SBQP 2023
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Sustentabilidade e Responsabilidade Social no Projeto. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PROGRAU) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). De 16 a 18 de Novembro, Pelotas, RS, Brasil.

AVALIAÇÃO ACÚSTICA DE UM CÂNION URBANO[1]

SANTOS, Marcos V.A.(1); REZENDE, Laura M.(2); BARBOSA, Sabrina A. (3); DRACH, Patrícia R.C.(4)

(1) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, mvantonio@icloud.com

(2) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, lauramrezende@hotmail.com

(3) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, sandrade@esdi.uerj.br

(4) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, patricia.drach@gmail.com

RESUMO

O planejamento acústico de áreas urbanas, apesar de impactar significativamente a saúde da população, ainda não recebe atenção suficiente. As ruas-cânion trazem preocupações pois se trata de uma configuração morfológica em que a verticalização dos edifícios enfileirados ao longo de ambos os lados pode inibir o espraiamento dos raios sonoros. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar as condições acústicas de um cânion urbano. Medições in loco durante a semana e finais de semana, nos períodos da tarde e noite, foram realizadas e comparadas em duas ruas na cidade de Petrópolis - RJ: a rua-cânion 16 de Março e a larga rua do *Imperador. Os resultados indicaram que nenhum dos pontos de medição apresentaram níveis de pressão sonora dentro dos limites indicados por normativa nacional, demonstrando que o nível de ruído no meio urbano em Petrópolis é excessivo. Na rua-cânion, embora prioritariamente para pedestre, a alta verticalização possivelmente resultou em múltiplas reflexões sonoras entre fachadas, limitando o espraiamento dos raios e contribuindo para o aumento dos níveis sonoros. Assim, apesar das distintas relações de altura e largura das ruas e das diferenças em relação à geometria das edificações, os usos e fluxos foram determinantes nas diferenças de ruído entre as ruas.*

Palavras-chave: *conforto acústico, cânion urbano, medições in loco; Petrópolis.*

ABSTRACT

The acoustic planning of urban areas, despite significantly impacting the health of the population, still does not receive enough attention. The canyon-streets raise concerns because it is a morphological configuration in which the verticalization of the buildings lined up along both sides can inhibit the spreading of sound rays. Thus, the objective of this work is to evaluate the acoustic conditions of an urban canyon. In loco measurements during the week and weekends, in the afternoon and evening periods, were carried out and compared in two streets in the city of Petrópolis - RJ: the Rua-Canyon 16 de Março and the rua do Imperador. The results indicated that none of the measurement points had sound pressure levels within the limits indicated by national regulations, demonstrating that the noise level in the urban environment of Petrópolis is excessive. In the canyon-street, although primarily for pedestrians, the high verticality could develop multiple sound reflections between facades, limiting the

[1] SANTOS, M.V.A.; REZENDE, L.M.; BARBOSA, S.A.; DRACH, P.R.C. Avaliação acústica de um cânion urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2023, Pelotas. **Anais**... Pelotas: PROGRAU/UFPEL, 2023. p. 01-10. DOI https: //doi.org./ 10.46421/sbqp.v3i.4069

scattering of rays and vibration to increase sound levels. Thus, despite the different ratios of height and width of the streets and the differences in relation to the geometry of the buildings, the uses and flows were determinant in the noise differences between the streets.

***Keywords**: acoustic comfort; urban canyon; in loco measurements; Petrópolis.*

1 INTRODUÇÃO

Os problemas associados ao aumento da exposição ao ruído urbano - especialmente devido ao tráfego rodoviário - são bem conhecidos. De acordo com a OMS (2018), o ruído é classificado como o segundo maior poluidor mundial, atrás somente da poluição atmosférica, podendo causar efeitos cardiovasculares e metabólicos, além de impactos no sono, comprometimento cognitivo e até deficiência auditiva, afetando a qualidade de vida e o bem-estar das pessoas. Para o controle do ruído, normas nacionais e internacionais têm recomendado limites sonoros com o objetivo de promover o conforto acústico e evitar danos à audição. Contudo, essas normatizações não são seguidas em todas as localidades. No Brasil, uma das principais normativas que tratam do tema é a ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) NBR 10.151: 2019, que recomenda os limites aceitáveis do nível de pressão sonora em função do tipo e uso da região. Em áreas mistas com vocação comercial e administrativa, por exemplo, os limites recomendados são de 60 e 55 dB para os períodos diurno e noturno, respectivamente.

