

# FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA

XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

## Expansion Impacts of Vitória Airport over Urban Noise

Rocha, D. R.<sup>1</sup>; Torres, J. C. B.<sup>2</sup>

Urban Engineering Program, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>1</sup> danielarrocha@poli.ufrj.br, <sup>2</sup> julio@poli.ufrj.br

### Resumo

Este trabalho apresenta uma análise do impacto ambiental do ruído após a expansão do Aeroporto Brasileiro Eurico de Aguiar Salles. O mapeamento de ruído e o sistema de informações geográficas foram usados para comparar os cenários urbanos antes e depois da reforma do aeroporto e da adição de uma segunda pista. Dados operacionais e informações de trajetória de voo foram usados para calcular as curvas de ruído das aeronaves, de acordo com métricas internacionais, como o Nível de Pressão Equivalente dos períodos diurno e noturno ( $L_D$  e  $L_N$ ) e o Nível Médio de Ruído Dia-Noite (DNL) sobre as adjacências do aeroporto. Sistemas de informações geográficas foram utilizados para o cruzamento de dados georreferenciados, da área de influência do ruído aeroportuário, e estatísticas populacionais para avaliar a porcentagem de cidadãos altamente incomodados. Os resultados são baseados em mapas temáticos, considerando dia da semana, período do dia e as métricas de ruído mais relevantes. Os principais resultados apontam para um aumento da área de influência de ruído do aeroporto. O ruído foi reduzido na maior parte da área de influência anterior, mas aumentou na cidade vizinha de Serra em aproximadamente 10 dB, principalmente no período noturno. A estimativa da população altamente incomodada aumentou 240%, aproximadamente, em relação ao cenário anterior à expansão do aeroporto.

**Palavras-chave:** Ruído urbano, Ruído aeroportuário, Pessoas Altamente Incomodadas.

**PACS:** 43.50.Lj, 43.50.Rq, 43.50.Sr.

### Noise Impacts from Vitória Airport Expansion

#### Abstract

This work presents an analysis of the environmental impact of noise after the expansion of the Eurico de Aguiar Salles Brazilian Airport. Noise mapping and geographic information system were used to compare urban scenarios before and after the airport renovation and the addition of a second runway. Operational data and flight path information were used to calculate the aircraft noise curves, according to international metrics such as the daytime and nighttime Equivalent Pressure Level ( $L_D$  and  $L_N$ ) and the Level Average Day-Night Noise (DNL) over the surroundings of the airport. Geographic information systems were used to cross-reference data from the airport's noise influence area and population statistics to assess the percentage of highly annoyed people. The results are based on thematic maps, considering day of the week, time of day and the most relevant noise metrics. The main results point to an increase in the area of influence of airport noise. Noise was reduced in most of the previous area of influence, but increased in the neighboring city of Serra by approximately 10 dB, mainly at night. The estimate of the highly annoyed population increased by approximately 240% in relation to the scenario prior to the expansion of the airport.

**Keywords:** Urban noise, Airport noise, Highly Annoyed People.



## 1. INTRODUÇÃO

A maioria das cidades brasileiras apresenta questões relativas à organização e ao controle do uso do solo. Consequentemente, vários conflitos surgem da adequação entre os usos do solo que são planejados e os reais. Um desses conflitos ocorre quando áreas protegidas contra ruído, delimitadas pelas autoridades municipais, são ocupadas irregularmente [1]. A falta de controle sobre essas áreas possibilita o crescimento de favelas e bairros pobres, que demandam serviços do Estado, como educação, saúde, transporte e saneamento. Quando essas comunidades estão localizadas dentro da zona de proteção contra ruído do aeroporto, surgem também outras questões relacionadas à saúde e ao bom desenvolvimento das atividades humanas, como problemas de aprendizado ou lazer [2].

O ruído urbano está entre as três maiores fontes de poluição do planeta, com graves consequências para a saúde humana [3, 4]. A poluição sonora provocada pelo setor aeroportuário também tem forte impacto no planejamento urbano, pois afeta diversos setores econômicos. Em termos de saúde, o planejamento urbano também deve garantir que as instalações aeroportuárias não sejam prejudiciais às atividades humanas e *vice-versa* [5, 6]. O impacto do ruído sobre as áreas adjacentes está relacionado, principalmente, às condições operacionais, tais como tipos de aeronaves, procedimentos de pouso e decolagem, a frequência e as trajetórias dos voos [7].

A exposição ao ruído em altos níveis e/ou por tempo prolongado pode danificar o sistema auditivo, causando diversas perdas e doenças, tais como trauma acústico, alterações temporárias ou permanentes na percepção dos níveis acústicos e perda auditiva [8]. Problemas auditivos estão relacionados a distúrbios que podem afetar o comportamento físico, neurológico e social [9], podendo ser decorrentes da má qualidade do sono [10] ou de ambientes de trabalho ruidosos [8, 11].

Em 2020, Taufner et al [12] apresentaram um estudo sobre o impacto do ruído em uma área urbana, causado pelo Aeroporto Eurico de Aguiar Salles, localizado na cidade de Vitória, Espírito Santo, Brasil. Vários aspectos importantes sobre a aplicabilidade de métricas e de índices de ruído

padronizados em receptores críticos, como escolas e hospitais, foram apontados. Nesses tipos de prédios, o barulho pode ser mais incômodo e causar outros distúrbios. Dependendo da frequência e da altitude do voo, por exemplo, um professor pode ser interrompido várias vezes por hora para aguardar a passagem da aeronave [13]. Durante esse período, as crianças podem se distrair e perder o foco no conteúdo da aula. Em hospitais e asilos, por exemplo, o sobrevoo durante a noite também pode causar distúrbios do sono e trazer efeitos secundários à saúde [4, 10]. Desde a investigação de Taufner, o aeroporto aumentou sua capacidade e uma segunda pista foi adicionada.

