

FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Avaliação acústica do entorno e implantação do projeto arquitetônico de um centro de artes

Oliveira, S.¹; Meller, G.¹; Duarte, E. A. C.²; Ferreira, L. R.³; Lourenço, W. M.¹; Pereira, J. M. F.²

¹ PPGEAC, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil
sofia.oliveira@acad.ufsm.br; gabrielameller0@gmail.com; creativearquiteto@gmail.com

² Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas - Campus Arapiraca, Arapiraca, AL, Brasil
eacduarte@yahoo.com.br; juliana.pereira@arapiraca.ufal.br

³ PPGAU, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, lucasrafael2209@usp.br

Resumo

O desenvolvimento de um projeto arquitetônico requer o atendimento das necessidades inerentes ao bem-estar dos usuários que irão frequentá-lo. No entanto, o conforto acústico, em contraponto às demais áreas de conforto, não é utilizado como premissa no processo projetual em métodos convencionais, sendo uma preocupação após os problemas já estarem instaurados no edifício, tornando a solução onerosa e menos eficiente. O objetivo deste artigo é apresentar um estudo de implantação e contexto em um projeto arquitetônico de um centro de artes, situado na cidade de Arapiraca - AL, visando os parâmetros que devem ser analisados ao se realizar um projeto arquitetônico pautado em estratégias de conforto acústico. A metodologia tem como base: a classificação do uso e ocupação do solo, a fim de classificar na Norma Brasileira requerida (NBR 10.151); identificação da existência, ou não, de áreas verdes; análise da topografia (declividade do terreno); contagem veicular para a classificação do seu fluxo; hierarquia viária; existência de pontos de aceleração e desaceleração, como semáforos e quebra-molas e; a medição do Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A ($L_{Aeq,T}$) em três pontos diferentes do terreno, sendo: um próximo ao sistema viário (73,6 dB), um no centro do terreno (78,9 dB) e outro nos fundos do terreno (70,9 dB). Por meio dos resultados obtidos, se identificou que a topografia do local contribuiu na atenuação do ruído advindo do sistema viário, havendo uma diferença de, aproximadamente, 8 dB entre os níveis sonoros dos pontos medidos, o que corrobora positivamente para a implantação indicada no projeto arquitetônico.

Palavras-chave: Projeto arquitetônico, ruído ambiental, NBR 10151.

PACS: 43.55.-n, 43.50.Lj, 43.50.Rq.

Acoustic evaluation of the surroundings and implementation of the architectural project of an arts center

Abstract

The development of an architectural project requires meeting the needs inherent to the well-being of the users who will attend it. However, acoustic comfort, in contrast to other areas of comfort, is not used as a premise in the design process in conventional methods, being a concern after the problems are already established in the building, making the solution onerous and less efficient. The objective of this article is to present a study of implementation and context in an architectural project of an arts center, located in the city of Arapiraca - AL, aiming at the parameters that must be analyzed when carrying out an architectural project based on acoustic comfort strategies. The methodology is based on: the classification of land use and occupation, in order to classify the required Brazilian Standard (NBR 10.151); identification of the existence, or not, of green areas; topography analysis (land slope); vehicle count for your stream classification; road hierarchy; existence of acceleration and deceleration points, such as traffic lights and speed bumps and; measurement of the A-weighted equivalent continuous sound pressure level ($L_{Aeq,T}$) at three different points on the terrain, being: one close to the road system (73.6 dB), one in the center of the terrain (78.9 dB) and another at the back of the land (70.9 dB). Through the results obtained, it was identified that the topography of the place contributed to the attenuation of the noise coming from the road system, with a difference of approximately 8 dB between the sound levels of the measured points, which positively corroborates the implementation indicated in the project. architectural.

Keywords: Architectural project, environmental noise, NBR 10151.



1. INTRODUÇÃO

A poluição sonora urbana é um problema de saúde pública, sendo um parâmetro importante para que a qualidade de vida de um determinado local seja avaliada. Dessa forma, exposições excessivas causadas pelo ruído urbano devem ser estudadas e empregadas às devidas técnicas construtivas a fim de mitigar tal problema.