No entanto, o planejamento acústico das áreas urbanas ainda não recebe atenção suficiente (ENGEDY, 2019). No meio urbano, o som, que pode ser gerado tanto pelo ambiente quanto por atividades humanas, é considerado uma valiosa fonte de informações sobre a saúde da cidade. Assim, uma melhor compreensão dos sons urbanos pode contribuir para o controle mais eficiente do ruído. No meio urbano, *cânion*s urbanos trazem preocupações quanto ao conforto acústico. Trata-se de uma configuração morfológica em que as edificações estão enfileiradas ao longo de ambos os lados de uma rua, causando o chamado efeito Cânion, no qual, os edifícios funcionam como espelhos, o que resulta em múltiplas reflexões entre fachadas, aumentando a pressão sonora em certas áreas. Tal configuração é predominante nas áreas centrais das cidades. Os efeitos do *cânion* urbano no clima (AGUIAR *et al*., 2017), na poluição do ar (MIAO *et al*., 2020) e no desempenho luminoso (HÖPPE *et al*., 2017) têm sido estudados, contudo poucos ainda são os trabalhos que tratam do efeito acústico do *cânion* sobre o pedestre. Uma recente revisão de literatura sobre o tema indicou que a maioria das pesquisas já realizadas consideram cânions com edifícios com até 9 pavimentos (YANG e JEON, 2020). Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar as condições acústicas de um cânion urbano, comparando os níveis de pressão sonora com uma rua aberta próxima, a fim de contribuir para literatura acerca do tema. Neste estudo, medições *in loco* foram realizadas em duas ruas na cidade de Petrópolis: a rua-cânion 16 de Março, que é prioritariamente de pedestres e possui edificações de até 16 pavimentos, e a larga rua do Imperador. Pontos de medições adicionais foram considerados no entorno imediato da área estudada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em um estudo por meio de simulação computacional bidimensional, Sanchez *et al*. (2015) avaliaram várias soluções arquitetônicas e identificaram elementos de projeto que influenciam no comportamento acústico em cânions urbanos. Os resultados

indicaram que devido à geometria dos edifícios, suas partes mais baixas exercem maior influência acústica aos pedestres e às janelas dos pisos inferiores. Contudo, os autores indicam que arquitetos e urbanistas usualmente tomam decisões sobre regulamentos urbanos que definem a forma das ruas e dos edifícios sem levar em consideração a distribuição sonora.

Em um estudo em uma rua exclusiva para pedestres na cidade de Barcelona, Montolio e Cabillo (2019) identificaram que os níveis acústicos medidos em diferentes alturas da fachada de um edifício foram semelhantes. Por outro lado, o padrão de distribuição sonora foi diferente nos momentos que a rua está ou não ocupada, quando foram apresentados valores médios de 75 e 60 dB, respectivamente. Foi identificado ainda, que o ruído de fundo proveniente das ruas perpendiculares onde ocorre o tráfego rodoviário, é por difração, transmitido à rua analisada. Os autores concluíram que uma rua-*cânion* se comporta de maneira mais semelhante a um espaço interior do que exterior. Contudo, nestes casos, as múltiplas reflexões sobre as fachadas geram um efeito negativo, tanto para os pedestres, quanto aos interiores das edificações.

Por outro lado, Engedy *et al*. (2018) indicam que a análise do *cânion* urbano como um átrio interno é improcedente, uma vez que as propriedades dos materiais das superfícies das edificações, os tipos e as frequências sonoras de fontes móveis como automóveis, presença de vento e vegetação são fatores de incertezas quanto ao ambiente acústico. Assim, muitos são os elementos que devem ser considerados na avaliação sonora em meios urbanos. Como consequência, estudos que analisam a propagação sonora em áreas urbanas têm usado diferentes métodos de avaliação como simulação computacional (SZABÓ *et al*., 2018), estudos numéricos (SCHIFF *et al*., 2010), medições in loco (TRIKOOTAM *et. al*, 2019), dentre outros. As vantagens dessa última abordagem incluem baixo custo e facilidade de execução. Assim, o estudo da acústica no *cânion* urbano ainda demanda avaliações de situações reais, que incorporem a influência de sons provenientes de outras ruas próximas, com geometrias diferentes do *cânion*, do vento e da geometria das fachadas locais.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização do objeto de estudo

