



FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA

XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Exposição sonora em avenidas da região central de Belo Horizonte - MG

Mota, L. C. C.¹; Cavalcante, K. V. S. M.²; Hirashima, S. Q. da S.³; Bento-Coelho, J. L.⁴

^{1-2} dB Laboratório de Engenharia Acústica, Belo Horizonte, MG, Brasil, {lorena, krisdany} @dbacustica.com.br

³ Departamento de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil, simoneqs@gmail.com

⁴ Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, bcoelho@tecnico.ulisboa.pt

Resumo

A capital de Minas Gerais, Belo Horizonte, foi planejada por Aarão Reis e inaugurada em 1897. A região central da cidade é circundada pela Avenida do Contorno, via com fluxo intenso de veículos que delimita um traçado previamente planejado para a cidade. Essa região é uma área centralizadora de atividades e de serviços e, por isso, o deslocamento de veículos é realizado por avenidas que permitem um fluxo intenso durante o dia todo. Em locais com fluxo de veículos intenso, o ruído do tráfego influencia significativamente a exposição sonora da população, podendo gerar efeitos negativos na saúde das pessoas. Desta forma, este artigo apresenta o ruído do tráfego gerado por veículos na Av. Amazonas e na Av. Afonso Pena, em Belo Horizonte, por meio de simulação computacional. Utilizou-se a modelagem elaborada anteriormente durante a caracterização acústica da região central de Belo Horizonte e os dados do fluxo de veículos fornecidos pela SITRAN. Os resultados indicam níveis sonoros elevados na Av. Amazonas e na Av. Afonso Pena, que ultrapassam o limite normativo estabelecido pela legislação municipal. Considerando que, além do trânsito, outras fontes sonoras estão presentes nestas avenidas, e que estas recebem influência do trânsito das vias próximas, se conclui que a exposição sonora das pessoas pode ser ainda maior do que a retratada neste artigo e que planos de ação devem ser elaborados para contenção do ruído na região.

Palavras-chave: ruído urbano, ruído de tráfego, acústica urbana.

PACS: 43.50.Rq

Abstract

The capital of Minas Gerais, Belo Horizonte, was planned by Aarão Reis and inaugurated in 1897. The central region of the city is circled by Avenida do Contorno, a road with an intense flow of vehicles that delimits a previously planned area of the city. This region is an area that centralizes activities and services and, because of that, the movement of vehicles is conducted by avenues that allow an intense flow throughout the day. In places with an intense flow of vehicles, traffic noise significantly affects the population's noise exposure, generating negative effects on people's health. This article presents the traffic noise generated by vehicles on Av. Amazonas and Av. Afonso Pena, in Belo Horizonte, through computer simulation. The modeling developed previously during the acoustic characterization of the central region of Belo Horizonte and the data on the flow of vehicles provided by SITRAN were used. The results indicate high sound levels on Av. Amazonas and Av. Afonso Pena, which exceed the normative limit established by municipal legislation. Considering that, in these avenues, in addition to the noise from the traffic of vehicles, other noise sources are also present, including that from the traffic on nearby roads, it is concluded that the noise exposure of people is even greater than that portrayed in this paper, and that action plans must be developed to contain noise in the region.

Keywords: urban noise, traffic noise, urban acoustics.



1. INTRODUÇÃO

Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, em dez anos (2011 – 2021), aumentou em mais de 60 % a sua frota de veículos, com 1 milhão de novos veículos. Em 2018, a cidade teve o maior aumento de frota entre as demais metrópoles brasileiras [1], [2].

A tendência, portanto, é de que esse aumento da frota gere uma maior exposição da população a elevados níveis de pressão sonora na cidade, gerando efeitos fisiológicos e psicológicos negativos na saúde das pessoas expostas [3].

Na parte ocidental da Europa, pelo menos um milhão de anos de vida saudável é perdido a cada ano pelo ruído do tráfego. Pressão arterial sistólica, distúrbios do sono, distúrbios de atenção, depressão, stress, insuficiência cardíaca e doença cardíaca hipertensiva são alguns dos efeitos que podem ser gerados pelo ruído do tráfego [3]–[8].

Durante o período noturno, o ruído pode ter um impacto ainda maior na saúde das pessoas. De acordo com Dr. Guénaél Rodier, diretor da OMS (Europa), uma a cada cinco pessoas possui distúrbios do sono devido ao ruído do tráfego [3], [9], [10].

Além dos efeitos na saúde das pessoas, o tráfego de veículos pode afetar os sinais acústicos usados por pássaros na defesa do território e na atração de parceiros e pode alterar comportamentos de sobrevivência em mamíferos [11], [12].