Este artigo apresenta uma comparação da área de influência do ruído do aeroporto, antes e depois da sua expansão, e seu impacto sobre a população do entorno. A metodologia aplicada consistiu em gerar mapas de ruído com base em dados operacionais de voo, no software de simulação INM e combinar esses níveis com dados da população dentro da área de influência do aeroporto, para avaliar e o impacto do ruído e quantificar a população altamente incomodada.

## 2. A EXPANSÃO DO AEROPORTO DE VITÓRIA

O aeroporto de Vitória foi fundado na década de 1930 e sua expansão estava prevista desde a década de 1990, devido ao crescimento da demanda por transporte aéreo de cargas. Embora a expansão do aeroporto tenha começado a ser planejada desde 2004, sua reforma somente teve início em 2015. Em 2018, foi concluída a ampliação do aeroporto e inaugurado um novo terminal de passageiros e de cargas, juntamente com a inclusão de uma segunda pista. A figura 1 mostra a área do aeroporto e seus arredores. Cabe ressaltar as áreas populacionais densas ao redor do aeroporto, onde vários prédios estão localizados a menos de 500 metros das pistas.

O sítio do aeroporto permaneceu inalterado, mantendo seus 5.249 milhões de metros quadrados (msm). A inclusão de uma nova pista e seu posicionamento considerou a segurança da operação de voo, evitando, por exemplo, montanhas, manobras radicais de aeronaves, forças do vento etc. À primeira vista, a posição da 2ª pista parecia ser a mais adequada, pois a maioria das operações de



**Figura 1:** Sítio do aeroporto após a expansão. Modificado do Google Earth, data da imagem: 01/06/2019.

decolagem e pouso são feitas sobre o mar. Por outro lado, a operação de voo no lado oposto da pista cria novas rotas acima do território terrestre, projetadas sobre outras duas cidades: Serra e Vila Velha. A Figura 2 apresenta uma comparação entre o sítio do aeroporto antes e após sua expansão.

A evolução dos passageiros entre 2004 e 2022 é apresentada na Fig.3, considerando pousos e decolagens de voos regulares e esporádicos. O pico de passageiros ocorreu em 2012 e, até 2019, o número de passageiros se manteve acima da média do período, ficando abaixo nos últimos anos devido o impacto da pandemia de Corona Vírus Disease 2019 (COVID-19) [15, 16].

### 3. MÉTRICAS DE RUÍDO E IMPACTO NA POPULAÇÃO

Avaliar como o ruído afeta cada cidadão de uma determinada área não é tarefa trivial, pois a resposta do indivíduo ao ruído também depende de suas experiências anteriores e de suas características fisiológicas. No entanto, em média, é possível estimar o percentual da população que estaria altamente incomodada e que poderia desenvolver perdas auditivas e/ou alterações comportamentais, de acordo com o nível de ruído e com o tempo de exposição [18]. Esse impacto é avaliado usando métricas ou descritores de ruído, com base na energia sonora média em um determinado período de tempo.

O principal descritor de ruído, definido em nor-

mas internacionais e adotado pelos órgãos reguladores brasileiros, é o Nível de Pressão Sonora Equivalente ( $L_{Aeq,T}$ ), dado por

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right], \quad (1)$$

onde  $p_A(t)$  é a pressão sonora, ponderada pela curva “A” [19] para compensação da característica não uniforme da percepção humana sobre os níveis de pressão sonora em função da frequência,  $p_0$  é a pressão sonora de referência, relativa ao mínimo som audível ( $20 \mu\text{Pa}$ ) e  $T = t_2 - t_1$  é o período genérico de integração entre os instantes inicial e final do cálculo,  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente.

O nível médio para um período de 12 horas do dia, entre 7:00h e 22:00h, é conhecido como Nível Dia ( $L_D$ ) e pode ser obtido por

$$L_D = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{\frac{L_{Aeq,T[n]}}{10}} \right) [\text{dB(A)}], \quad (2)$$

considerando  $N$  amostras de nível tomadas durante o período de medição  $T$ . Analogamente, O Nível Noite  $L_N$ , também é calculado pela Equação (2), exceto pelo fato de as amostras serem coletadas no período noturno, que varia de 22:00h até 07:00h do dia posterior.

A métrica de ruído usada pelas autoridades municipais e aeroportuárias para definir as zonas de proteção é o *Nível Médio de Ruído Dia-Noite*, DNL ou também  $L_{DN}$ . É dado pela média ponderada da energia sonora durante 24 horas, conforme a Eq. (3) [20], considerando o tempo em segundos e aplicando-se uma penalidade de 10 dB ao ruído medido durante o período noturno:

$$DNL = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{24} \left[ 15 \cdot 10^{\frac{L_D}{10}} + 9 \cdot 10^{\frac{(L_N+10)}{10}} \right] \right\}. \quad (3)$$

No Brasil, o uso do solo urbano é de responsabilidade das autoridades municipais e as políticas de regulamentação de ruído são baseadas na norma brasileira NBR 10151 (Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas) [21]. Essa norma estabelece os limites de ruído externo  $L_{Aeq,T}$ , de acordo com o uso do solo. Em contrapartida, o plano de zoneamento para ambientes aeroportuários leva em consideração a média acústica diurna DNL. Portanto, dois descritores

