baixos, Ucrânia e Romênia, de acordo com Konovalova *et al.* [29], e a pesquisa realizada na Espanha e nos Estados Unidos, segundo Comendador, Valdés e Lisker [30].

A partir das palavras-chaves fornecidas pelos bancos de dados, foi possível elaborar a nuvem de palavras (Figura 6), na qual pode-se observar as palavras mais recorrentes nos artigos analisados. A palavra-chave mais presente foi aeroportos, seguida de poluição sonora, impacto ambiental, aeronaves e habitação.



Figura 6: Nuvem de palavras a partir do resultado da busca de documentos do estudo.

3.2. Abordagem de controle do ruído

O estudo de Teixeira [14] utilizou a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) para analisar os impactos ambientais de um aeroporto. O objetivo era criar diretrizes sustentáveis para um Plano Diretor Aeroportuário, usando os princípios da AAE e do Auxílio Multicritério à Decisão (AMCD).

Já o estudo de Zeisler *et al.* [18] na Alemanha, destaca a importância do envolvimento do público nas estratégias de redução de ruído, de acordo com a Diretiva Europeia. Os autores apontam que a comunicação abrangente é fundamental, mas não suficiente para garantir uma decisão equilibrada.

A participação do público é essencial para uma decisão bem-sucedida, principalmente em projetos de grande porte como a expansão de um aeroporto [18]. Nesse sentido, é fundamental

incluir a opinião e participação de todos os envolvidos, a fim de reduzir o impacto do ruído nas proximidades, conforme destacado por Zeisler *et al.* [19] em seu estudo sobre a exposição ao ruído em aeroportos internacionais. Além disso, o estudo aborda a importância das rotas de voo individuais e as futuras expansões do aeroporto em questão, que desafiam a legislação alemã [19].

Kountouras *et al.* [27] destacam a problemática da presença de aeroportos urbanos próximos a aglomerações, causando incômodo sonoro em um número crescente de pessoas. O estudo proposto no projeto *Sonus*, focado no aeroporto de Roma-Ciampino como caso piloto nacional de infraestruturas de transporte, busca identificar aspectos críticos, especialmente considerando o planejamento urbano [27].

Os diversos planos urbanos mencionados na pesquisa delineiam elementos de uma paisagem sonora/holística, que serão objeto de experimentação e implementação na próxima fase da investigação. Isso promoverá uma triangulação entre as metodologias utilizadas no campo da acústica urbana [27].

O estudo realizado por Petz e Leitenstorfer [20], assim como Zeisler *et al.*, [19] analisou cidades alemãs como objeto de estudo, com foco no projeto de planejamento de ações de ruído em torno do aeroporto de Berlim-Brandenburg. Vários setores públicos foram envolvidos e a Alemanha buscou fornecer apoio especializado e coordenar os responsáveis nos municípios próximos ao aeroporto. Uma das propostas do plano de ações inclui a avaliação detalhada das rotas de voo alternativas, solicitada pela maioria das comunidades afetadas pelo ruído na região circundante do aeroporto. Esse método de avaliação pode ajudar a fornecer uma análise objetiva dos efeitos sonoros [20].

Glekas *et al.* [26] analisaram os Aeroportos Internacionais de Larnaca e Pafos, no Chipre, centrados no desenvolvimento de um Mapeamento Sonoro Estratégico (*Strategic Noise Mapping* - SNM) & Planos de Ação de Ruído (*Noise Action Plans* - NAP).

A metodologia da pesquisa envolveu medições sonoras em período diurno e noturno, utilizando um Sistema de Informação Geográfica e o *software* CadnaA para analisar o ruído das aeronaves [26].

Na pesquisa de Glekas *et al.* [26], foram propostas algumas recomendações: a) utilizar o solo levando em consideração os níveis de ruído estimados nas áreas ao redor dos aeroportos de Larnaca e Pafos; b) desenvolver um programa de monitoramento do ruído nos aeroportos, utilizando estações móveis e fixas para acompanhar os níveis de ruído; c) realizar intervenções de isolamento acústico em edifícios residenciais e outros expostos ao ruído; d) promover uma campanha de informação e sensibilização nas comunidades locais sobre o ruído como uma questão ambiental.