Diante do aumento do fluxo de veículos observado em Belo Horizonte e dos impactos que essa fonte sonora pode gerar, este artigo apresenta a exposição sonora na Av. Amazonas e na Av. Afonso Pena nos períodos diurno (7 h às 19 h), vespertino (19 h às 22 h) e noturno (22 h às 07 h), conforme definido na legislação municipal.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A população de centros densamente povoados pode estar exposta a elevados níveis de pressão sonora. Em Curitiba, por exemplo, foram observados níveis sonoros acima de 65 dB

(ponderação em frequência A) em 70 % dos mais de duzentos pontos medidos, decorrentes do ruído do tráfego [13], [14].

Em Nagpur, na Índia, uma rodovia que atravessa uma aglomeração urbana gera uma exposição sonora que excede os limites vigentes para o local. Em Santiago (Chile) e em Wuhan (China) os resultados são semelhantes [15]–[17].

Jeon *et al.* (2019) avaliaram fatores que podem interferir na acústica urbana de Chancheng (China), relacionados à exposição ao ruído de tráfego, e concluíram que níveis mais elevados foram observados durante períodos fora do horário de pico, indicando uma relação com o aumento da velocidade e do volume de veículos [18].

Além do período (horário de pico ou fora do horário de pico), o tipo e o estado de manutenção do veículo, as características do local (por exemplo, a existência de rotatória), a densidade de construções no entorno, a presença de áreas abertas e a topografia também impactam na exposição sonora gerada pelo ruído de tráfego [17], [19].

Algumas das ações que podem auxiliar no controle, mitigação e prevenção a elevados níveis de pressão sonora gerados pelo tráfego de veículos em centros urbanos são: alteração do tipo de pavimento das vias (reduzindo o ruído pneu-pavimento), gerenciamento do fluxo de veículos, redução da velocidade e incentivos para veículos mais silenciosos, como os elétricos [18], [20].

Em Gotemburgo, na Suécia, diferentes medidas foram avaliadas para a redução do ruído em uma aglomeração urbana. A medida mais efetiva para o local foi a implantação de pneus ou pavimentos de baixo ruído, reduzindo até 29% o número de habitantes expostos a níveis acima de 55 dB [21].

Estudo realizado em metrópoles da América Latina indica que reduzir 50 % do fluxo de veículos pesados ou do fluxo total de veículos reduz 3 dB (ponderação em frequência A) na exposição da população [13].

Por outro lado, um fator que pode elevar os valores de $L_{Aeq,T}$ ao avaliar o ruído do tráfego em centros urbanos é a presença de buzinas. O valor do nível equivalente ponderado em A pode aumentar 4 dB quando há a presença de buzinas [17], [22].

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção apresenta a metodologia e os equipamentos utilizados para elaboração deste artigo.

3.1 Área de estudo

A cidade de Belo Horizonte foi planejada por Aarão Reis. Foram planejadas avenidas e ruas dentro da área circundada pela Av. do Contorno, de forma a permitir o escoamento do fluxo dentro e para fora da região central da capital mineira [23], [24]. A Av. Afonso Pena e Av. Amazonas são duas das avenidas inseridas dentro do perímetro da Av. do Contorno.

A Av. Afonso Pena tem início na Praça da Bandeira, no bairro Serra, e encerra na Praça Rio Branco, conhecida como Praça da Rodoviária. Em seu término, na Praça Rio Branco, os veículos podem seguir para a Rua dos Caetés ou para a Rua Curitiba.

A Av. Amazonas tem início no Anel Rodoviário que dá acesso à Belo Horizonte por meio da cidade limítrofe, Contagem. A avenida finaliza na Praça Rui Barbosa. No último quarteirão, antes de chegar na praça, a avenida se torna de mão única.

Apesar de haver mudanças no número de faixas de veículos durante o trajeto das avenidas, na região central de Belo Horizonte, de forma geral, a Av. Afonso Pena é distribuída em 4 faixas e a Av. Amazonas é distribuída em 3 faixas, em cada um dos sentidos.

3.2 Simulação computacional

Para que fosse atingido o objetivo deste artigo, empregou-se a modelagem computacional anteriormente gerada para a caracterização acústica da região central de Belo Horizonte, publicada em 2021. Essa modelagem foi validada com medições em campo. Os

parâmetros de cálculo foram mantidos, atualizando os dados de tráfego [25].

A atualização consistiu em obter com a SITRAN (Sinalização de Trânsito Industrial) a contagem de veículos feita por radares na Av. Amazonas e na Av. Afonso Pena. Durante o período de um dia, esses dados são contabilizados a cada 15 minutos e divididos nas categorias “motos”, “automóveis” e “ônibus/caminhões”. Para a simulação computacional, motos e automóveis foram considerados como veículos leves e ônibus/caminhões como pesados.

A simulação acústica considerou os cenários individuais da Av. Afonso Pena e da Av. Amazonas, além das duas avenidas juntas.

No *software* acústico Predictor LimA v. 2021, a caracterização do tráfego é realizada por meio da inserção da quantidade de veículos em cada uma das horas do dia, separando-as em períodos. A definição desses períodos (Tabela 1) foi feita a partir da Lei Municipal 9.505, de 2008 [26].