O ruído urbano pode ser oriundo de diversas fontes sonoras, provenientes de meios como rodovias, ferrovias, aeroportos, atividades de lazer, comércio, indústrias e obras da construção civil [1]. Devido ao crescimento do número de fontes geradoras de ruído, em detrimento ao aumento do uso do solo e das atividades humanas que provocam adensamento populacional, a poluição sonora torna-se um problema emergente grave que ameaça a qualidade de vida e a saúde dos usuários de áreas urbanas em todo o mundo [2].

Assim, ainda na fase de implantação, a avaliação do entorno é essencial para se definir desde as técnicas construtivas aplicadas às estratégias de mitigação do ruído externo promovidos pela implantação e volumetria da construção. Questões como ruído proveniente das fontes de transporte e atividades locais devem ser pontuadas antes das primeiras decisões de projeto. É interessante também a análise de situações que possam atenuar ou propagar o som, como edificações adjacentes, barreiras sonoras, vegetações densas no local, declividade do terreno e tipo de solo (absorvente ou reflexivo) [3–5].

Ao se projetar uma edificação, é importante que se conheça os tipos e níveis de ruído ao qual ela estará exposta. Assim, a NBR15.575 [6] indica, de acordo com a quantidade de ruído na qual a edificação será exposta [7], o nível de isolamento sonoro necessário para uma determinada região. Mesmo sendo indicada para edificações residenciais, a norma pode servir de base para se definir os parâmetros básicos de concepção projetual a serem aplicados. Já a NBR 10.151 [7] estabelece os níveis de pressão sonora limites para cada tipo de área habitada, conforme o período do dia.

Sob a perspectiva dos efeitos causados aos humanos por elevados níveis de ruído [8–11], é crucial quantificar o nível de exposição na qual usuários de uma determinada edificação irão enfrentar.

Para isso, é possível realizar simulações estratégicas a fim de avaliar os impactos ambientais, buscando otimizar a etapa de planejamento do projeto [1, 12, 13]. Os mapas sonoros são ferramentas para quantificar a exposição à esses níveis, que podem ser modelados a fim de se obter panoramas atuais ou, no caso de projeto, situações futuras. De forma geral, para gerá-los, são utilizados dados das emissões sonoras, como por exemplo, a quantificação do tráfego veicular e dados geométricos (com fins de propagação) para alimentar o cenário a ser modelado. Na sequência, os resultados são avaliados a fim de se observar se as medidas adotadas no projeto atenderam as necessidades estimadas.

Baseado nisso, este artigo tem o objetivo de estudar e avaliar a implantação de um centro de artes, ainda na fase de projeto, na cidade de Arapiraca, em Alagoas. Como parte disso, serão analisados os parâmetros acústicos que devem ser considerados ao se realizar um projeto arquitetônico pautado em estratégias de conforto acústico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ruído urbano em cada país possui correlação cultural, econômica e ambiental. Assim, ao realizar um projeto arquitetônico, é necessário analisar as leis e diretrizes balizadas pelas normas vigentes, além dos estudos realizados sobre o tema.

A NBR 10.151 "Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas" estabelece o procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo [7]. Assim, o método de avaliação é baseado na comparação do $L_{Aeq,T(total)}$ medido com a contribuição dos sons provenientes das fontes, objetos de avaliação no respectivo período-horário, com os limites de RL_{Aeq} em função do uso e ocupação do solo no local de medição. O resultado é considerado como aceitável quanto este for menor ou igual ao estabelecido na Tabela 1 [7].

Logo, o $L_{Aeq,T}$ é o nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado em A no espectro global, integrado em um intervalo de tempo T, devendo ser medido diretamente ou calculado pela média logarítmica, ponderada no tempo, de re-

Tabela 1: Limites de níveis de pressão sonora (RL_{Aeq}) para cada tipo de área habitada e por período (adaptado de [7]).

Tipos de áreas habitadas	Período diurno	Período noturno
Área de propriedades rurais	40 dB	35 dB
Áreas estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50 dB	45 dB
Área mista predominantemente residencial	55 dB	50 dB
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60 dB	55 dB
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65 dB	55 dB
Área predominantemente industrial	70 dB	60 dB

sultados integrados em intervalos parciais, sendo expresso em decibels [7]. O $L_{Aeq,T}$ é calculado de acordo com a equação

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{(p_A^2)}{(p_0^2)} dt \right], \quad (1)$$

sendo que a unidade é decibel [dB], T é o intervalo de tempo de integração [s], $p_A(t)$ é a pressão sonora instantânea com ponderação A no instante t , expressa em Pascal [Pa] e p_0 é a pressão sonora de referência ($p_0 = 20 \mu Pa$).