Arps, Brohmann e Schutte [21] propõem medidas para proteger a população das áreas próximas aos aeroportos dos impactos negativos causados pelo ruído das aeronaves. Para isso, sugerem restrições na construção e a utilização de isolamento sonoro nas estruturas. O artigo analisa os resultados de um inquérito sobre o tema e apresenta conclusões, além de propor novas ações para a implementação da legislação de proteção contra o ruído das aeronaves.

No Brasil, Silva [15] discute os conflitos entre leis urbanas e aeroportuárias, destacando que a falta de integração entre os planos de desenvolvimento pode gerar problemas na operação de aeroportos e no crescimento urbano. A pesquisa sugere que a solução para esses conflitos está na integração entre os instrumentos urbanos e aeroportuários, com a produção efetiva do Plano Diretor e do Zoneamento Urbano. Além disso, propõe o disciplinamento do parcelamento do solo e da ocupação urbana, a criação de áreas de proteção ao redor dos aeroportos e a exigência de Estudos de Impacto antes da aprovação de planos aeroportuários [15].

Ogata *et al.* [22] abordam em sua pesquisa medidas para melhorar a eficiência do Aeroporto Internacional de Narita, no Japão, visando aumentar sua capacidade. Inicialmente, foi planejado reduzir o horário de restrição de voos de 7 horas (23:00 - 06:00) para 4 horas (01:00-05:00) durante a noite. No entanto, devido à resistência dos moradores locais, o plano foi ajustado para um período de 4 horas e 30 minutos (0:30-05:00) [22].

Sameh e Santos [16] enfatizam a importância de tornar os aeroportos sustentáveis, considerando que seu crescimento traz benefícios econômicos e sociais, mas não deve gerar impactos ambientais negativos. Para alcançar esse objetivo, é necessário analisar todos os aspectos envolvidos e desenvolver uma abordagem sustentável eficaz.

Estudos cuidadosos são essenciais para definir as capacidades e restrições ambientais dos aeroportos, levando em conta os diversos parâmetros sociais, econômicos e ambientais.

Comendador, Valdés e Lisker [30] discutem nos Estados Unidos a importância de abordagens holísticas para otimizar a gestão ambiental em aeroportos. Eles analisam os diversos impactos ambientais, como ruídos, qualidade da água, qualidade do ar e emissão de poluentes, decorrentes das atividades aeroportuárias. A pesquisa resultou no desenvolvimento do sistema de certificação ambiental "Aeroporto Verde", que engloba todas as estruturas do aeroporto, como edifícios, instalações e sistemas de navegação aérea.

Desenvolvida em Atenas, Grécia, a pesquisa de Vogiatzis *et al.* [23] aborda os estudos necessários para o Mapa Estratégico do Ruído (SNM). Nesse estudo, foram propostas ações com base em dados precisos de tráfego aéreo e rotas de voo para eliminar os efeitos do ruído das aeronaves nas áreas próximas ao aeroporto, além de introduzir medidas abrangentes de mitigação do ruído. O Plano de Ação inclui procedimentos de mitigação do ruído que foram estabelecidos antes da abertura do aeroporto e/ou durante seu funcionamento [23].

Segundo Silva, Santos e Gomes [17], os conflitos entre aeroportos e comunidades próximas devem aumentar no futuro. Eles apontam a regulação do uso do solo como uma ferramenta importante para minimizar esses impactos e permitir o desenvolvimento da Aviação Civil sem prejudicar os moradores locais. Essa regulação envolve a definição de restrições de uso do solo nas áreas próximas aos aeroportos, levando em consideração os níveis de ruído.

É relevante ressaltar que as restrições de uso do solo ao redor dos aeroportos brasileiros existem desde 1966, quando foi estabelecido um "Plano de Zona de Proteção" com o objetivo de evitar interferências no tráfego aéreo causadas por construções altas [17].