Este trabalho foi desenvolvido em duas ruas do centro histórico de Petrópolis, RJ: a rua 16 de Março e a rua do Imperador (Figura 1). A rua 16 de Março, que leva o nome da data de fundação da cidade, compõe-se de uma via estreita que sofreu intenso processo de verticalização. Ela concentra atualmente edificações com atividades e usos mistos como hotéis, serviços bancários e comércio, predominantemente nos térreos, e usos residenciais nos pavimentos superiores. A rua possui uma via para automóveis com faixas elevadas e calçadas laterais em pedra. Ela possui comércio diversificado e grande concentração do setor de serviços. A largura total da rua é de 7 metros, sendo 2 metros destinados a cada calçada e 3 metros à faixa de rolamento dos automóveis. Seus edifícios chegam a alturas de até 16 pavimentos. A maioria das fachadas é plana, embora alguns edifícios apresentem sacadas e marquises; em termos de materiais, predomina a alvenaria e o vidro, havendo também a presença ocasional de azulejos em algumas construções.

Por outro lado, a rua do Imperador se caracteriza por duas vias que margeiam os rios Quitandinha e Palatino. A rua se configura como o centro comercial da cidade

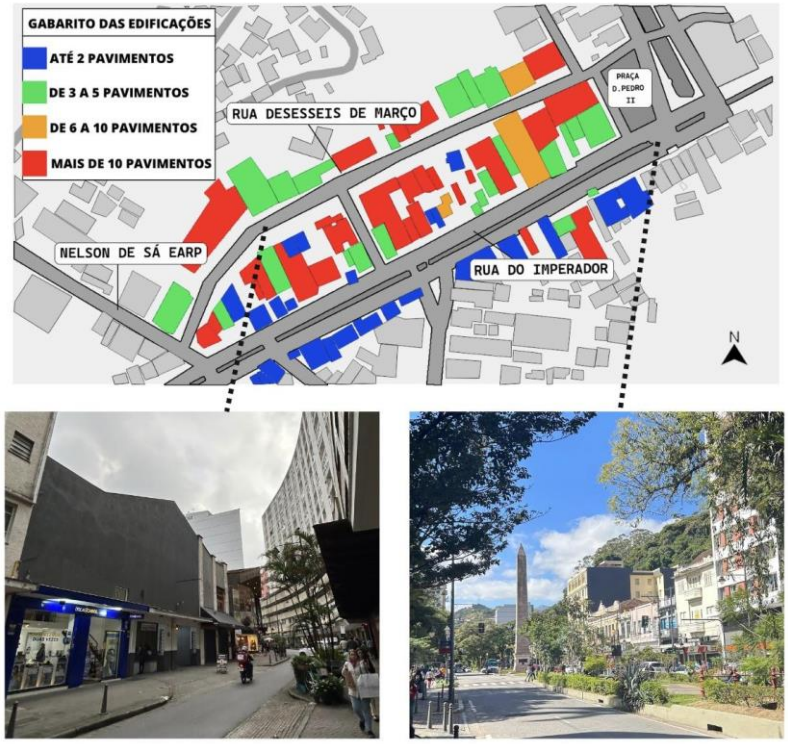
desde a fundação da Imperial Colônia de Petrópolis. A partir de 1850, começou a construção de sobrados com lojas comerciais no térreo, cujos proprietários eram maioritariamente portugueses e alemães2. Com uma largura de 30 metros, nota-se na rua do Imperador a presença de espécies arbóreas margeando os rios. As construções apresentam, em média, uma altura de 5 pavimentos. As fachadas revelam uma ampla variedade, que abrange desde construções coloniais, como sobrados de dois andares, passando pelo legado Art Déco em Petrópolis, até chegar aos edifícios contemporâneos, nos quais se destaca a utilização de materiais como alvenaria e vidro nas aberturas.