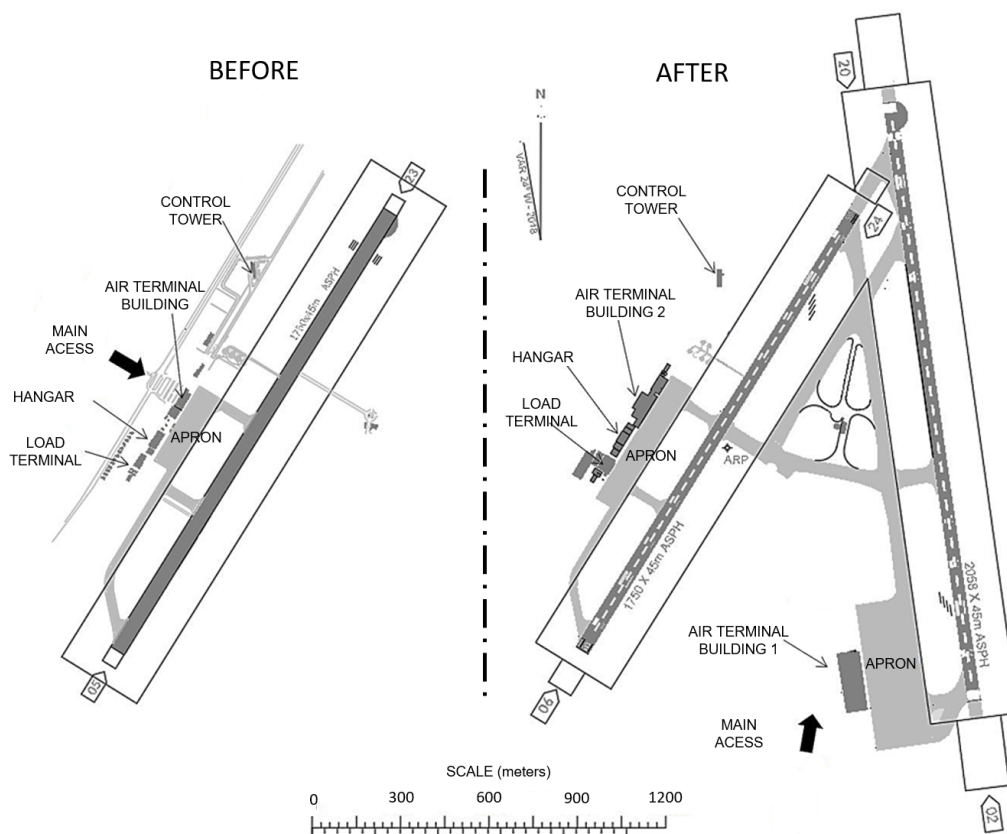


Figura 2: Aeroporto antes e depois da expansão. Modificado de [14].

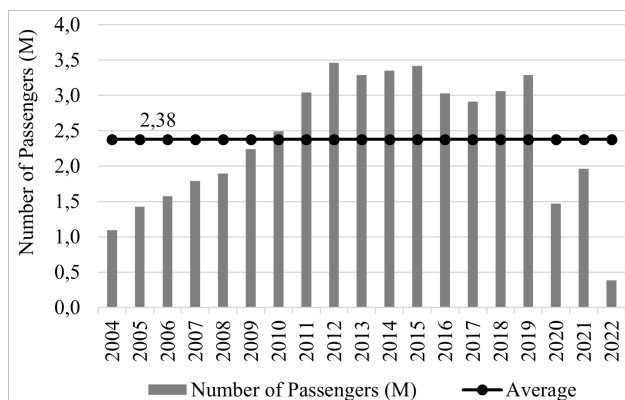


Figura 3: Evolução de passageiros após 2004, em milhões de pessoas por ano. Adaptado de [17]

semelhantes (mas distintos) são usados para propósitos diferentes na avaliação do ruído urbano.

### 3.1 Planos de Zoneamento de Ruído dos Aeroportos

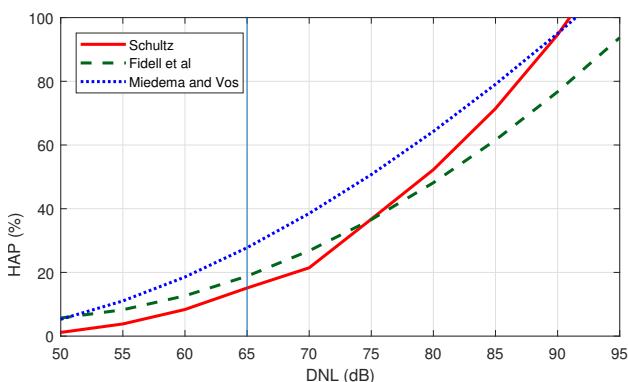
No Brasil, a empresa ou instituição gestora aeroportuária, denominada “operadora”, deve apresentar Planos de Zoneamento de Ruído (PZR) e fornecer planos de ação para mitigar os impactos do ruído. Os PZR podem ser elaborados como

“Básicos” ou “Específicos”, de acordo com o número médio anual de voos durante os últimos três anos. Se esta média for superior a 7.000 voos por ano, deve ser apresentado um Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR). Os PRZs apresentam, geograficamente, a área impactada pelas atividades de ruído aeroportuário. Devem ser mostradas as áreas mais afetadas, bem como aquelas de uso residencial e os locais onde receptores críticos, tais como hospitais ou escolas, não são permitidos. De posse dessas informações, os departamentos da Prefeitura relacionados ao planejamento urbano devem definir no Plano Diretor como o território deve ser ocupado.

O Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) engloba as curvas de ruído DNL de 65 e 75 dB, enquanto o PERZ inclui as curvas definidas por DNL de 65 a 85 dB, em intervalos de 5dB. Dentro das áreas delimitadas por tais curvas, devem ser avaliadas as recomendações de compatibilidade e uso do solo, como medidas de redução de ruído e as características construtivas dos edifícios para alcançar ambientes sonoros adequados.