Vogiatzis *et al.* [23] realizaram um estudo que demonstrou como a combinação da implementação das diretivas europeias 2002/49 e 2015/996, juntamente com a utilização da abordagem de Anos de Vida Ajustados por Incapacidade (DALYs), pode ser uma ferramenta eficaz para avaliar o ambiente acústico. Por

meio do uso do mapa de ruído estratégico, a pesquisa conseguiu identificar problemas de ruído, localizar áreas com níveis excessivos de ruído ou excessivamente silenciosas e verificar se os níveis estavam dentro dos limites legais estabelecidos.

Vogiatzis *et al.* [24] apresentaram suas pesquisas no ano de 2020, com a participação do setor privado, uma parceria público-privada internacional pioneira. O estudo utiliza em sua pesquisa a ferramenta do mapa de ruído estratégico, devido ao seu auxílio de diagnóstico dos problemas sonoros, controle e identificação de regiões silenciosas e com ruído excessivo ou superiores aos limites permitidos pela legislação. A pesquisa enfatiza que, de acordo com a Diretiva Europeia 49/2002, o estudo deve ser repetido a cada 5 anos.

Neste estudo de pesquisa, foi realizado uma análise comparativa dos dados de tráfego dos anos 2016 e 2018. Os resultados do modelo acústico foram utilizados para criar os Mapas Estratégicos de Ruído para período diurno e noturno [24].

Konovalova *et al.* [29] analisaram seis estudos de casos de aeroportos no projeto europeu "ANIMA" e avaliaram a eficácia da gestão do ruído. Os resultados mostraram que os impactos do ruído devem ser compartilhados entre a comunidade, em vez de beneficiar apenas uns em detrimento de outros. O envolvimento da comunidade e das partes interessadas desempenha um papel importante na busca do equilíbrio entre ruído e emissões [29].

Chourasia, Jha e Dalei [25] argumentam que os aeroportos afetam negativamente os ambientes circundantes, a ecologia e a sociedade. Nesse sentido, a implementação de um "desenvolvimento sustentável" nos aeroportos pode melhorar os benefícios sociais, financeiros e operacionais, além de diminuir os impactos negativos no ambiente. Para alcançar uma melhor preservação e proteção ambiental nos aeroportos, é essencial incorporar o conceito de sustentabilidade no planejamento aeroportuário [25].

Dobruszkes *et al.* [28] conduziram estudos de caso em diversas cidades, incluindo Tóquio, Xangai, Paris, Milão, Houston e Roma, a fim de analisar os efeitos do ruído nos aeroportos. Devido à falta de dados padronizados, a análise quantitativa foi prejudicada, levando o estudo a adotar uma abordagem qualitativa. As autoridades públicas mostraram resistência em lidar com a questão do ruído nos aeroportos, sejam eles antigos ou mais recentes.

É fundamental que os aeroportos mais antigos, localizados em regiões urbanas densas, sejam desativados em benefício dos retornos sociais e econômicos obtidos com investimentos em aeroportos mais modernos. Caso não sejam fechados, devem ser estabelecidas normas rígidas para redistribuir o tráfego para aeroportos periféricos, evitando, assim, a sobrecarga nos aeroportos antigos [28].

Em resumo, há um aumento dos conflitos entre aeroportos e comunidades locais. A regulamentação do uso do solo através de restrições baseadas em contornos de ruído é uma ferramenta utilizada para minimizar esses impactos.

A implementação de políticas sustentáveis nos aeroportos também é uma forma de melhorar os benefícios sociais e financeiros, além de diminuir os impactos negativos no ambiente.

4. PROPOSTAS E DIRETRIZES

Um resumo dos trabalhos já mencionados é apresentado abaixo, com as principais diretrizes e propostas para o controle do ruído aeronáutico:

- i. Envolvimento do público nas estratégias de redução do ruído, com comunicação abrangente e participação nas decisões.
- ii. Avaliação robusta das rotas de voo alternativas para redução do impacto do ruído das aeronaves.
- iii. Implementação de intervenções de isolamento sonoro em edifícios expostos ao ruído.
- iv. Desenvolvimento de programas de monitorização do ruído nos aeroportos.