No período entre 1976 e 1998, nessas duas ruas, a legislação permitia a construção de edifícios de até 14 pavimentos, com recuo dos primeiros andares, de forma a resultar em galerias cobertas ao longo das calçadas. O Decreto 143/76 pressupõe uma continuidade dessas galerias, com a consequente demolição dos edifícios preexistentes, incluindo prédios de interesse histórico. Contudo, essa condição foi alterada pelo Decreto 90/81, que restabeleceu o interesse pela preservação dos prédios de interesse histórico e paisagístico no Centro de Petrópolis (DIAS *et al*., 2014).

3.2 Medições *in loco* e análise dos dados

Com intuito de comparar os níveis de pressão sonora nos períodos da tarde e da noite, medições *in loco* foram realizadas nos horários entre 13 e 15 h e entre 19 e 20 h durante os meses de abril e maio de 2023 em pontos distribuídos nas ruas 16 de Março e do Imperador (Figura 1), de forma a permitir a comparação das duas configurações. A Figura contém a estimativa do número de pavimentos das edificações nas duas ruas.

Figura 1 – Localização e imagens das ruas 16 de Março e do Imperador

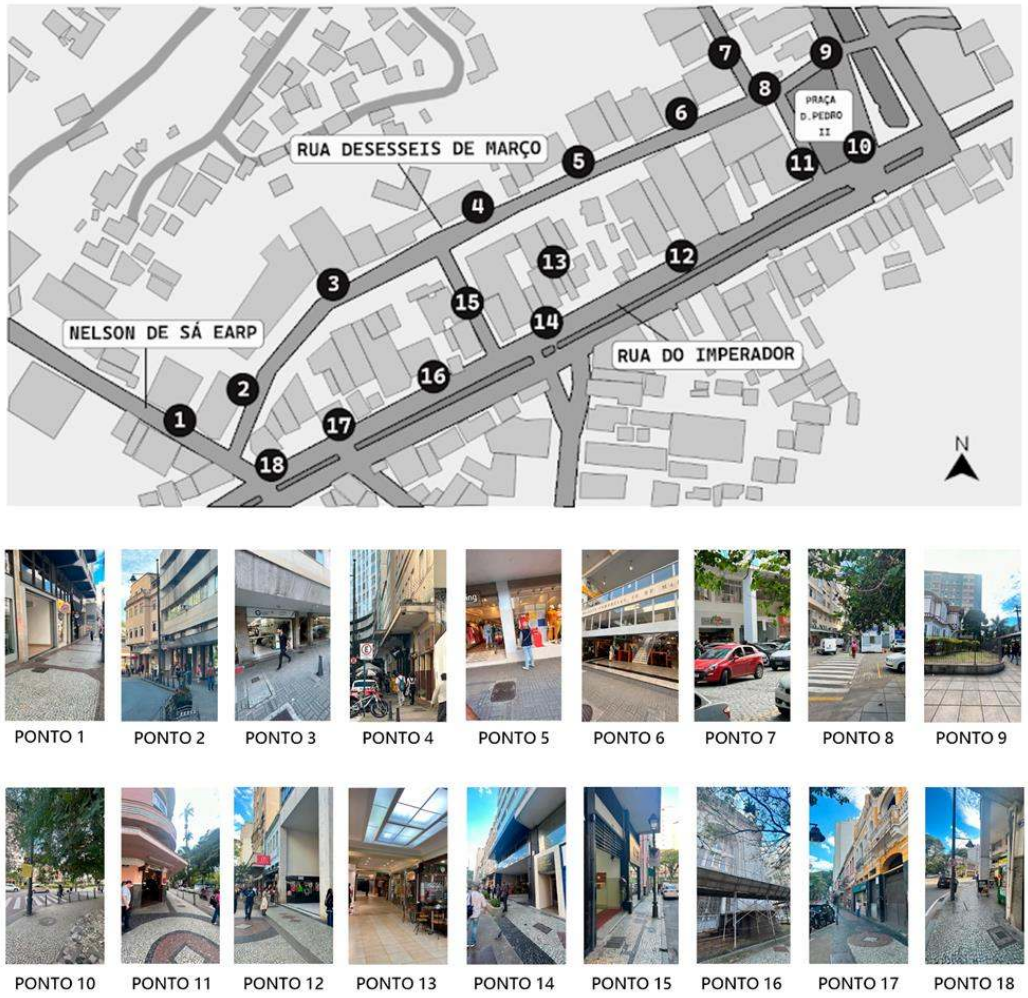


[2] https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=444984&view=detalhes