### 3.2 População Altamente Incomodada

Desde a década de 50, diversos autores investigaram como avaliar o impacto do ruído aeroportuário sobre a população [22]. Schultz (1978) publicou uma síntese de pesquisas sociais sobre o incômodo causado pelo ruído do transporte. Com base no índice DNL, 11 pesquisas foram agrupadas em uma única curva, representando a “porcentagem de pessoas altamente incomodadas” (%HAP) de acordo com o nível de ruído [18]. Além do HAP, Schultz identificou comportamentos diferentes na mesma população investigada: 20% foi considerado altamente sensível ao ruído, enquanto 25% estava praticamente insensível ao ruído [23]. Diversas pesquisas confirmaram os resultados de Schultz e apontaram que o ruído aeroportuário é mais incômodo que o tráfego rodoviário [7, 23–25]. A Figura 4 apresenta a porcentagem da população altamente incomodada, de acordo com essas 3 abordagens. Apesar das diferenças, todos os resultados apresentam alta correlação entre aumento do nível sonoro e número de pessoas incomodadas. Neste trabalho, o modelo proposto por Miedema e Vos (1998) [23], cujos valores são semelhantes aos utilizados pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), foram utilizados para calcular a quantidade de pessoas impactadas.



**Figura 4:** Percentual de pessoas altamente incomodadas (HAP) em função do DNL, segundo diferentes autores. Adaptado de [7, 22].

## 4. ANÁLISE DO IMPACTO DO RUÍDO

A metodologia para avaliar com a expansão do aeroporto impactou no cenário acústico nos arredores do sítio aeroportuário é apresentada na Figura 5.

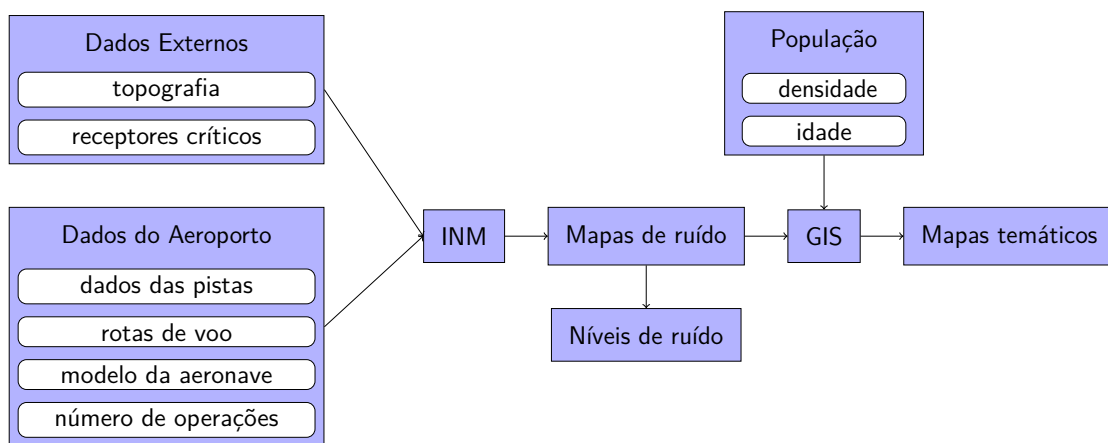
Primeiramente, os dados operacionais (2019) e

de geo-referenciamento do sítio do aeroporto são coletados para serem inseridos no simulador acústico INM [26]. INM é uma ferramenta de simulação acústica projetada especificamente para cálculo de ruído de tráfego aéreo. Várias planilhas e “shapefiles” são necessários para criar mapas de ruído e calcular os índices em pontos de localização específicos. Os dados de entrada incluem trajetórias de voo, modelos de aeronaves, topografia do local, coordenadas do receptor, procedimentos de pouso e decolagem, uso da pista e cronograma de voo. Parte desses dados é fornecida pelas autoridades aeroportuárias, enquanto outros podem ser obtidos no Google Maps ou ferramentas similares. Após a simulação, o software INM pode produzir diversos mapas de ruído, de acordo com os índices selecionados, tais como DNL ou  $L_D$ . A partir desses mapas, os níveis de ruído podem ser exportados para uma base georreferenciada e sobrepostos a dados populacionais, como densidade, idade ou características econômicas. Não é escopo do presente artigo apresentar detalhadamente todas as etapas e dados necessários à simulação, porém descrever de forma geral as principais etapas da metodologia.

Curvas de ruído entre 45 e 85 dB foram calculadas para os índices  $L_D$  e DNL, para ambos os cenários (antes e após a expansão), conforme apresentado, respectivamente, nas Figs. 6 e 7. Embora a definição do nível mínimo para avaliação de um PZR seja de 65 dB para métrica DNL, segundo o RBAC 161, as curvas acima de 45 dB também foram consideradas, para estabelecer uma base de comparação com a norma ambiental brasileira NBR 10151 [21], representada pelos índices  $L_D$  e  $L_N$ .

Comparando as Figs. 6(a) e 7(a), pode-se notar que a área de influência do DNL e do  $L_D$  eram praticamente as mesmas para o cenário anterior à expansão do aeroporto. Isso significa que o Nível-Dia foi muito semelhante ao período Dia-Noite. Isso ocorre devido ao pouquíssimo número de voos durante o período noturno. Afinal, de acordo com a Eq. 3, um nível noturno muito pequeno não contribuirá para o valor geral do índice.

Considerando apenas o nível diurno (índice  $L_D$ ), pode-se observar comparando os mapas (a) e (b) da Fig. 6, que foi obtida uma redução significativa de ruído com a expansão do aeroporto. As áreas



**Figura 5:** Etapas da metodologia.

das curvas de ruído cujos níveis estão acima de 45 dB foram reduzidas em aproximadamente 40%, sendo que parte da nova área encontra-se sobre o mar, causando praticamente nenhum impacto sobre a população.