- v. Campanhas de informação pública e sensibilização sobre o ruído como uma questão ambiental.
- vi. Restrições de construção e isolamento sonoro estrutural para proteção da população das áreas circundantes dos aeroportos.
- vii. Integração entre os instrumentos urbanos e aeroportuários para resolver conflitos e assegurar o desenvolvimento urbano.
- viii. Disciplinamento do parcelamento do solo e uso do solo nas áreas impactadas.
- ix. Estabelecimento de parques recreacionais ou faixas verdes como cinturão de proteção contra o impacto operacional aeroportuário.
- x. Intervenções nas edificações próximas às pistas para redução do impacto sonoro.
- xi. Implementação de medidas abrangentes de mitigação do ruído com base em dados precisos de tráfego aéreo e rotas de voo.
- xii. Incorporação do conceito de sustentabilidade no planejamento aeroportuário para melhor preservação ambiental.
- xiii. Encerramento de aeroportos mais antigos localizados em áreas urbanas densas, se necessário, para evitar o aumento do tráfego e impacto do ruído.

Recomenda-se garantir convivência harmoniosa entre aeroportos e comunidades locais para desenvolvimento regional sustentável e equilibrado. Autoridades públicas devem enfrentar questões de ruído e considerar fechamento de aeroportos antigos em áreas urbanas densas.

Mais pesquisas são necessárias para entender sensibilidade ao ruído em contextos culturais diversos e resolver conflitos relacionados ao ruído.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise dos artigos científicos, foi observado que a produção teve oscilações ao longo de um período de 10 anos. Houve um aumento nos estudos entre 2013 e 2016, seguido por uma queda em 2017 e posterior retomada até 2019. Nos anos seguintes, ocorreu uma queda significativa, possivelmente devido à

pandemia de COVID-19, que impactou a elaboração de trabalhos que necessitam de dados urbanos, medições sonoras e/ou entrevistas.

Sugere-se que estudos futuros explorem outras bases de dados científicos e utilizem um maior número de expressões de busca. Além disso, é aconselhável realizar pesquisas sobre "smart cities" e cidades verdes, considerando o ruído aeronáutico em seus aeroportos e buscando uma análise integrada e abrangente dos parâmetros ambientais.

Os resultados obtidos revelaram novas tendências de pesquisa na área de controle de ruído, como a utilização de metodologias quantitativas e mistas, como as aplicadas em paisagens sonoras. Ainda que não tenham sido utilizadas em estudos, essas metodologias são mencionadas em algumas pesquisas.

Para futuras investigações, é recomendada a aplicação de questionários e uma maior interação com as populações afetadas, a fim de embasar a criação de diretrizes e propostas de redução do ruído. É essencial o envolvimento do poder público para implementar medidas de prevenção e controle do ruído nas proximidades dos aeroportos.

É fundamental realizar pesquisas mais abrangentes, considerando os diversos aspectos envolvidos na redução do ruído, a fim de criar diretrizes e instrumentos urbanísticos e projetuais e embasar a tomada de decisão no planejamento de cidades saudáveis.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas (PPGAU/UFAL) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. OLIVEIRA, Stella Rosane da Silva. *Desenvolvimento de diretrizes para redução do impacto do ruído aeroportuário*: Estudo do Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal de Alagoas. Programa de Pós-Graduação de Arquitetura. Maceió, 2022. 132 p. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/10553>. Acesso em: 19 mar. 2023.

2. EUROPEIA. J. O. 2002/49/CE. *Diretiva (UE) 2015/996* da Comissão. Estabelece métodos comuns de avaliação do ruído de acordo com a Diretiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. ("EUR-Lex - 32015L0996 - EN - EUR-Lex - Europa") União Europeia. 15 de junho de 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32015L0996>. Acesso em: 14 mar. 2023.

