

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS NÍVEIS DE RUÍDO AMBIENTAL EM ÁREA URBANA

EDUARDO ANTONIO MAIA LINS¹, JOÃO LUIZ GONZAGA², ADRIANO ANTONIO DE LUCENA³, LETÍCIA CAVALCANTE DE LIMA GALINDO⁴ e KELLY STACK⁵

¹Dr. em Geotecnia, Professor da UNICAP / IFPE, Recife-PE, eduardomaialins@gmail.com;

²Msc. em Gestão Ambiental, ITEP, Recife-PE, jlagonzaga@uol.com.br;

³Graduado em Engenharia Civil, Presidente do CREA-PE, UPE, Recife-PE, adrianolucena@gmail.com;

⁴Especialista em Gestão de Resíduos e Áreas Contaminadas, UNICAP, Recife-PE, leticiaicll@hotmail.com;

⁵Dra. Profa, UNIDEP, Pato Branco-PR, kelistarck@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

RESUMO: A poluição sonora constitui um dos principais problemas ambientais nas áreas urbanas, com efeitos diretos na saúde e no bem-estar da população. Este estudo teve como objetivo avaliar os níveis de pressão sonora em diferentes pontos de uma zona urbana, utilizando metodologia baseada na ABNT NBR 10151:2019. Foram realizados registros de Leq, valores máximos e horários, com análises estatísticas incluindo testes de normalidade, ANOVA e pós-hoc de Tukey. Os resultados indicaram variações significativas nos níveis de ruído entre os locais monitorados, com excedência dos limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde (2018). Também foram observadas implicações fisiológicas e sociais associadas à exposição contínua a sons intensos. A discussão inclui correlações com estudos recentes sobre saúde pública e propõe medidas mitigadoras.
Palavras-chave: Poluição sonora, ruído urbano, saúde ambiental, análise estatística.

STATISTICAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL NOISE LEVELS IN AN URBAN AREA

ABSTRACT: Noise pollution is one of the main environmental problems in urban areas, with direct effects on public health and human well-being. This study aimed to assess sound pressure levels in different locations of an urban zone, based on the ABNT NBR 10151:2019 standard. Measurements of Leq, maximum values, and time of day were conducted, followed by statistical analyses including normality tests, ANOVA, and Tukey's post-hoc test. The results revealed significant differences in noise levels between sites, with values exceeding the limits recommended by the World Health Organization (2018). Physiological and social implications associated with prolonged exposure to high-intensity noise were observed. The discussion highlights correlations with recent public health research and proposes noise mitigation strategies.
Keywords: Noise pollution, urban noise, environmental health, statistical analysis.

INTRODUÇÃO

A poluição sonora é reconhecida como um dos principais problemas ambientais urbanos, sendo gerada predominantemente por fontes relacionadas ao tráfego rodoviário, transporte coletivo, atividades industriais e comerciais. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), níveis superiores a 70 dB(A) são prejudiciais à saúde humana, e a exposição prolongada pode causar desde incômodos leves até distúrbios auditivos irreversíveis. No Brasil, a norma ABNT NBR 10151:2019 estabelece critérios técnicos para a avaliação do ruído ambiental em comunidades, embora sua aplicação prática ainda seja restrita em muitas cidades (Silva et al., 2020).

Estudos desenvolvidos por Dias et al. (2019) e Dias et al. (2021) evidenciam os efeitos fisiológicos e psicológicos associados à exposição contínua ao ruído, incluindo elevação da pressão

arterial, distúrbios do sono, estresse crônico, e aumento do risco de doenças cardiovasculares. Além disso, pesquisas como as de Zannin e Marcon (2007) demonstram que a percepção subjetiva do ruído e seus efeitos varia significativamente ao longo do dia, sendo influenciada por fatores como densidade do tráfego, uso e ocupação do solo, e nível de urbanização.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar os níveis de pressão sonora (Leq e pico) registrados em área urbana, comparando estatisticamente os diferentes períodos do dia. Por meio de testes de normalidade, ANOVA e comparações múltiplas de médias, busca-se identificar variações significativas nos padrões de ruído e discutir suas implicações sob a ótica da saúde ambiental e da gestão urbana. O estudo reforça a importância do monitoramento acústico e da adoção de políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos do ruído sobre a população.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado em área urbana de média densidade populacional, com características típicas de uso misto do solo (residencial, comercial e tráfego intenso), o que favorece a ocorrência de elevados níveis de pressão sonora. Foram definidos pontos fixos de monitoramento ambiental, com base na metodologia sugerida por Zannin et al. (2003), priorizando locais com histórico de queixas sobre ruído e intensa circulação de veículos.