A Figura 7 compara os níveis de DNL acima de 45 dB, da qual pode-se observar que a área aumentou consideravelmente após a expansão. Isso é consequência de um maior número de voos no período noturno. O aumento de ruído mais significativo ocorreu nas direções norte e nordeste, causado pelas novas rotas de voo sobre a cidade de Serra. Portanto, comparando as curvas acima de 45 dB, fica claro que a expansão do aeroporto produziu um aumento de nível para o período noturno, que se estendeu sobre as cidades vizinhas.

#### 4.1 Impacto na população

Através da simulação verificou-se que o impacto do ruído aeroportuário atinge, além da capital do estado, os municípios de Serra, ao norte, e Vila Velha ao sul. Dos três municípios, Vitória é o que possui maior densidade demográfica, segundo dados do censo de 2010 [27]. A Tabela 1 resume os dados populacionais, a estimativa calculada para 2020 e a densidade demográfica dos municípios na área de influência.

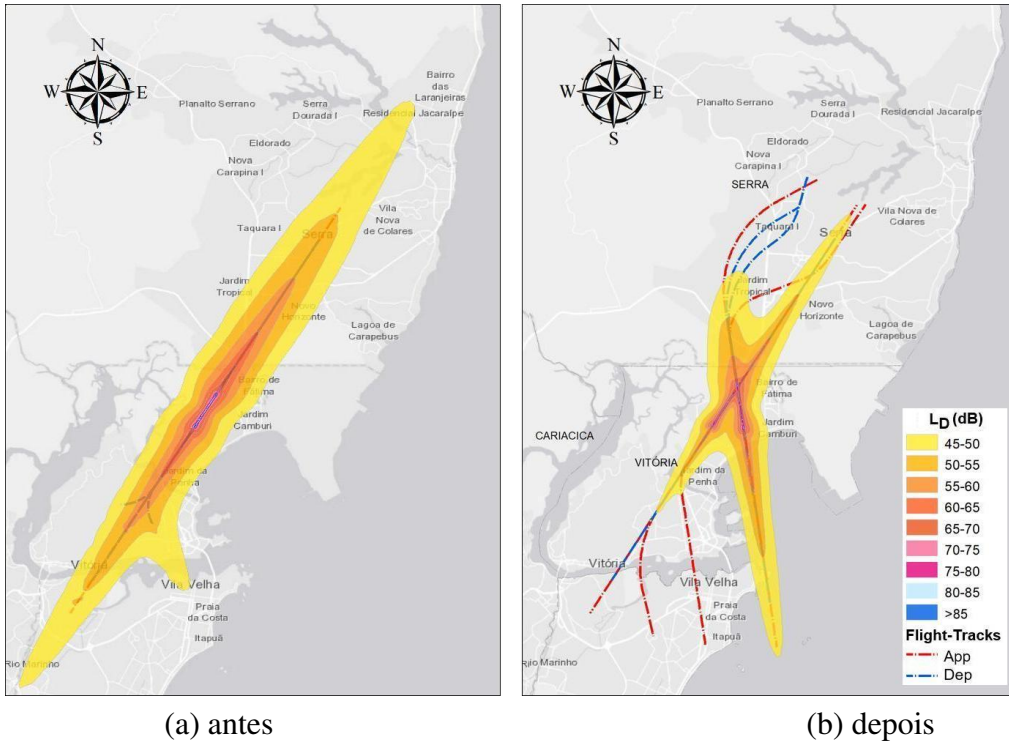
No arquivo disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é possível observar que as áreas na direção das cabeceiras 06–24 concentram boa parte da população da ci-

dade. Essas são as mais impactadas pela poluição sonora do ambiente urbano e do ruído aeroportuário. Com a criação da pista 02–20, novas áreas povoadas entram na área de influência do aeroporto, vide a comparação entre as Figuras 8 e 9.

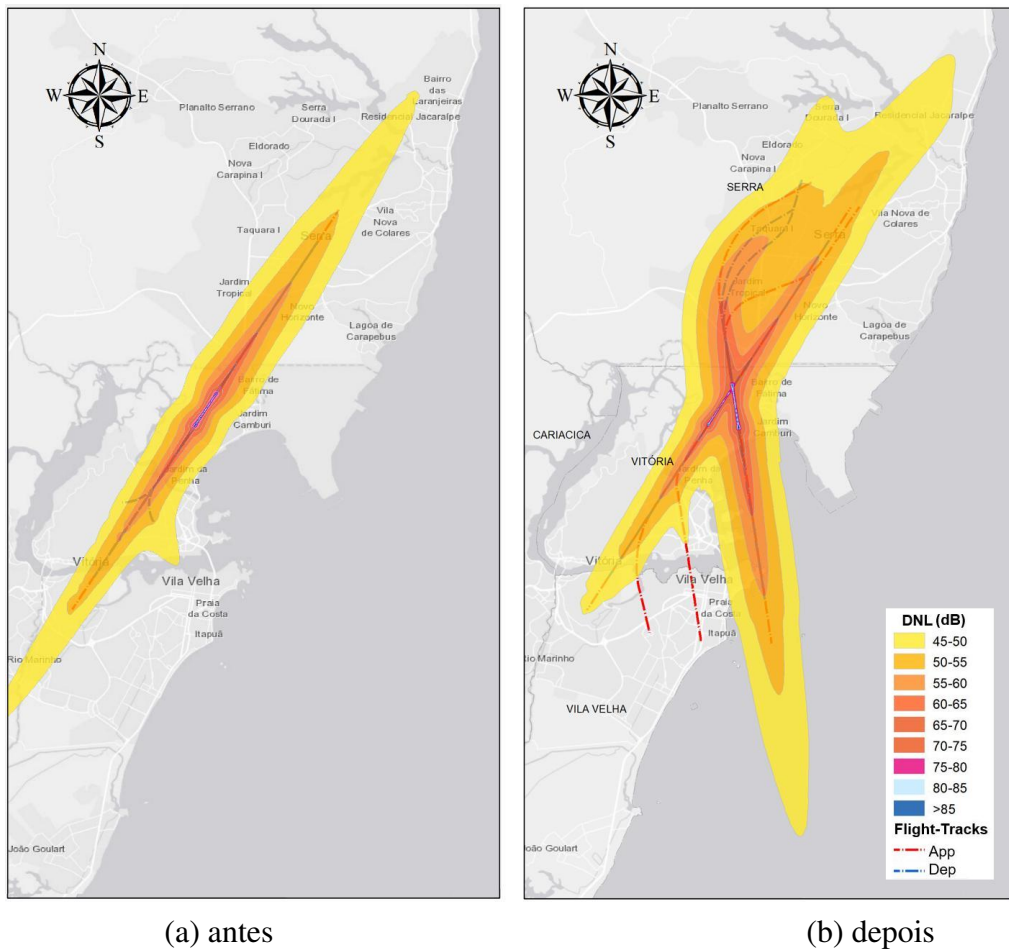
Na Figura 8 estão as curvas DNL do cenário anterior à expansão, quando o aeroporto possuía apenas uma pista. Estão destacadas com contorno azul as curvas correspondentes aos níveis de pressão de 60 a 70 dB, que foram sobrepostas ao mapa de densidade populacional. As regiões atingidas foram destacadas e identificadas por cores: de verde a área entre as curvas de 60 e 65 dB e em azul a área entre as curvas de 65 e 70 dB. A intensidade da cor indicada no mapa e na legenda indica o número de habitantes por quilômetro quadrado: quanto mais escura for a cor, maior é a densidade populacional na área.