3. ABNT. NBR 8.572: Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico. Rio de Janeiro, 1984.

4. MIGUENS, Agustín. Aena continúa insonorizando viviendas cercanas a aeropuertos de su red. *Aviacionline.com*, 27 fev. 2023. Disponível em: <https://www.aviacionline.com/2023/02/aena-continua-insonorizando-viviendas-en-alrededores-de-aeropuertos-de-su-red/> 14 mar. 2023.

5. ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – *RBAC 161*: Planos de zoneamento de ruído, aprovado pela Resolução nº 202 de 28 de setembro de 2011.

6. KAISER R. *Impacto de NLAS para o sistema de desembarque do TPS 1 do aeroporto internacional do Rio de Janeiro (GALEÃO)*. Dissertação (Mestrado) Pós-graduação em Engenharia de Produção – COPPE. Rio de Janeiro – RJ. 2012.

7. GARCIA, O. F. *O aeroporto de Congonhas e a cidade de São Paulo*: Uma história de afinidade e conflitos. ("Staff View: O Aeroporto de Congonhas e a cidade de São Paulo: uma ...") Dissertação (Mestrado) Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP. Faculdade de Geografia. São Paulo, 2015.

8. DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, M. C.; TAKAHASHI, R. F.; BERTOLOZZI, M. R. Revisão sistemática: noções gerais. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. v. 45. São Paulo, 2011. disponível em: <https://www.scielo.br/j/reeusp/a/CRjvBKKvRRGL7vGsZLQ8bQj/#>. Acesso em: 14 mar. 2023.
9. SANTOS, M. A. R. dos; SANTOS, C. A. F. dos; SERIQUE, N. S.; LIMA, R. R. Estado da arte: aspectos históricos e fundamentos teórico-metodológicos. *Revista Pesquisa Qualitativa*. São Paulo, v. 8, n. 17, p. 202-220, ago. 2020.
10. MOTA, L. C. C., HIRASHIMA, S. Q. DA S., AZEVEDO, R. C. Elaboração e análise de portfólio bibliográfico sobre mapeamento sonoro urbano utilizando o PROKNOW-C. *XV ENCAC -XI ELACAC*. João Pessoa: ENCAC. . 2019.
11. LIMA, J. C.; SILVA, J. T.; OLIVEIRA, S. R. S.; BARBOSA, R. V. R.; OITICICA, M. L. G. R. Vista do Clima urbano e poluição sonora: revisão da literatura a partir da abordagem integrada, *The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC*, v. 07. n. 01. Viçosa-MG, 2021. disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/11988/6518>. Acesso em: 14 mar. 2023.
12. FERREIRA, Norma Sandra De Almeida. As pesquisas denominadas “estado da arte”. *Educação & Sociedade*, Campinas, ano XXIII, n. 79, p. 257-272, ago. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/vPsyhSBW4xJT48FfrdCtqfp/>. Acesso em: 14 mar. 2023.
13. SANTOS, A. M. R.; SANTOS, C. A. F.; SERIQUE, N. S.; LIMA, R. R. Estado da arte: aspectos históricos e fundamentos teórico-metodológicos. *Revista Pesquisa Qualitativa*. São Paulo, SP, v. 8, n. 17, p. 202-220, ago. 2020.
14. TEIXEIRA, B. B. *Avaliação ambiental estratégica e auxílio multicritério à decisão: um estudo sobre as possíveis contribuições ao planejamento aeroportuário*. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP. 2014. 156 p.
15. SILVA, E. S. *Dinâmicas urbanas e operações aeroportuárias: Estudo do Aeroporto de Congonhas/SP*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, 2018. 144 p. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/32666> . Acesso em: 18 mar. 2023.
16. SAMEH, M. M; DOS SANTOS, J. M. S. Environmental Sustainability Measures for Airports. *Sustainable Development, International Aviation, and Treaty Implementation*. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85139329909&doi=10.1017%2f9781316594216.005&origin=inward&txGid=ca04394b1e16057d57ddfd29d48a4ac2>. Acesso em: 18 mar. 2023.
17. SILVA, B. A. C.; SANTOS, G. S.; GOMES, R. D. A. Land use policy in the vicinity of airports: Analysis and lessons learned from the Brazilian situation. *Land Use Policy*, jan. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837716302757>. Acesso em: 18 mar. 2023.
18. ZEISLER, A.; DAVY J.; BURGESS M.; DON C.; DOWSETT L.; MCMINN T.; BRONER N. Public participation at measures to reduce noise in Germany. 3rd International Congress on Noise Control Engineering: Improving the World Through Noise Control, *INTERNOISE*, 2014.
19. ZEISLER, A.; APPEL, P.; THIERBACH, R.; MALING G.; BURROUGHS C. Legal adaptation of the establishment of flight routes - deficit analysis and reform proposals. 44th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, *INTERNOISE*, 2015.
20. PETZ, M.; LEITENSTORFER, U. Noise action planning at airports under difficult political conditions - Technical methods and procedures for successful support. 10th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering, *Euronoise*, 2015.