Tabela 1: Limites sonoros da Lei Municipal 9.505 para medições no passeio [26]

Período	Limite sonoro no passeio (dB)
Diurno (7 h – 19 h)	75
Vespertino (19 h – 22 h)	65
Noturno (22 h – 07 h)	50

As delimitações dos períodos do dia (diurno, vespertino e noturno) foram utilizados para a construção dos mapas acústicos. Este artigo considerou a simplificação dos períodos noturnos definidos na lei municipal (22 h até 07 h) e o limite de nível de pressão sonora mais restritivo [26].

Além de delimitar os períodos do dia, a Lei Municipal 9.505 também apresenta os limites de níveis de pressão sonora para o local de imissão e para medições no passeio.



É importante destacar que a situação considerada na modelagem acústica é de um fluxo constante de veículos, sem aceleração e sem desaceleração, com uma velocidade média de 60 km. Essa situação representa o fluxo quando os semáforos nas avenidas estão verdes.

A simulação ocorreu para a situação de tráfego de veículos do dia 15 de junho de 2022, quarta-feira útil na cidade. Os radares utilizados para a simulação computacional foram:

- BRI0293: Av. Afonso Pena, esquina com Rua Bahia, sentido Praça Rio Branco;
- BRI0280: Av. Afonso Pena, esquina com Rua dos Tupinambás, sentido Mangabeiras;
- BRI0590: Av. Afonso Pena, esquina com Rua dos Caetés, sentido Mangabeiras;
- BRI0297: Av. Afonso Pena, esquina com Rua dos Tupis, sentido Mangabeiras;
- BRI0298: Av. Afonso Pena, esquina com Rua dos Tupinambás, sentido Praça Rio Branco;
- BRI0299: Av. Afonso Pena, esquina com Av. Álvares Cabral, sentido Praça Rio Branco;
- BRI0569: Av. Afonso Pena, esquina com Av. Álvares Cabral, sentido Mangabeiras;
- BRI0285: Av. Amazonas, esquina com Rua São Paulo, sentido Praça Raul Soares;
- BRI585: Av. Amazonas, esquina com Rua dos Goitacazes, sentido Praça Rui Barbosa;
- BRI0566: Av. Amazonas, esquina com Rua São Paulo, sentido Praça Rui Barbosa;
- BRI0570: Av. Amazonas, esquina com Av. Paraná, sentido Praça Raul Soares;
- BRI0573: Av. Amazonas, esquina com Rua Curitiba, sentido Praça Rui Barbosa;
- BRI0574: Av. Amazonas, esquina com Rua Curitiba, sentido Praça Raul Soares;
- BRI0586: Av. Amazonas, esquina com Rua dos Goitacazes, sentido Praça Raul Soares;

A Figura 1 apresenta o fluxo de veículos pesados na Av. Afonso Pena. Entre 7 h e 9 h o

fluxo é mais intenso e menos intenso entre 1 h e 3 h.

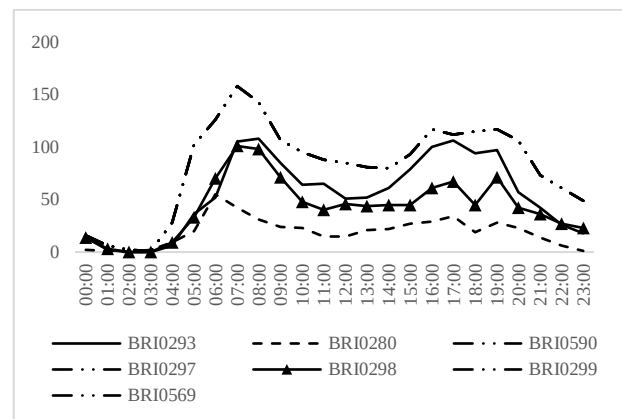


Figura 1: Veículos pesados na Av. Afonso Pena

A Figura 2 apresenta o fluxo de veículos leves na Av. Afonso Pena. Entre 7 h e 18 h o fluxo de veículos leves é mais intenso, permanecendo praticamente constante em alguns dos radares.

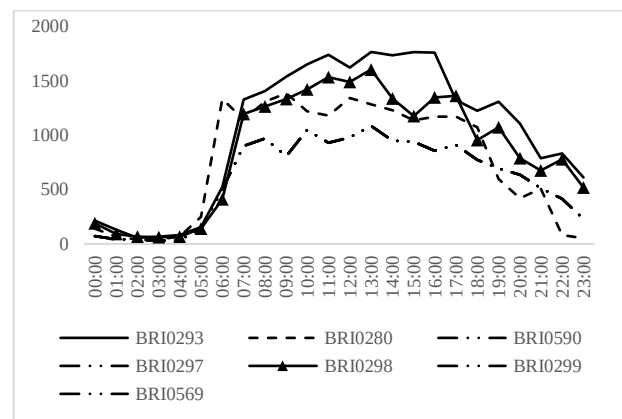


Figura 2: Veículos leves na Av. Afonso Pena

A Figura 3 apresenta o fluxo de veículos pesados na Av. Amazonas. Observa-se que há um pico na quantidade de veículos pesados entre 5 h e 8 h e entre 15 h e 20 h.