O mesmo procedimento foi realizado para o cenário após a expansão, com duas pistas em operação. Assim, no mapa da Figura 9, a área em laranja representa a área entre as curvas de 60 e 65 dB, e em vermelho estão as áreas das curvas com níveis de pressão superiores a 65 dB. Repetindo a classificação por intensidade de cor, quanto mais escura a área for, maior a densidade populacional na área.

Em ambos os mapas, a área da curva de 70 dB está majoritariamente sobre o território do aeródromo, cuja densidade é considerada zero pelo IBGE. Também é importante observar que no interior desta mesma área estão as curvas com níveis superiores a 70 dB.



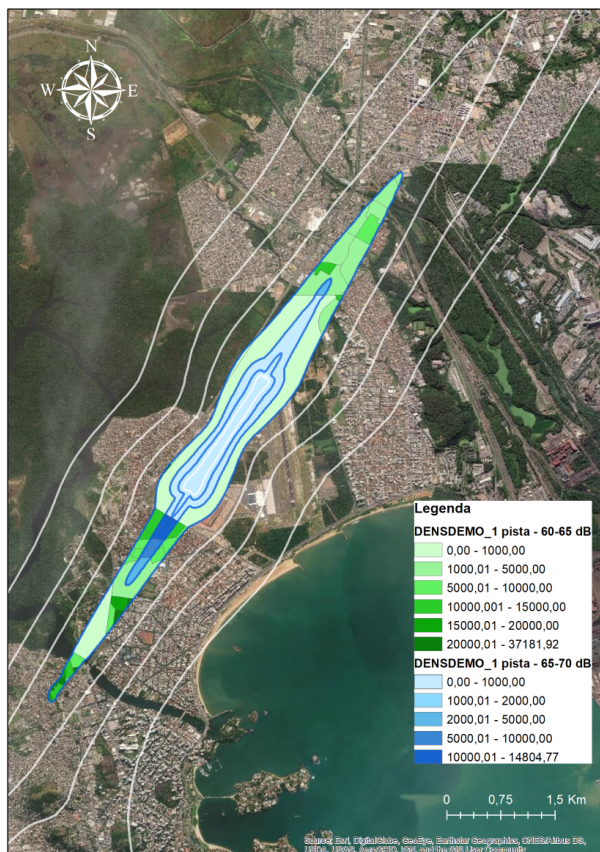
**Figura 6:**  $L_D$  Curvas de ruído entre 45 e 85 dB para os dias de semana com maior movimento, (a) antes e (b) após a expansão do aeroporto.



**Figura 7:** DNL Curvas de ruído entre 45 e 85 dB para os dias de semana com maior movimento: (a) antes e (b) depois da expansão do aeroporto.

**Tabela 1:** Dados populacionais dos municípios segundo IBGE Cidades em 2020 [28]

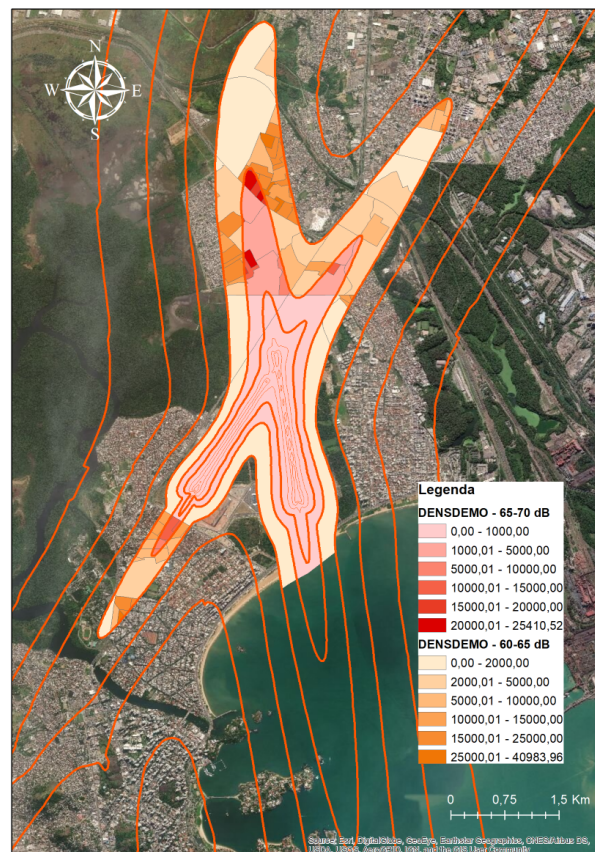
	Vitória	Serra	Vila Velha
Extensão do Território 2019 (km <sup>2</sup> )	97,123	547,631	210,225
População censo 2010 (hab)	327.801	409.267	414.586
População estimada 2020 (hab)	365.855	527.240	501.325
Densidade demográfica (2010) hab/km <sup>2</sup>	3.338,30	741,85	1.973,59