3. METODOLOGIA

Nesta seção, são descritos os materiais base da pesquisa e a metodologia utilizada. Também, são apresentados o local de estudo e os dados experimentais coletados.

Arapiraca é uma cidade do agreste alagoano e, conforme o último censo do IBGE [14], tem uma população de 214.006 habitantes, sendo a segunda cidade mais populosa do estado. Nela, para fins do desenvolvimento de um trabalho de conclusão de curso [15], foi proposto o projeto de um centro de artes (na área demarcada em lilás na Figura 1), no bairro Zélia Barbosa Rocha, às margens do conhecido Lago da Perucaba¹.

Para a metodologia aqui empregada na caracterização da acústica ambiental do entorno do projeto, foi realizada a adesão ao estabelecido pela norma



Figura 1: Região do Lago da Perucaba onde foi proposto a implantação do centro de artes (retirado de Oliveira [15]).

ABNT NBR 10.151 (2019), que trata da avaliação do ruído em áreas habitadas. Assim, foram analisadas as medições realizadas no local, a topografia, a distância e disposição na implantação dos blocos, a contagem veicular e as condições da pavimentação local. As medições foram realizadas em três pontos no terreno em questão, que podem ser observados na Figura 3, estando o ponto marcado como P1 às margens da via, o ponto P2 no centro do terreno a 200 metros da via, e o ponto P3 às margens do lago. O terreno em estudo possui 49.242 m² e encontra-se destacado em linhas diagonais vermelhas. Uma foto do momento da medição na posição P1 pode ser observada na Figura 2.



Figura 2: Medidor no ponto de medição P1

¹Também conhecido como "Açude do Governo", é um lago artificial implantado na década de 60, construído por meio do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) com o intuito de abastecer a cidade por meio do represamento do Rio Perucaba. O local passou por um forte processo de urbanização nos últimos anos, sendo alvo de intensa especulação imobiliária.

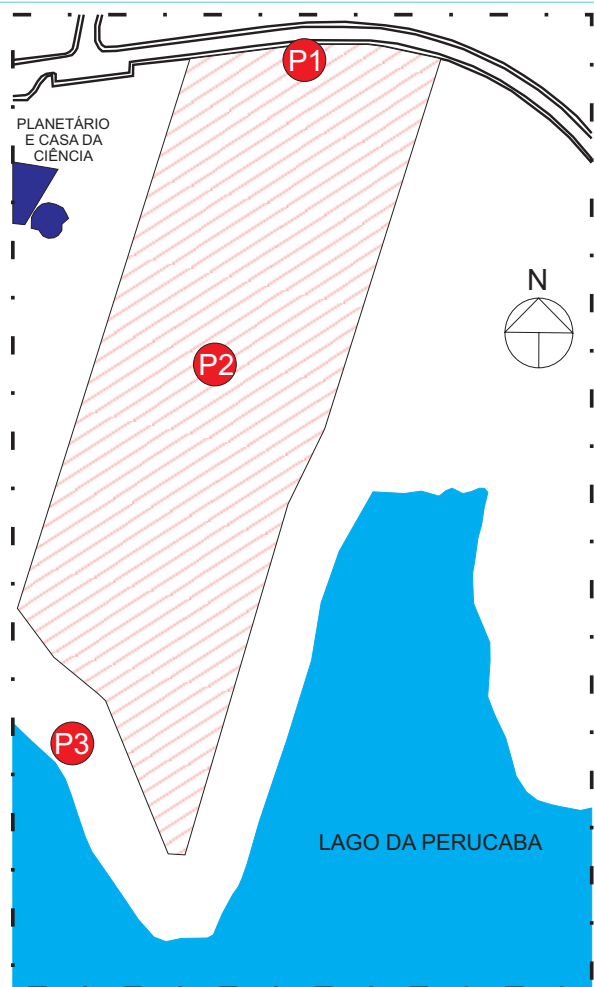


Figura 3: Marcação dos locais medidos para a análise no nível de intensidade sonora em diferentes pontos do terreno.