Fonte: os autores

A partir da observação dos locais mais movimentados (próximos a bares, loja de construção, padaria, restaurante, mercado e centros comerciais), foram determinados 18 pontos nas ruas avaliadas e no entorno imediato (Figura 2). Para as medições dos níveis de pressão sonora foi utilizado o Sonômetro DEC-500 da marca Instrutherm, calibrado através do calibrador MOD CAL 5000 nível 94 e 114 dB. O aparelho realiza medições na faixa de 30 a 130 dB. As medições consideraram as recomendações da NBR 10.151 (ABNT, 2019) que indica que os equipamentos de medição devem estar a uma distância de 1,2 m do piso e no mínimo 2 m de quaisquer superfícies refletoras. Contudo, a normativa não especifica um tempo mínimo para a medição, mas determina que este deve ser escolhido de forma a conseguir caracterizar o ruído local. Assim, neste estudo, o aparelho foi configurado para realizar a média das medições em intervalos de 5 minutos.

Figura 2 – Localização e fotos dos pontos de medição



Fonte: os autores

Os dados coletados foram organizados em tabelas do Excel, utilizadas para a construção de gráficos. Mapas sonoros foram desenvolvidos a partir de imagens de satélite e dos pontos de medição. Como parâmetros de análise, os dados coletados foram comparados aos limites estabelecidos pela NBR 10.151 (ABNT, 2019), com destaque para os valores para áreas mistas, com vocação comercial e administrativa nos períodos diurno e noturno (Tabela 1).

Tabela 1 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período

TIPOS DE ÁREAS HABITADAS	Limites de níveis de pressão sonora (db)	
	Período diurno	Período noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana, hospitais ou escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT, 2019

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 apresenta o mapa sonoro desenvolvido a partir das medições feitas durante o dia. Os valores apresentados resultam da média aritmética dos dados sonoros de cada ponto obtidos durante as medições. Nenhum dos pontos de medição apresentou níveis de pressão sonora dentro dos limites indicados pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2019). Isso demonstra que o nível de ruído nas duas ruas analisadas é excessivo, podendo ser, portanto, prejudicial à saúde da população. Percebe-se ainda que os níveis sonoros mais expressivos se encontram nas extremidades das ruas analisadas, onde estão avenidas mais largas, o que pode ser explicado pelo alto tráfego rodoviário. O mapa indica, também, que durante o dia, a rua do Imperador apresenta-se mais ruidosa que a rua 16 de Março, apesar de não se caracterizar como um cânion. Isso pode ser explicado pelo fato de que a rua tem predominantemente um caráter comercial e de serviços, o que gera um aumento significativo no fluxo de pessoas na região. Além disso, ela é uma via de maior velocidade e uma das principais artérias da cidade, conectando-a a outros bairros, o que resulta em um maior volume de tráfego de veículos e, por conseguinte, em níveis mais elevados de ruído.

Figura 3 – Mapa sonoro a partir das medições diurnas



Fonte: os autores

A Figura 4 apresenta as médias dos níveis de pressão sonora medidos no período noturno. Comparado ao período do dia, foi possível perceber que na 16 de Março houve uma pequena mudança dos níveis de ruído, que se mantiveram mais uniformes, 63 à 65 (dB). Embora observa-se o fechamento dos comércios ao final do dia, ainda existe uma significativa movimentação de pessoas, devido ao seu caráter também residencial e de lazer, com a presença de pequenos restaurantes ou bares, que fecham mais tarde. Ainda, vale destacar a influência da formação e do efeito do *cânion*, que apesar das mudanças sofridas ao longo do dia, faz a rua permanecer numa mesma média de faixa sonora. Na rua do Imperador, por outro lado, observou-se uma redução nos níveis de ruído durante a noite, devido principalmente ao encerramento das atividades comerciais, sendo a influência mais pronunciada apenas pelo tráfego de veículos.