**Figura 8:** Densidade demográfica na área as curvas acima de 60 dB – DNL do dia de maior fluxo do cenário de anterior à expansão

A principal diferença após a expansão do aeroporto é a área das curvas que se alongam em direção ao município de Serra, na área norte do mapa. Estas áreas novas são densamente povoadas, assim como o centro de Vitória na região sudoeste do mapa da Figura 9. Esta área adicionada contribuirá diretamente no %HAP.

Cabe observar que os valores exatos, 60 dB e 65 dB, estão nos pontos que formam o contorno das curvas, por isso considerou-se o intervalo entre as curvas para o estudo. A área da curva de 70 dB, conforme as figuras 8 e 9 foi considerada para completar um intervalo de valores para cálculo da média usada para a estimativa.

Calculando cada área dos setores censitários interceptadas pelas curvas e aplicando o índice de

**Figura 9:** Densidade demográfica na área das curvas acima de 60 dB – DNL do dia de maior fluxo do cenário após a expansão

densidade populacional correspondente, foi possível contabilizar o número de pessoas afetadas pelo nível de pressão sonora da simulação.

A tabela 2 apresenta o número teórico de pessoas altamente impactadas pelo ruído aeroportuário, de acordo com a metodologia proposta. Três dias da semana foram selecionados para uma comparação antes e depois. A sexta-feira foi identificada como o dia útil mais relevante devido ao maior número de operações de voos durante o dia e a noite. Sábado e domingo também foram incluídos para comparar o impacto do ruído no fim de semana. A comparação foi realizada pelo nível DNL, que variou de 45 a 85 dB. Os números apresentados na Tabela 2 foram obtidos calculando o número de pessoas dentro da área da curva de ruído cor-

respondente e multiplicando-o pelo índice HAP correspondente. Para a área DNL45 pode-se observar um grande aumento no número de pessoas impactadas: nas sextas-feiras e domingos o número dobrou, enquanto aos sábados a quantidade aumentou 6 vezes, em decorrência da nova pista.

Dia	Sexta-feira		Sábado		Domingo	
	antes	depois	antes	depois	antes	depois
45	7255	18125	2411	14678	3973	8617
50	2954	8898	922	7270	1589	3120
55	1143	3723	303	2947	579	1206
60	403	1290	101	981	183	411
65	136	443	44	329	65	157
70	51	155	20	116	29	73
75	22	64	8	46	12	29
80	9	25	1	15	40	7
85	2	5	0	2	0	0

**Tabela 2:** Comparação antes-depois da quantidade de pessoas altamente incomodadas considerando o índice DNL entre as curvas de 45 e 85 dB, para a sexta-feira (dia com o maior número de movimentos).

Considerando que este cálculo utilizou os dados do censo de 2010, poderá ser encontrado um número maior para a população altamente incomodada, pois em dados disponibilizados pelo IBGE para 2020, a população estimada é 11,61% superior no município de Vitória e 28,83% em Serra [28].

## 5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma comparação entre as áreas de influência de ruído do aeroporto, antes e depois da reforma de expansão e seu impacto sobre a população do entorno. Tal comparação foi realizada combinando os níveis de ruído, previstos a partir da ferramenta de simulação de aeronaves, com dados baseados em SIG da população dentro da área de influência do aeroporto. Foi possível identificar um acréscimo superior a 100% no percentual de pessoas altamente incomodadas com o ruído, em todas as faixas de nível equivalente, devido à operação do aeroporto no dia de maior número de movimentos. Os autores acreditam que a metodologia proposta neste trabalho pode ser amplamente utilizada para fornecer informações importantes aos tomadores de decisão, quando grandes mudanças em um aeroporto devem ser discutidas no planejamento urbano.