O equipamento adotado para as medições foi o medidor de pressão sonora da 01dB - Metravib Solo, classe 1, com microfone modelo MCE 2015 e calibrador CAL 3009000, estando este fixado a 1,5 metros do solo e a uma distância mínima de 2 metros de qualquer superfície refletora, conforme estipulado pela NBR 10.151 [7]. O equipamento atende aos critérios da NBR IEC 61672-3 [16]. Para as medições o equipamento foi calibrado, assim como é exigido pela NBR 10.151, efetuada no período diurno, de 15:30h até às 16:30h da tarde. Paralelamente, a contagem veicular também foi realizada. A NBR 10.151 não especifica tempo mínimo de medição, dessa forma, foi medido por um período que pudesse caracterizar o ruído ambiental. O L_{Aeq} foi aferido durante o tempo de 15 minutos em cada ponto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção os resultados são apresentados e discutidos. É tratado acerca das informações da

principal via de acesso ao terreno (Seção 4.1), a análise da conformação topográfica e do entorno (Seção 4.2) e o dados das medições (Seção 4.3) que são as partes iniciais dos resultados. Em seguida, são apresentadas as estratégias utilizadas em decorrência do inferido por tais análises.

4.1 Caracterização da via

A via de acesso ao terreno proposto, Rua Costa Cavalcante, pode ser observada em foto na Figura 4. Possui velocidade máxima de 40 km/h e não há pontos de aceleração ou desaceleração como, por exemplo, a presença de semáforos, faixas de pedestre ou quebra-molas. Em virtude disso, é possível analisar que os veículos podem ultrapassar, facilmente, os valores máximos permitidos de velocidade, podendo em alguns momentos, gerar maior ruído no entorno [17]. Ademais, o revestimento do pavimento é de concreto asfáltico e se encontra em bom estado de conservação, atualmente, corroborando na atenuação do ruído [18, 19]. Assim, a instalação de elementos que permitam controlar o fluxo e a velocidade da via como semáforos, fiscalizadores de velocidade ou quebra-molas, poderiam ser implantados a fim a fim de reduzir a velocidade veicular atual e, conseqüentemente, o nível de pressão sonora gerado pelos mesmos.



Figura 4: Via em frente ao terreno em vista panorâmica (imagem retirada do Google Maps).

A contagem veicular é mostrada no Quadro 1. É possível identificar um fluxo leve de carros, mas com a predominância de motos na região. De acordo com Brasileiro [20], o ruído de motos, em vias de alta velocidade, pode ser comparada ao de um caminhão. Essa aproximação pode ser aplicada nesse objeto de estudo.

Quadro 1: Número de transportes motorizados que passaram pela via no trecho em frente ao terreno no período de uma hora.

Veículos pesados	Carros	Motos
20	149	173

4.2 Conformação topográfica e análise do entorno

Conforme apresentado na Figura 5, por meio das curvas de nível extraídas por levantamento topográfico georreferenciado da região (em arquivo disponibilizado pela prefeitura da cidade), o terreno encontra-se em declive, com uma diferença de cerca de 12 metros entre o ponto mais alto, próximo à via, e o mais baixo, às margens do lago.