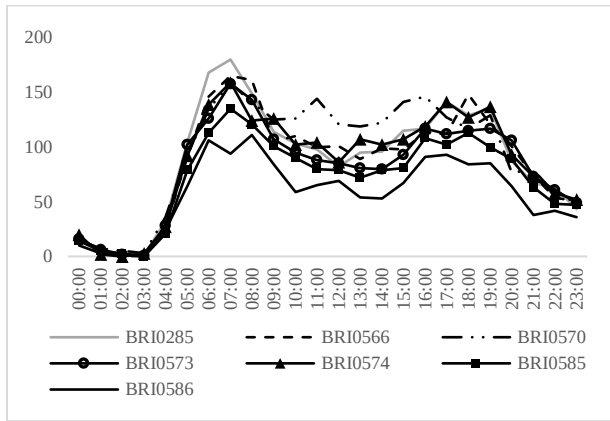


Figura 3: Veículos pesados na Av. Amazonas

A Figura 4 apresenta o fluxo de veículos leves na Av. Amazonas. Ao comparar com o fluxo de veículos leves na Av. Afonso Pena, o da Av. Amazonas é menos intenso. Entre os períodos de 6 h e 18 h há um maior fluxo de veículos leves na Av. Amazonas.

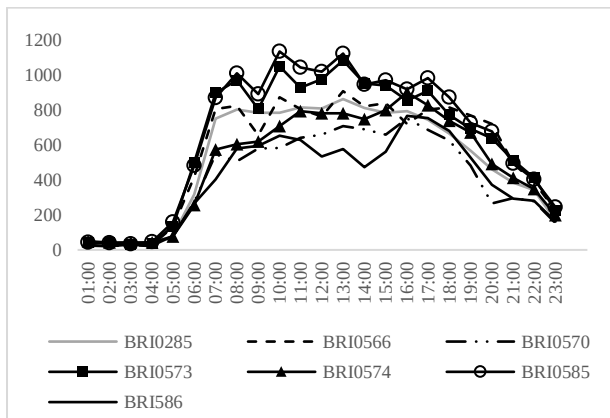


Figura 4: Veículos leves na Av. Amazonas

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa acústico do ruído do tráfego de veículos na Av. Afonso Pena no período diurno é apresentado na Figura 5. Níveis sonoros mais elevados (até 75 dB) são observados próximos ao eixo da avenida, que se propagam para o parque municipal da cidade.

Pode haver uma exposição sonora de até 65 dB nas vias do entorno da Av. Afonso Pena, devido ao tráfego da veículos no período diurno.

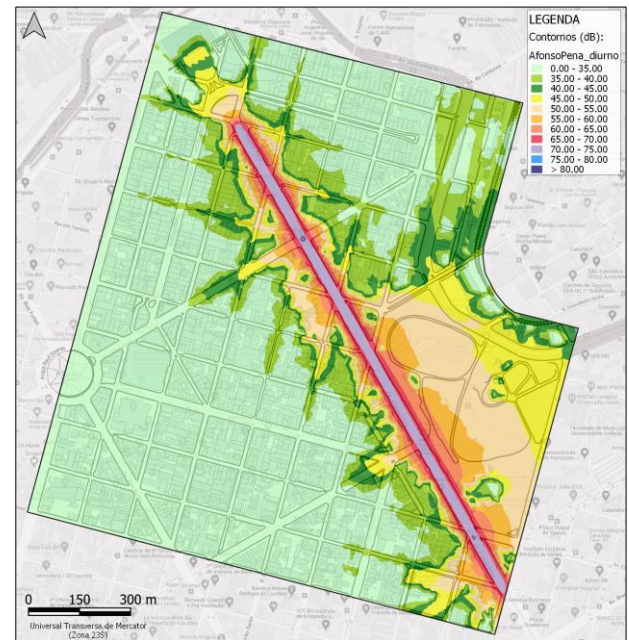


Figura 5: Mapa acústico diurno – Av. Afonso Pena

O mapa acústico do ruído do tráfego de veículos na Av. Afonso Pena no período vespertino é apresentado na Figura 6.