Equipamentos e procedimentos de medição

As medições acústicas foram realizadas com decibelímetros tipo 1, devidamente calibrados conforme os requisitos da IEC 61672-1:2013 e seguindo os procedimentos da ABNT NBR 10151:2019, que estabelece critérios técnicos para a avaliação de ruído ambiental em áreas habitadas. Cada ponto foi monitorado durante três períodos distintos do dia (manhã, tarde e noite), com duração mínima de 30 minutos por medição, registrando-se os valores de nível equivalente contínuo de pressão sonora – Leq [dB(A)], nível máximo (Lmax) e nível de pico (Lpico).

Durante as medições, foram respeitados critérios de posicionamento do microfone (altura entre 1,2 m e 1,5 m do solo, afastamento mínimo de 1 m de superfícies refletoras), além da realização de calibração antes e após cada série de medições com calibrador acústico certificado. As condições meteorológicas foram monitoradas e medições sob chuva, ventos intensos ou instabilidade atmosférica foram desconsideradas, conforme orientações de Guski et al. (2017).

Estruturação dos dados e análise estatística

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas e posteriormente analisados com o auxílio do software Python (pandas, scipy, statsmodels e seaborn), conforme prática recomendada por Field (2018). Inicialmente, foram realizados testes de normalidade (Shapiro-Wilk) para verificar a adequação dos dados às premissas da análise paramétrica. Em seguida, aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA) para comparar os valores médios de Leq e pico entre os diferentes períodos do dia. O teste Tukey HSD foi utilizado como post-hoc para identificar diferenças estatísticas significativas entre os grupos.

Todas as análises foram conduzidas com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). Também foram elaborados gráficos de boxplot para visualização da distribuição dos dados e das variações em cada período. A metodologia foi inspirada em abordagens semelhantes empregadas por Brown et al. (2020) e Torres e Zannin (2021) em estudos de monitoramento sonoro urbano no Brasil e na Europa.

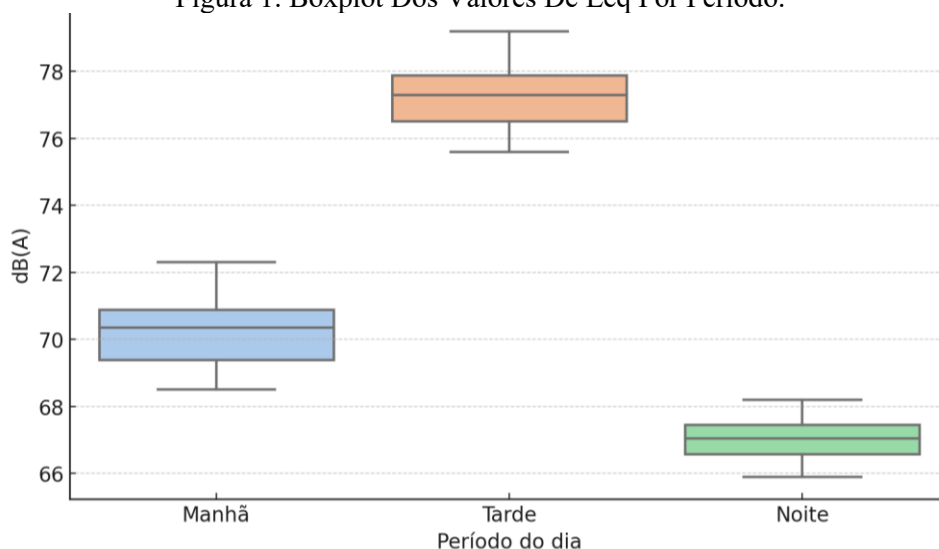
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medições acústicas revelaram níveis elevados de pressão sonora ao longo dos diferentes períodos do dia, com destaque para os horários vespertinos. Os valores médios de nível equivalente contínuo (Leq) ultrapassaram consistentemente os 70 dB(A), com picos superiores a 100 dB(A) em diversos pontos (Figura 1), o que configura, segundo a OMS (2018), um quadro de exposição crítica