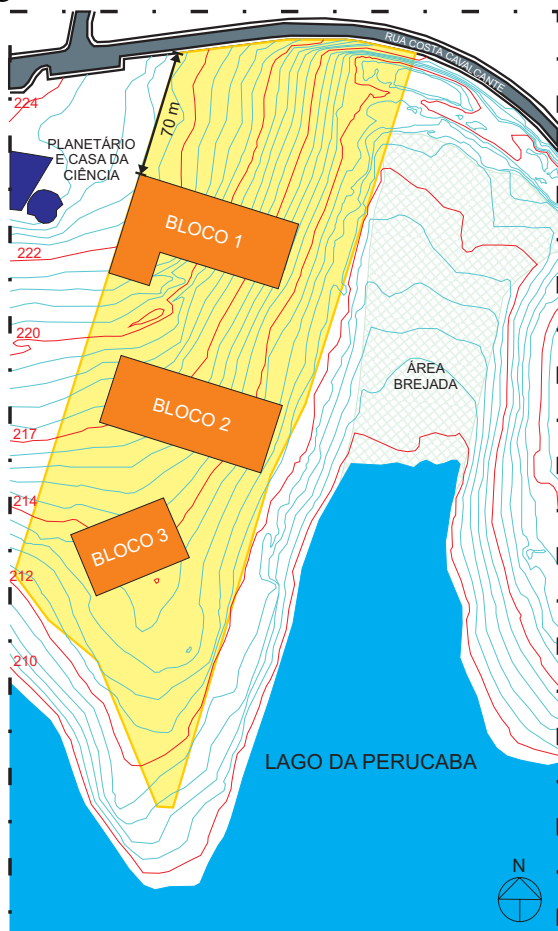


Figura 5: Planta de situação com curvas de nível do local e disposição dos blocos propostos no projeto.

Além disso, ao analisar o entorno do local (Figura 6), poucas vegetações são observadas, não constituindo densidade suficientemente grande para que um efeito significativo de absorção por meio delas seja produzido [4]. A partir dessas informações, a vegetação existente não foi considerada como um atenuador sonoro. Contudo, a topografia do terreno foi utilizada como estratégia projetual, a fim de se aproveitar a declividade e as edificações projetadas, na produção de zonas de sombra acústica (Figura 8).



Figura 6: Entorno do terreno.

4.3 Medições

As medições foram realizadas em três pontos diferentes que podem observados na Figura 3. Os valores aferidos encontram-se dispostos no Quadro 2. Por meio dos resultados encontrados, é possível observar que o declive e a distância da via aos pontos de medição influenciam nos valores encontrados.

Quadro 2: L_{Aeq} aferido nos três pontos de medição.

P1	P2	P3
73,6 dB	78,9 dB	70,9 dB

O plano diretor da cidade, publicado em 23 de janeiro de 2006, descreve as características principais da área como uso de policultura e presença de aglomerados urbanos, e prevê a criação de projetos de desenvolvimento e de perímetros urbanos. Contudo, é dificultoso enquadrar a região nos tipos de áreas apontadas pela NBR 10.151 pela falta de um código de obras detalhado e atualizado da cidade.

Sendo assim, de acordo com o tipo de uso observado atualmente na região, a categoria que melhor descreve o local em questão é "Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo", marcado em vermelho na Tabela 1. Para os valores pré-estabelecidos em norma, os resultados encontrados ultrapassam os limites máximos diurno (65 dB) e noturno (55 dB).

Diante das análises realizadas, estratégias de projeto foram traçadas visando utilizar as condicionantes do entorno à favor da edificação. Tais resoluções estão descritas na próxima seção.

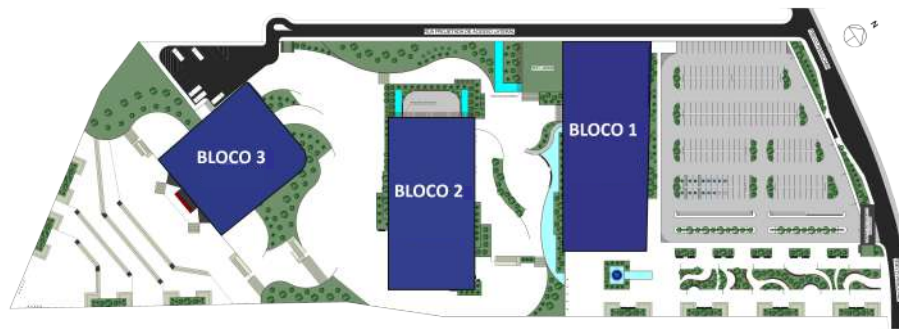


Figura 7: Planta de locação e coberta do projeto.