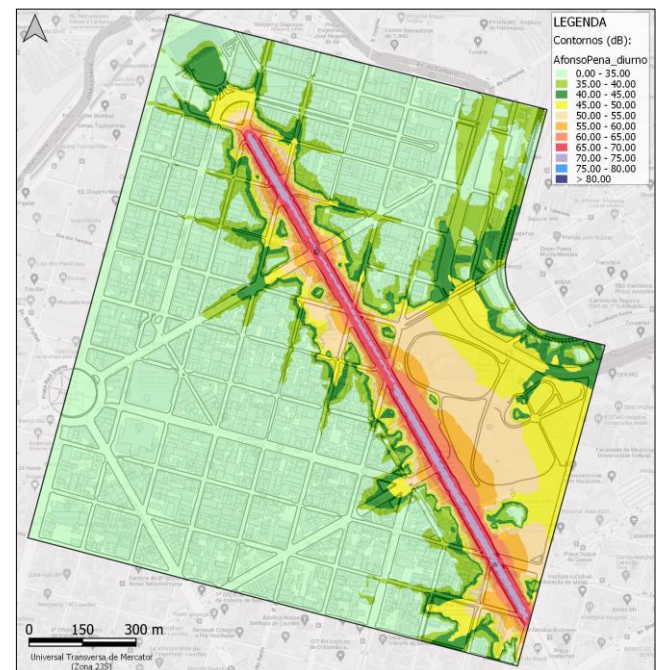


Figura 6: Mapa acústico vespertino – Av. Afonso Pena



Em comparação com o período diurno, no período vespertino são identificados níveis sonoros entre 70 dB e 75 dB em uma menor área e a exposição a níveis maiores do que 35 dB é menor.

O fluxo de veículos no período vespertino, menos intenso, impacta também nos níveis observados no Parque Municipal. No período diurno a propagação de níveis entre 50 dB e 60 dB é maior do que no vespertino.

O mapa acústico do ruído do tráfego de veículos na Av. Afonso Pena no período noturno é apresentado na Figura 7.

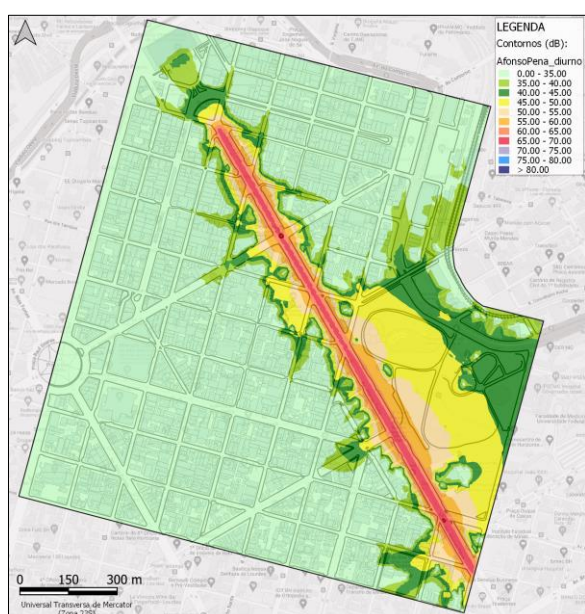


Figura 7: Mapa acústico noturno Av. Afonso Pena

Para o período noturno, a área exposta a níveis acima de 35 dB é inferior à área exposta nos períodos diurno e vespertino. Apesar de apresentar menor propagação de níveis sonoros elevados, níveis acima de 65 dB são observados próximos ao eixo de passagem dos veículos.

O mapa acústico do tráfego de veículos na Av. Amazonas no período diurno é apresentado na Figura 8.

No mapa acústico do período diurno na Av. Amazonas, é possível observar que o tráfego de veículos gera uma exposição sonora, próximo

ao eixo da via, entre 70 dB e 75 dB quase que constante. A propagação sonora gerada pelo trânsito nessa avenida, pode gerar níveis de 60 dB na Praça Raul Soares.

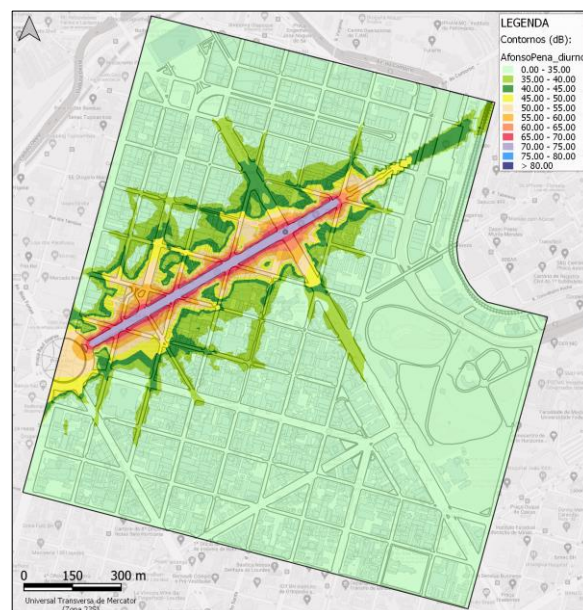


Figura 8: Mapa acústico diurno Av. Amazonas

O mapa acústico do tráfego de veículos na Av. Amazonas no período vespertino é apresentado na Figura 9.