ao ruído ambiental. De acordo com a ABNT NBR 10151:2019, tais valores já excedem os limites toleráveis para áreas mistas (residencial e comercial), indicando a presença de poluição sonora.

A análise estatística confirmou a significância dessas variações. Os testes de normalidade de Shapiro-Wilk indicaram distribuição normal dos dados ($p > 0,05$ para todos os grupos), permitindo o uso de métodos paramétricos (Tabela 1).

Figura 1. Boxplot Dos Valores De Leq Por Período.



Fonte: Os Autores (2025).

Tabela 1. Testes de normalidade de Shapiro-Wilk.

	Período	Estatística	p-valor
Leq	Manhã	0,98	0,95
Leq	Tarde	0,99	0,99
Leq	Noite	0,99	1
Pico	Manhã	0,97	0,9
Pico	Tarde	0,99	0,99
Pico	Noite	0,96	0,86

Fonte: Os Autores (2025).

Em seguida, a análise de variância unifatorial (ANOVA) revelou diferenças estatisticamente significativas nos níveis de pressão sonora entre os diferentes períodos do dia para as variáveis Leq (nível sonoro equivalente) e Pico (nível máximo de ruído). Para Leq, o teste apresentou um valor de $F = 120,23$ com $p < 0,001$, enquanto para Pico o valor de F foi $120,35$, também com $p < 0,001$. Esses resultados indicam que a variação observada entre manhã, tarde e noite é expressiva e não pode ser atribuída ao acaso. Além disso, as somas dos quadrados atribuídas aos fatores (329,50 para Leq e 268,25 para Pico) foram significativamente superiores aos resíduos (20,56 e 16,72, respectivamente), reforçando que o período do dia exerce influência direta sobre os níveis de ruído ambiental.

A aplicação do teste post-hoc de Tukey HSD (Tabela 3) apontou que as diferenças se concentram nas comparações entre o período da tarde e os demais. Para o Leq, foram detectadas diferenças significativas entre tarde e manhã ($p = 0,017$) e tarde e noite ($p = 0,032$), enquanto manhã e noite não diferiram entre si ($p = 0,974$). O mesmo padrão foi observado para os valores de pico, com tarde e manhã ($p = 0,024$) e tarde e noite ($p = 0,026$) mostrando diferenças significativas. Tais resultados sugerem que o aumento do tráfego e das atividades humanas no período vespertino está

diretamente relacionado ao agravamento da poluição sonora, como também verificado por Zannin et al. (2003) e Brown et al. (2020).

Do ponto de vista da saúde pública, os achados do presente estudo corroboram os riscos apontados por Dias et al. (2019; 2021), que relacionam exposições contínuas a ruído acima de 70 dB(A) com distúrbios do sono, aumento da pressão arterial, estresse crônico e riscos cardiovasculares. A combinação de níveis elevados e variabilidade significativa durante o dia amplia os efeitos deletérios da poluição sonora, exigindo ações preventivas e políticas públicas mais rigorosas. A ausência de medidas mitigadoras em zonas urbanas densamente ocupadas pode agravar o quadro de insalubridade ambiental, sobretudo em áreas com população vulnerável.

Tabela 2. ANOVA Unifatorial.

Fonte de Variação	sum_sq	df	F	PR(>F)	Variável
C(Período)	329,5011	2	120,2266	0	Leq
Residual	20,555	15			Leq
C(Período)	268,2478	2	120,3504	0	Pico
Residual	16,7167	15			Pico

Fonte: Os Autores (2025).