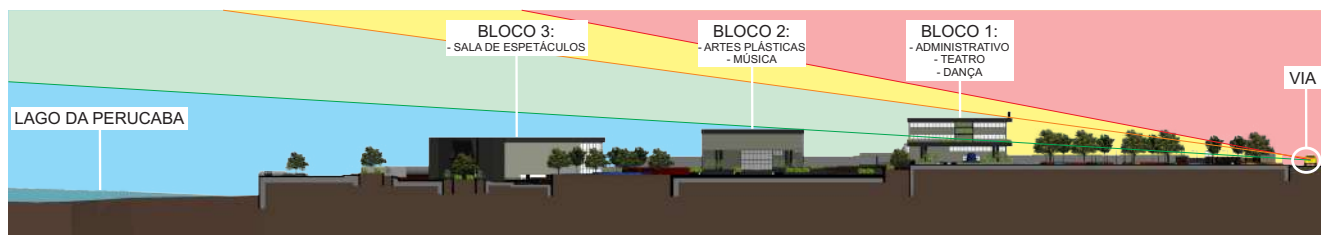


Figura 8: Corte humanizado com traçado para observação de zonas de sombra.

4.4 Estratégias de projeto aplicadas

A partir dos resultados obtidos, foi averiguado que as vegetações existentes não irão atuar como atenuadores sonoros, e que o ruído proveniente da via ($P_1 = 73,6$ dB) está acima do permitido pela NBR 10.151. A topografia do leito da via elevada foi explorada de forma a agregar ao máximo, do ponto de vista acústico, ao projeto. Assim, buscou-se uma disposição favorável dos blocos das edificações de forma que um atue como sombra acústica sobre o outro. Essa estratégia também é abordada por Niemeyer [21]. Além disso, o muro foi pensado visando atuar como barreira acústica, cujo recurso é comumente utilizado na arquitetura brasileira, mas que, deve ser dimensionado corretamente, para se obter um desempenho acústico funcional.

Nessa proposta, espaços de produção de arte e de convivência foram pensados, promovendo gentilezas urbanas para o entorno. O espaço entre a via e o primeiro bloco, separados por 70 metros (Figura 5) como menor distância, foi contemplado com uma praça para a conexão entre eles, que pode ser observada na Figura 7.

A Figura 8 apresenta um corte humanizado com um estudo inicial do impacto das decisões de projeto tomadas. Diante das estratégias adotadas, denota-se que cada elemento, imediatamente à

frente e paralelo à via, produz zona de sombra acústica para o próximo com programa de necessidade mais sensível ao ruído [22, 23]. Ademais, a fim de que a sala de espetáculos não sofresse com o ruído proveniente do tráfego veicular, optou-se por posicioná-la no ponto mais distante da via.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho avaliou a implantação de um projeto de um centro de artes na cidade de Arapiraca, Alagoas. Para isso, foram levantadas questões relacionadas à diretrizes relevantes ao se realizar um projeto arquitetônico.

A partir dessa análise, foi possível identificar como a avaliação do entorno pode impactar o processo de projeto. Logo, decisões projetuais iniciais básicas como, por exemplo, a escolha do terreno e definições de setorização e fluxograma fazem parte do arcabouço de atuação das questões acústicas importantes de serem resolvidas.

Nesse projeto foram indicadas algumas estratégias para melhoria do conforto acústico da proposta baseadas na avaliação do entorno como: ferramentas de redução da velocidade para mitigação do ruído de tráfego na via de acesso ao terreno, como semáforos e quebra-molas; dimensionamento dos muros frontais do lote como barreira acústicas; posicionamento na parte anterior do terreno; setorização baseada nas questões acús-

ticas, dividindo o projeto em blocos distribuídos no terreno de acordo com as atividades a serem desenvolvidas.