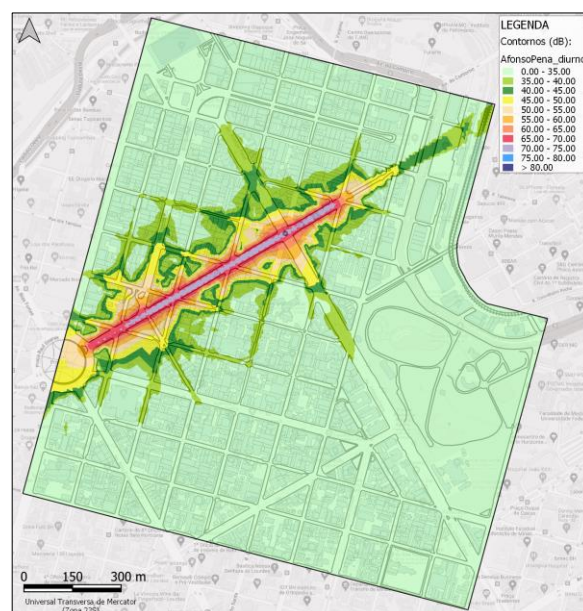


Figura 9: Mapa acústico vespertino Av. Amazonas

O mapa acústico no período vespertino na Av. Amazonas se assemelha ao mapa do período diurno, mas com menor área exposta a níveis acima de 35 dB.

O mapa acústico do tráfego de veículos na Av. Amazonas no período noturno é apresentado na Figura 10.

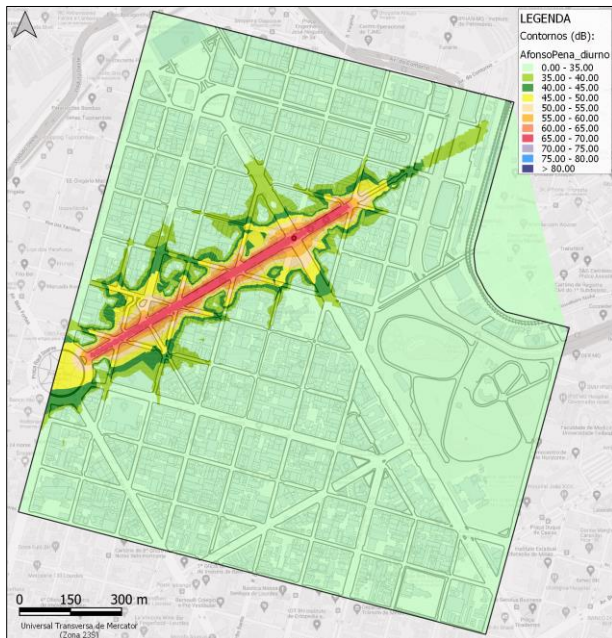


Figura 10: Mapa acústico noturno – Av. Amazonas

Como esperado, o mapa noturno da Av. Amazonas é o que, dentre os três, apresenta os menores níveis de exposição sonora. O resultado indica que, no período noturno, podem ser observados níveis de até 70 dB próximo à avenida.

O mapa acústico que considera o tráfego de veículos na Av. Amazonas e na Av. Afonso Pena no período diurno é apresentado na Figura 11.

O mapa indica o impacto sonoro que duas das avenidas da região central da capital mineira pode gerar. Próximo ao eixo das avenidas predomina níveis entre 70 dB e 75 dB e no cruzamento delas, na Praça Sete de Setembro, os níveis podem atingir mais de 80 dB.



Figura 11: Mapa acústico diurno – Av. Amazonas e Av. Afonso Pena

O mapa acústico que considera o tráfego de veículos na Av. Amazonas e na Av. Afonso Pena no período vespertino é apresentado na Figura 12.



Figura 12: Mapa acústico vespertino – Av. Amazonas e Av. Afonso Pena



Apesar de haver menor exposição a níveis maiores do que 35 dB durante o período vespertino, a área de exposição ainda é grande, inclusive a valores entre 45 dB e 65 dB.

O mapa acústico que considera o tráfego de veículos na Av. Amazonas e na Av. Afonso Pena no período noturno é apresentado na Figura 13.

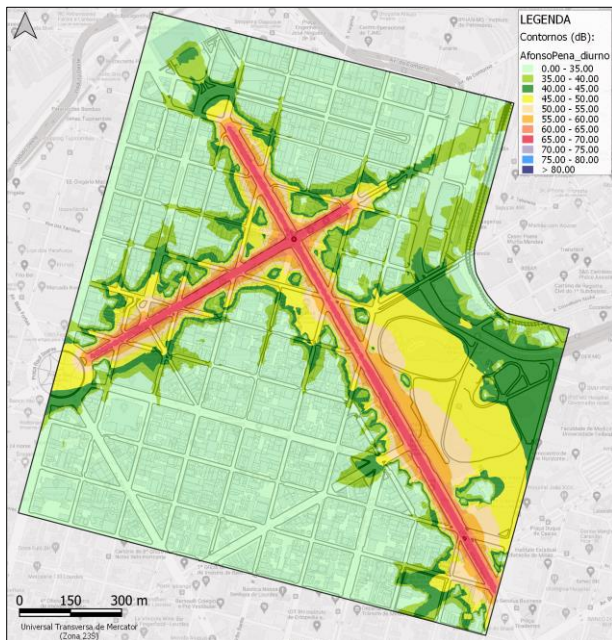


Figura 13: Mapa acústico noturno – Av. Amazonas e Av. Afonso Pena

O mapa indica que a exposição da população no período noturno, pelo tráfego das duas avenidas avaliadas, está entre 60 dB e 70 dB próximo ao eixo das avenidas.