21. OGATA, S.; IMAI, D.; HORI, S.; TAMAKI, K. Noise measures for the enhancement of airport function at Narita International Airport. 47th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering: Impact of Noise Control Engineering, *INTERNOISE* 2018.
22. ARPS, H.; BROHMANN, B.; SCHUTTE, S. Ten years after the amendment to the Act for the Protection against Aircraft Noise (FluLarmG): Goal achieved? A discussion from the perspective of Science. *Larmbekämpfung* - 6 ed, v. 12, p. 186-193, 2017.
23. VOGIATZIS, K.; DIMITRIOU, D.; GEROLYMATOU, G.; KONSTANTINIDIS, A. Strategic noise mapping in athens international airport: A tool for balanced approach & health effects evaluation. *Noise Mapping* – v. 7, p. 87-98. 2020.
24. VOGIATZIS, K.; DIMITRIOU, D.; KONSTANTINIDIS, A.; GEROLYMATOU, G. The Noise Action plan in the Athens International Airport (A.I.A) «eleftherios Venizelos» - Evaluation of rules and procedures regarding noise relating measures and restrictions within a balanced approach. 26th *International Congress on Sound and Vibration, ICSV*, 2019.
25. CHOURASIA, A. S.; JHA, K.; DALEI, N. N.; Development and planning of sustainable airports. *Journal of Public Affairs* – v. 21. 2021.
26. GLEKAS, I.; VOGIATZIS, K.; ANTONIADIS, C.; DYNAMIC ACOUSTICS S.A.; HELLENIC ASSOCIATION; PEMARD; T. Strategic noise mapping & action plans for the international airports of Larnaca & Pafos in Cyprus. 23 ed. *International Congress on Sound and Vibration, ICSV*, 2016.
27. KOUNTOURAS, M.; CURCURUTO, S.; MAZZOCCHI, E.; SACCHETTI, F.; SILVAGGIO, R.; VACCARO, L. Noise characterization and management of Italian city airports: experiences and proposals. *Forum Acusticum*, 2014.
28. DOBRUSZKES, F.; GRIPPA, T.; HANAOKA, S.; LOKO, Y.; REDONDI, R.; VOWLES, T.; WANG, J.; Multiple-airport systems: The (re)development of older airports in view of noise pollution issues. *Transport Policy* – v. 114, p. 298-311. 2021.
29. KONOVALOVA, O.; ZAPOROZHETS, O.; OHLENFORST, B.; PEERLINGS, B.; AALMOES, R.; RADULESCU, D.; BURTEA, N.; DRAGASANU, L.; HOOPER, P.; HEYES, G.; JERAM, S.; DARE T.; BOLTON S.; DAVIES P.; XUE Y.; EBBITT G.; PLITEQ. Exemplification case studies as a focus for the implementation of best practices related to aircraft noise management at airports. 50th International Congress and Exposition of Noise Control Engineering, *INTERNOISE*, 2021.
30. COMENDADOR, V. F. G.; VALDÉS, R. M. A.; LISKER, B. A holistic approach to the environmental certification of green airports. *Sustainability* (Switzerland) – v. 11, n. 15. 2019.