Figura 4 – Mapa sonoro a partir das medições noturnas



Fonte: os autores

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos em cada ponto nos diferentes dias de medições. É possível perceber que os níveis de pressão sonora variam de 57 dB a 76 dB. Destaca-se o ponto 1, que apresenta os mais altos níveis de pressão sonora em relação aos demais. Isso pode estar relacionado ao fato de ser um ponto de confluência das duas ruas, também identificado por Montolio e Cabillo (2019) em Barcelona, e da maior concentração comercial, como galerias, bares e restaurantes. Ainda, comparando-se os dias, nota-se uma baixa variação na área dos pontos 16, 17 e 18, que pode ser devido à baixa concentração de edifícios de serviços no final da rua. Além disso, os pontos 9 e 10 foram os únicos que apresentaram aumento do nível de ruído durante a noite, o que pode ser em virtude da maior movimentação de pessoas na praça e no ponto de ônibus.

Tabela 2 - Resultados das medições diárias

	Sábado		Terça-feira		Terça-feira		Sexta-feira	
Pontos	Tarde	Noite	Tarde	Noite	Tarde	Noite	Tarde	Noite
1	69,90	70,30	76,70	68,80	70,00	76,60	73,30	73,60
2	63,00	61,00	66,00	64,00	61,80	63,70	68,50	70,30
3	66,10	61,80	64,90	59,30	64,50	67,40	63,10	62,60
4	67,00	66,90	66,50	58,80	63,80	65,00	64,80	62,80
5	64,50	62,20	63,60	58,00	63,20	64,90	66,90	64,50

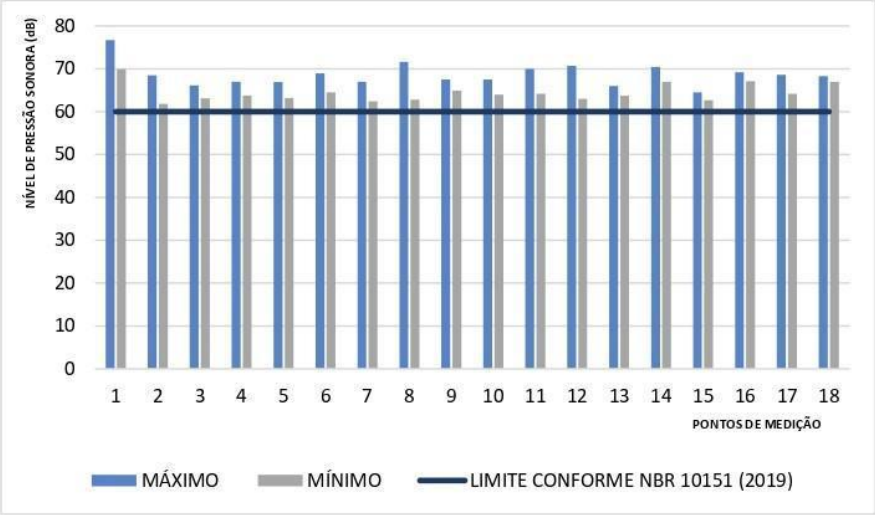
6	68,90	65,30	67,60	62,50	64,50	63,70	66,50	66,50
7	66,90	65,20	63,30	57,30	62,40	65,40	67,00	65,90
8	64,80	65,80	67,40	62,80	62,80	65,60	71,60	67,70
9	66,20	70,90	64,90	68,30	65,80	70,10	67,50	69,80
10	64,00	68,40	66,30	67,60	67,50	70,60	64,90	67,20
11	70,00	69,70	69,60	64,30	64,20	62,80	69,10	74,30
12	70,70	62,90	63,00	58,20	66,00	65,90	69,30	68,50
13	66,00	61,80	65,40	68,10	63,80	60,00	63,70	62,40
14	67,00	66,60	70,40	66,20	67,50	65,90	70,00	70,60
15	62,70	62,40	64,50	59,90	63,30	58,50	62,70	64,30
16	69,20	66,60	68,10	65,90	67,50	66,80	67,10	67,60
17	68,50	66,00	68,30	65,30	64,20	63,60	68,60	66,10
18	68,30	64,80	67,90	66,90	67,00	64,00	67,10	69,60