As exposições sonoras individuais geradas pelo tráfego de veículos na Av. Amazonas e na Av. Afonso Pena, no período diurno, não ultrapassaram o limite da legislação municipal (75 dB). Para o período vespertino e noturno os limites foram ultrapassados, principalmente próximo ao eixo da avenida.

Ao avaliar a Av. Afonso Pena e a Av. Amazonas, é possível observar que o tráfego de veículos em avenidas da região central de Belo Horizonte pode gerar níveis de pressão sonora

que ultrapassam os limites adotados pela legislação municipal. É importante ressaltar que, em comparação com outras normas – como a Norma Brasileira ABNT 10.151 de 2019 – a Lei Municipal 9.505 pode ser considerada como muito permissiva [25].

Deve-se considerar na avaliação da exposição sonora da população o fato de que, pela localização dos trechos das avenidas simulados, há a presença também de outras fontes sonoras, como os pedestres, os carros com caixas amplificadoras de som e a fauna. Além disso, nessas avenidas há também a influência do ruído proveniente do tráfego das avenidas no entorno.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou, por meio deste artigo, avaliar o ruído do tráfego na Av. Afonso Pena e na Av. Amazonas, na cidade de Belo Horizonte, nos períodos diurno, vespertino e noturno.

Os resultados indicam que as pessoas na região central da capital mineira estão expostas a níveis sonoros elevados decorrentes do tráfego de veículos, que podem atingir 75 dB. Esses resultados extrapolam os limites de níveis de pressão sonora indicados pela legislação municipal para os períodos vespertino e noturno.

Planos de ação podem ser utilizados, portanto, como medida de mitigação do ruído do tráfego na região central de Belo Horizonte. O gerenciamento de tráfego, a implantação de *traffic calming*, a substituição da frota a diesel por elétricos e a troca do tipo de pavimento são ações que podem ser adotadas [27]–[29].

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe e aos colaboradores deste projeto, em especial à Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTrans), à Sinalização de Trânsito Industrial (SITRAN), à Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), ao dB Laboratório de Engenharia Acústica e ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

REFERÊNCIAS

- [1] F. Malheiro, “Frota de BH e região é a que mais cresceu no Brasil no último ano | O TEMPO,” *O Tempo*, 2019. <https://www.otempo.com.br/cidades/frota-de-bh-e-regiao-e-a-que-mais-cresceu-no-brasil-no-ultimo-ano-1.2251564> (accessed Jun. 15, 2022).
- [2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), “Frota de veículos.” <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/pesquisa/22/28120?ano=2021&indicador=28120> (accessed Jun. 15, 2022).
- [3] WHO (World Health Organization) and JRC (Joint Research Centre), “Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe,” 2011. [Online]. Available: https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888/en/
- [4] M. Skrzypek, M. Kowalska, E. M. Czech, E. Niewiadomska, and J. E. Zejda, “Impact of road traffic noise on sleep disturbances and attention disorders amongst school children living in upper Silesian Industrial Zone, Poland,” *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, vol. 30, no. 3, pp. 511–520, 2017, doi: 10.13075/ijom.1896.00823.
- [5] K. V. Weyde *et al.*, “Nocturnal Road Traffic Noise Exposure and Children’s Sleep Duration and Sleep Problems,” *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2017, Vol. 14, Page 491, vol. 14, no. 5, p. 491, May 2017, doi: 10.3390/IJERPH14050491.
- [6] E. Orban *et al.*, “Residential road traffic noise and high depressive symptoms after five years of follow-up: results from the heinz nixdorf recall study,” *Environmental Health Perspectives*, vol. 124, no. 5, pp. 578–578, May 2016, doi: 10.1289/EHP.1409400.
- [7] A. Seidler *et al.*, “Aircraft, road and railway traffic noise as risk factors for heart failure and hypertensive heart disease—A case-control study based on secondary data,” *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 219, no. 8, pp. 749–758, Nov. 2016, doi: 10.1016/J.IJHEH.2016.09.012.
- [8] E. van Kempen and W. Babisch, “The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: A meta-analysis,” *Journal of Hypertension*, vol. 30, no. 6, pp. 1075–1086, 2012, doi: 10.1097/HJH.0B013E328352AC54.
- [9] A. L. Brown and K. C. Lain, “Urban Noise Surveys,” 1987.
- [10] S. Pirrera, E. de Valck, and R. Cluydts, “Nocturnal road traffic noise: A review on its assessment and consequences on sleep and health,” *Environment International*, vol. 36, no. 5, pp. 492–498, Jul. 2010, doi: 10.1016/J.ENVINT.2010.03.007.
- [11] W. Halfwerk, L. J. M. Holleman, C. Kate. M. Lessells, and H. Slabbekoorn, “Negative impact of traffic noise on avian reproductive success,” *Journal of Applied Ecology*, vol. 48, no. 1, pp. 210–219, Feb. 2011, doi: 10.1111/j.1365-2664.2010.01914.x.
- [12] G. Shannon, L. M. Angeloni, G. Wittemyer, K. M. Fristrup, and K. R. Crooks, “Road traffic noise modifies behaviour of a keystone species,” *Animal Behaviour*, vol. 94, pp. 135–141, Aug. 2014, doi: 10.1016/J.ANBEHAV.2014.06.004.
- [13] P. E. K. Fiedler and P. H. T. Zannin, “Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs—Noise maps and measurements,” *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 51, pp. 1–9, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.eiar.2014.09.014.
- [14] H. Wang, H. Chen, and M. Cai, “Evaluation of an urban traffic Noise-Exposed population based on points of