## REFERÊNCIAS

- [1] Luiz André de Carvalho, Jules Ghislain Slama, and Carlos David Nassi. A complementary metric to define a buffer zone in Brazilian airports. *Journal of Transport Literature*, 8(4):316–328, 2014. ISSN 2238-1031. Challenges in Latin American Air Transport.
- [2] Tânia Caldas and Jules G. Slama. Updating of airport noise management policy in Brazil, a demand to achieve the management of noise conflicts. In *ATRS World Conference*, pages 12–27, 2017.
- [3] Organização Mundial da Saúde - OMS. *Burden of disease from environment noise: Quantification of healthy life years lost in Europe*. Organização Mundial da Saúde. Escritório Regional para a Europa, Copenhagen, Dinamarca, 2011. URL <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424>.
- [4] World Health Organization. *Environmental Noise Guidelines for the European Region*, 2018.
- [5] Alexandre G. de Barros. Sustainable integration of airports into urban planning – a review. *International Journal of Urban Sciences*, 17(2):226–238, 2013. doi: [10.1080/12265934.2013.776286](https://doi.org/10.1080/12265934.2013.776286). URL <https://doi.org/10.1080/12265934.2013.776286>. Last access: abr/2019.
- [6] Tânia Caldas, Jules G. Slama, and F. Abrão Junior. Environmental studies in the licensing process of airports in Brazil. In *Greener Aviation 2016*, 2016.
- [7] Flavio Maldonado Bentes, Tarcilene Aparecida Heleno, and Jules Ghislain Slama. Analysis of airport noise exposure around Viracopos international airport using geographic information systems. *Journal of Air Transport Management*, 31:15 – 17, 2013. ISSN 0969-6997. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2012.11.001>.
- [8] Tonghui Ding, Aihui Yan, and Ke Liu. What is noise-induced hearing loss? *British Journal of Hospital Medicine*, 80(9):525–529, 2019. doi: <https://doi.org/10.12968/hmed.2019.80.9.525>. URL <https://www.magonlinelibrary.com/doi/full/10.12968/hmed.2019.80.9.525>.
- [9] Marie Lefèvre, Agnès Chaumond, Patricia Champelovier, Lise Giorgis Allemand, Jacques Lambert, Bernard Laumon, and Anne-Sophie Evrard. Understanding the relationship between air traffic noise exposure and annoyance in populations living near airports in France. *Environment International*, 144:106058, 2020. ISSN 0160-4120. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106058>. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020320134>.
- [10] Hildegard Niemann and Christian Maschke. Who lars. final report noise effects and morbidity. *Berlin: World Health Organization*, page t1, 2004.
- [11] Ta-Yuan Chang, Chiu-Shong Liu, Bing-Fang Hwang, Hsiu-Hui Hsieh, Bo-Ying Bao, Chiou-Jong Chen, Ven-Shing Wang, and Jim-Shoung Lai. Acute effects of noise exposure on 24-h ambulatory blood pressure in hypertensive adults. *Journal of hypertension*, 33(3):507–514, 2015.



- [12] Mariani Dan Taufner, Ana Paula Gama, Jules Ghislain Slama, and Julio Cesar Boscher Torres. Noise metrics analysis in schools near airports: A Brazilian case study. *Noise Mapping*, 7(1):21 – 34, 01 Jan. 2020. doi: <https://doi.org/10.1515/noise-2020-0003>. URL <https://www.degruyter.com/view/journals/noise/7/1/article-p21.xml>.
- [13] Jon M. Woodward, Lisa Lassman Briscoe, and Paul Dunholter. *Aircraft Noise : A Toolkit for Managing Community Expectations*, volume 15. Transportation Research Board (TRB), Washington, D.C., 2009. URL <http://www.trb.org/Publications/Blurbs/162800.aspx>.
- [14] Brazilian Airspace Control Department DECEA. Serviço de informação aeronáutica: Aisweb, 2019. URL <https://www.aisweb.aer.mil.br/?i=cartas>. Last access: abr/2019.
- [15] Agência Nacional da Aviação Civil ANAC. Anuário do transporte aéreo 2020. Technical report, Agência Nacional da Aviação Civil - ANAC, Brasil, 2021. URL <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo>. Last access: maio/2022.
- [16] Christopher Smith Bignardi Neves, Isabele De Souza Carvalho, Wellyngton Fernando Leonel de Souza, and Marcos Luiz Filippim. Os impactos da covid-19 nas viagens de turistas brasileiros: conjuntura e perspectivas na eclosão e na expansão da pandemia no Brasil. *Turismo: Visão e Ação*, 23:2–25, 2021. doi: <https://doi.org/10.14210/rtva.v23n1.p2-25>.
- [17] Brazilian National Civil Aviation Agency. Sistema horus, 2020. URL <https://horus.labtrans.ufsc.br>. Last access: ago/2020.
- [18] Theodore Schultz. Synthesis of social surveys on noise annoyance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 64(2):377–405, 1978. doi: [10.1121/1.382013](https://doi.org/10.1121/1.382013). URL <http://dx.doi.org/10.1121/1.382013>.
- [19] João Candido Fernandes. Acústica e ruídos. *Unesp*, 2002.
- [20] ISO. Acoustics - description, measurement and assessment of environmental noise - part 2: Determination of environmental noise levels. *ISO 1996-2*, pages 1–40, maio 2007.
- [21] ABNT. Nbr 10151. acústica - medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — aplicação de uso geral. *NBR10151*, maio 2019.
- [22] Federal Interagency Committee on Noise - FICON. Federal agency review of selected airport noise analysis issues. Technical report, U.S. Department of Defense, Washington, DC, 1992.
- [23] Henk Miedema and Henk Vos. Exposure-response relationships for transportation noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 104(6):3432–3445, 1998. doi: [10.1121/1.423927](https://doi.org/10.1121/1.423927). URL <http://dx.doi.org/10.1121/1.423927>.
- [24] Sanford Fidell, Theodore Schultz, and David M. Green. A theoretical interpretation of the prevalence rate of noise-induced annoyance in residential populations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84(6):2109–2113, 1988. doi: [10.1121/1.397056](https://doi.org/10.1121/1.397056). URL <http://dx.doi.org/10.1121/1.397056>.
- [25] Sarah McGuire and Patricia Davies. Modeling aircraft noise-induced sleep disturbance. *Partnership for AiR Transportation*, report no. partner-coe-2013-004, 2013.
- [26] FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION - FAA. Integrated noise model. version 7.0 user’s guide. Technical report, FAA-AEE-07-04, Washington, DC, 2007.
- [27] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo demográfico 2010. Technical report, IBGE, 2010. URL <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/donloads-estatisticas.html>. Last access: jul/2019.
- [28] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Ibge cidades. Technical report, IBGE, 2020. URL <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/panorama>. Last access: ago/2020.