A lacuna de normas específicas para definição de classe de ruído mais amplas para outros tipos de edificações além de ausência de um código de obras atualizado e o mapeamento sonoro de Arapiraca foram pontos que dificultaram a análise. Como sugestões para futuros trabalhos, indica-se a proposição de um código de obras e do Plano de Diretor de Arapiraca baseado em questões acústicas relevantes, além do mapeamento sonoro da cidade, que pode servir como uma ferramenta importante para a promoção da qualidade de vida e de cidades mais saudáveis.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – bolsa n° 88887.488177/2020-00 e 88887.654236/2021-00), pelo apoio financeiro parcial a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] Jeong, J. H.; Din, N.C.; Otsuru, T. e Kim, H.C. An application of a noise maps for construction and road traffic noise in korea. *International Journal of Physical Sciences*, 5(7):1063–1073, 2010. ISSN 1992-1950.
- [2] Yuan, M.; Yin, C.; Sun, Y. e Chen, W. Examining the associations between urban built environment and noise pollution in high-density high-rise urban areas: A case study in wuhan, china. *Sustainable Cities and Society*, 50(101678), 2019. doi: doi.org/10.1016/j.scs.2019.101678.
- [3] Aboelata, A. e Sodoudi, S. Evaluating urban vegetation scenarios to mitigate urban heat island and reduce buildings' energy in dense built-up areas in cairo. *Building and Environment*, pág. 106407, 2019. doi: doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106407.
- [4] Bistafa, S. R. *Acústica aplicada ao controle do ruído*. 2ª ed., 2011. ISBN 9788521205814.
- [5] Garg, N.; O., Sharma; Mohanan, V. e Maji, S. Passive noise control measures for traffic noise abatement in delhi, india. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 71(3):226–234, 2012. ISSN 0975-1084.
- [6] *NBR 15575-4*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2021.
- [7] *NBR 10151*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2019.
- [8] Themann, C. L. e Masterson, E. A. Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 146(5):3879–3905, 2019.
- [9] K., Yaghoubi; I., Alimohammadi; J., Abolghasemi; S., Shandiz M.; N., Aboutaleb e H., Ebrahimi. The relationship between noise annoyance and salivary cortisol. *Applied Acoustics*, 160:107131, 2020. doi: doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107131.
- [10] Akan, Z.; Körpınar, M. A. e Tulgar, M. Effects of noise pollution over the blood serum immunoglobulins and auditory system on the vfm airport workers, van, turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 177:537–543, 2011.
- [11] Begou, P.; Kassomenos, P. e Kelessis, A. Effects of road traffic noise on the prevalence of cardiovascular diseases: The case of thessaloniki, greece. *Science of the Total Environment*, 703:134477, 2020. doi: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134477.
- [12] Manohare, M. e Rajasekar, E. Scenario analysis and noise action planning for roorkee city, india. *New Delhi*, págs. 1–6, 2012.
- [13] Cruz, M. V. Lei de mapeamento acústico da cidade de são paulo: ordenamento urbano e a gestão do ruído. Dissertação de mestrado: Universidade São Judas Tadeu. Santa Maria, RS, 2018. 259 f.
- [14] IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>, 2010.
- [15] Oliveira, S. Arquitetura e cultura: projeto de um centro de arte com foco no desempenho acústico na cidade de arapiraca-al. Trabalho de Conclusão de Curso: UFAL/Arquitetura e Urbanismo. Arapiraca, AL, Brasil, Julho 2018.
- [16] *IEC 61672-3: Eletroacústica – Sonômetros - Parte 3: Testes periódicos*. ABNT NBR, Brasil, 2018.
- [17] Lu, X.; Kang, J.; Zhu, P.; Cai, J. e Zhang, Y. Influence of urban road characteristics on traffic noise. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 75:136–155, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.08.026>.
- [18] Knabben, R. M.; Trichês, G.; Vergara, E. F. e Gerges, S. N. Y. Characterization of tire-road noise from brazilian roads using the cpx trailer method. *Applied Acoustics*, 151:206–214, 2019. ISSN 0003-682X. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.03.013>.
- [19] Vázquez, V. F.; Hidalgo, M. E.; García0-Hoz, A. M.; Camara, A.; Terán, F.; Ruiz-Teran, A. M. e Paje, S. E. Tire/road noise, texture, and vertical accelerations: Surface assessment of an urban road. *Applied Acoustics*, 107153, 2020. ISSN 0003-682X. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107153>.
- [20] Medeiros, A. F. D. de; Pimentel, R. L.; Melo, R. A. de; Araújo, B. C. D. de e Brasileiro, T. da C. Investigation of traffic noise attenuation potential of an urban highway underpass. *Applied Acoustics*, 191(108682), 2022. ISSN 0003-682X. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108682>.



- [21] Niemeyer, M. L. A. Conforto acústico e térmico em ambiente urbano: Uma proposta metodológica. Tese: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2007.
- [22] Josse, R. *La acústica en la construcción*. 1ª ed. Spain: Gustavo Gili, 1975. ISBN 978-8425208294.
- [23] Doelle, L. L. *Environmental Acoustics*. 1ª ed. New York: McGraw-Hill, 1972. ISBN 978-0701734275.