- interest and noise maps: The case of Guangzhou,” *Environmental Pollution*, vol. 239, pp. 741–750, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.envpol.2017.11.036.
- [15] B. Wang and J. Kang, “Effects of urban morphology on the traffic noise distribution through noise mapping: A comparative study between UK and China,” *Applied Acoustics*, vol. 72, no. 8, pp. 556–568, Jul. 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.01.011>.
- [16] E. S. Silva and J. L. Barros, “Traffic noise mapping of the city of Santiago de Chile,” *Science of the Total Environment*, vol. 466–467, pp. 539–546, 2014, doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.07.013.
- [17] R. Vijay, C. Kori, M. Kumar, T. Chakrabarti, and R. Gupta, “Assessment of traffic noise on highway passing from urban agglomeration,” *Fluctuation and Noise Letters*, vol. 13, no. 4, p. 1450031, Oct. 2014, doi: 10.1142/S021947751450031X.
- [18] J. Y. Jeon and H. I. Jo, “Three-dimensional virtual reality-based subjective evaluation of road traffic noise heard in urban high-rise residential buildings,” *Building and Environment*, vol. 148, pp. 468–477, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.BUILDENV.2018.11.004.
- [19] I. C. M. Guedes, S. R. Bertoli, and P. H. T. Zannin, “Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju - Brazil,” *Science of the Total Environment*, vol. 412–413, pp. 66–76, Dec. 2011, doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.10.018.
- [20] EEA - European Environment Agency, “Environmental noise in Europe,” 2020. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>
- [21] M. Ögren, P. Molnár, and L. Barregard, “Road traffic noise abatement scenarios in Gothenburg 2015 – 2035,” *Environmental Research*, vol. 164, pp. 516–521, Jul. 2018, doi: 10.1016/J.ENVRES.2018.03.011.
- [22] R. Vijay, T. Chakrabarti, and R. Gupta, “Characterization of Traffic Noise and Honking Assessment of an Indian Urban Road,” *Fluctuation and Noise Letters*, vol. 17, no. 4, Dec. 2018, doi: 10.1142/S0219477518500311.
- [23] D. Passos, “A Formação do Espaço Urbano da Cidade de Belo Horizonte: Um estudo de caso à luz de comparações com as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro,” *Mediações - Revista de Ciências Sociais*, vol. 21, pp. 332–358, 2016, [Online]. Available: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/mediacoes/article/view/22406>
- [24] L. W. Assis, “Os climas naturais do município de Belo Horizonte -MG,” *ACTA Geográfica*, pp. 115–135, 2012.
- [25] L. C. C. Mota, “Níveis de pressão sonora na área central de Belo Horizonte, MG,” Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.
- [26] Belo Horizonte, *Lei nº 9505*. 2008. Accessed: May 20, 2019. [Online]. Available: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2008/950/9505/lei-ordinaria-n-9505-2008-dispoe-sobre-o-controle-de-ruídos-sons-e-vibrações-no-município-de-belo-horizonte-e-da-outras-providências>
- [27] P. Kassomenos, K. Vogiatzis, and J. L. B. Coelho, “Critical issues on environmental noise: Editorial,” 2014. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.02.108.
- [28] E. A. King and H. J. Rice, “The development of a practical framework for strategic noise mapping,” *Applied Acoustics*, vol. 70, 2009, doi: 10.1016/j.apacoust.2009.01.005.

- [29] S. Polloni, “Traffic calming and neighborhood livability: Evidence from housing prices in Portland,” *Regional Science and Urban Economics*, vol. 74, pp. 18–37, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2018.11.004>.