	57 – 60 (dB)
	61 – 64 (dB)
	65 – 68 (dB)
	69 – 72 (dB)
	73 – 76 (dB)

Fonte: os autores

É importante destacar que não foi percebida uma diferença considerável no ruído produzido pelas ruas analisadas. Embora se esperasse que o efeito do cânion urbano no ruído da rua 16 de Março fosse mais expressivo, isso pode ser explicado pela alta movimentação de automóveis na rua do Imperador, que é uma importante via da cidade.

Figura 5 – Níveis de pressão sonora mínimos e máximos medidos e limite estabelecido pela NBR 10.151 (2019) para o período diurno

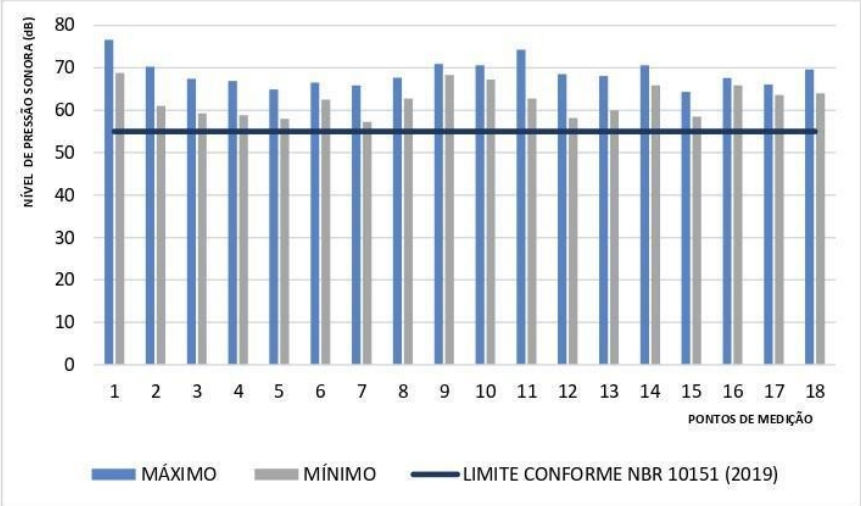


Fonte: os autores

As Figuras 5 e 6 mostram os níveis de pressão sonora mínimos e máximos medidos para

os períodos diurno e noturno. É importante lembrar que a OMS (2018) não só indica tempo de exposição limitado sob tais condições, como também adverte que tais ruídos podem gerar problemas de saúde.

Figura 6 – Níveis de pressão sonora mínimos e máximos medidos e limite estabelecido pela NBR 10.151 (2019) para o período noturno



Fonte: os autores

O ponto 15 foi o de menor nível sonoro e o que menos apresentou diferenças entre dia e noite, apesar da configuração morfológica da rua, que possui uma maior relação entre a altura dos edifícios e a largura da rua. Novamente, é válido destacar a baixa movimentação de pessoas e veículos, tendo em vista sua baixa atratividade.

5 CONCLUSÕES

Neste estudo foram analisadas as condições de ruído em um ambiente urbano, comparando os níveis de pressão sonora em um estreito "cânion" urbano com os de uma rua mais larga, ambos localizados no centro histórico de Petrópolis, RJ. Os resultados das medições realizadas em 18 pontos distribuídos em ambas as ruas foram então comparados aos valores de referência estabelecidos pela norma NBR 10.151 (2019).

Os resultados indicaram que nas duas ruas avaliadas os níveis de pressão sonora se mantiveram acima do indicado pela normativa brasileira. Destaca-se ainda que os níveis medidos na rua-cânion se mantiveram, de forma geral, levemente abaixo de uma rua larga e de alto tráfego próximo. No caso da rua mais larga, esse elevado nível de ruído pode ser explicado pelo uso (serviços) e alto tráfego. Por outro lado, no caso da rua-cânion, embora prioritariamente para pedestre, a alta verticalização possivelmente resultou em múltiplas reflexões sonoras entre fachadas, limitando o espraiamento dos raios e contribuindo para o aumento dos níveis sonoros. Assim, foi possível perceber que apesar das distintas relações de altura e largura das ruas e das diferenças em relação à geometria das edificações, os usos e fluxos foram determinantes nas diferenças de ruído entre as ruas.