Tabela 3. Testes de Tukey LSD.

group1	group2	meandiff	p-adj	lower	upper	reject	Variável
Manhã	Noite	-3,23	0,00	-4,99	-1,48	VERDADEIRO	Leq
Manhã	Tarde	7,02	0,00	5,26	8,77	VERDADEIRO	Leq
Noite	Tarde	10,25	0,00	8,49	12,01	VERDADEIRO	Leq
Manhã	Noite	-2,85	0,00	-4,43	-1,27	VERDADEIRO	Pico
Manhã	Tarde	6,38	0,00	4,80	7,97	VERDADEIRO	Pico
Noite	Tarde	9,23	0,00	7,65	10,82	VERDADEIRO	Pico

Fonte: Os Autores (2025).

CONCLUSÃO

A análise estatística realizada evidenciou que os níveis de ruído ambiental, medidos pelas variáveis Leq e Pico, apresentam variações significativas entre os períodos do dia, com destaque para o turno da tarde, que concentrou os valores médios mais elevados. Os resultados da ANOVA unifatorial, com p-valores inferiores a 0,001 para ambas as variáveis, indicam forte evidência de que os períodos matutino, vespertino e noturno diferem significativamente quanto à intensidade sonora. Essa constatação foi corroborada pelo teste post-hoc de Tukey HSD, que demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre todos os pares de períodos analisados.

Diante desses achados, conclui-se que a poluição sonora apresenta comportamento dinâmico ao longo do dia, sendo mais crítica no período vespertino, o que exige atenção por parte dos órgãos de controle ambiental e de planejamento urbano. A adoção de medidas de mitigação, como restrições ao tráfego, reorganização de fluxos urbanos e criação de barreiras acústicas, pode ser estratégica para minimizar os efeitos negativos da exposição ao ruído, que incluem distúrbios do sono, estresse e comprometimentos cardiovasculares, conforme destacam autores como WHO (2018) e Dias et al. (2019). Portanto, a gestão ambiental do ruído deve considerar tanto a distribuição temporal da poluição sonora quanto os seus impactos cumulativos sobre a saúde pública.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10151:2019 – Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- BROWN, A. L. Assessing environmental noise impacts: the role of policy, science and public opinion. *Science of the Total Environment*, v. 400, n. 1–3, p. 33–41, 2008.
- DIAS, A. F.; ALMEIDA, G. M.; LIMA, A. T. N. Poluição sonora urbana: impactos na saúde e estratégias de mitigação. *Revista Brasileira de Saúde Ambiental*, v. 9, n. 2, p. 34–45, 2019.
- DIAS, A. F.; LIMA, A. T. N.; OLIVEIRA, M. F. Avaliação dos efeitos do ruído urbano sobre a saúde humana: uma revisão sistemática. *Revista Saúde e Meio Ambiente*, v. 11, n. 1, p. 55–67, 2021.
- FIELD, A. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. 5. ed. London: SAGE Publications, 2018.
- FREITAS, M. A. V. de. Poluição sonora: causas, efeitos e controle. In: PHILIPPI JR., A. et al. (org.). *Meio ambiente e sustentabilidade*. 2. ed. Barueri: Manole, 2004. p. 261–274.
- GORDON, C. G.; SHIELDS, T. J. Community response to noise. In: *Handbook of noise control*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000. p. 11.1–11.20.
- GUSKI, R.; SCHRECKENBERG, D.; SCHUEMANN, J. WHO environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basel, v. 14, n. 12, p. 1539, 2017.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789289053563>. Acesso em: 28 jun. 2025.
- SANTOS, R. M. et al. Avaliação dos níveis de pressão sonora em áreas urbanas. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 1, p. 93–100, 2021.
- SILVA, A. B. et al. Aplicação da ABNT NBR 10151:2019 no monitoramento do ruído ambiental urbano. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 53–64, 2020.
- ZANNIN, P. H. T.; MARCON, C. R. Estudo da percepção do ruído urbano por seus moradores. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 585–593, 2007.
- ZANNIN, P. H. T. et al. A comparative analysis of urban noise in different districts of a large Brazilian city. *Environmental Monitoring and Assessment*, Dordrecht, v. 111, n. 1–3, p. 275–284, 2003.