Os diversos estudos relacionados à cidade podem representar uma importante contribuição para a qualidade de vida dos habitantes, e a análise da paisagem sonora urbana pode oferecer valiosas informações para promover o conforto e a saúde. Como possíveis futuras investigações, recomenda-se levar em conta a percepção da paisagem sonora pelos moradores.

AGRADECIMENTOS

À Capes pela bolsa concedida à autora Laura Rezende e à Faperj pelos auxílios APQ1 (processos 260003/015426/2021e 260003/015446/2021).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. F. M. C.; SILVA, M. V. C.; GANDU, A. W.; ROCHA, C. A.; CAVALCANTE, R. M. Caracterização de Cânions Urbanos e seus Efeitos Climáticos em Área com Intenso Processo de Verticalização na Cidade de Fortaleza, Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.04, 2017. p.1046-1058.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.151:** Acústica - medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019.

DIAS, S. B. W.; RIBEIRO, M.; JUSTEN, R.; FERNANDES, L.; YAZBECK, E. M.; LORDEIRO, M. S.; LOUREIRO, A. J. C; CRUZ, W. P. **Plano Diretor de Petrópolis: Diagnóstico – versão 1**. Petrópolis, 2014. Disponível em: http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/phocadownload/Planejamento/comcidade/diagnostico/diagnostico_05_04.pdf. Acesso em: 01 mai. 2023.

ENGEDY, A. E.; LECHLEITNER, O.; MAHDAVI, A. Sound propagation in urban canyons: a case study of simulation reliability. **Journal of Building Performance Simulation**, v.12, n.4, 2018. p. 363-377.

HOPPE, S. B.; BATITUCCI, I. P.; DE ALVAREZ, C. E.; LARANJA, A. C. A Geometria dos Cânions Urbanos e o Desempenho Luminoso no Interior das Edificações. In: II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável: do edifício para a escala urbana. 2017, Lisboa. **Anais...** Lisboa, 2017. p. 383 – 392.

MIAO, C.; YU, S.; HU, Y; ZHANG, H.; HE, X.; CHEN, W. Review of methods used to estimate the sky view factor in urban street canyons. **Building and Environment**, v. 168, 2020.

MONTOLIO, C. A.; CABILLO, C. C. Repercusión acústica de la morfología urbana en calles peatonales. **Architecture, City and Environment**, v. 14, n. 41, 2019. p. 175-184.

OLIVEIRA, M. C.; FRASSON, A. C.; FINOCCHIO, M. A, F.; BASSETTO, E. L.; MODESTO, R. A. Análise de ruído pela comparação entre aplicativo de celular e dosímetro. In: IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2019, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, 2019. 11 p.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Environmental Noise Guidelines for the European Region.** 2018.

SANCHEZ, G. M. E.; RENTERGHEM, T. V.; BOTTELDOOREN, D. The influence of urban canyon design on noise reduction for people living next to roads. In: 10th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering, 2015, Maastricht. **Anais…** Maastricht, 2015. p.1571-1576.

SCHIFF, M.; HORNIKX, M. Excess attenuation for sound propagation over an urban canyon. **Applied Acoustics**, v. 71, n. 6. 2010. p. 510-517.

SZABÓ D.; ŠUJANOVÁ, P.; GLORIEUX, C.; RYCHTÁRIKOVÁ, M. Impact of Building Façade Properties on Noise Levels in Street Canyons. In: Euronoise, 2018, Creta. **Anais…** Creta, 2018. p. 967–970.

TRIKOOTAM, S. C.; HORNIKX, M. The wind effect on sound propagation over urban areas: Experimental approach with an uncontrolled sound source. **Building and Environment**, v. 149, 2019. p. 561-570.

YANG, WONYOUNG; JEON, JIN YONG. Design strategies and elements of building envelope for urban acoustic environment. **Building and Environment**, v. 182, 2020. p. 107121.