ESG - ENVIRONMENTAL,SOCIAL AND GOVERNANCE
SINGEURB
IV Simpósio Nacional de Engenharia Urbana
Rio de Janeiro, 22 a 24 de novembro de 2023

INFLUÊNCIA DO RUÍDO URBANO E USO DO SOLO NO MERCADO IMOBILIÁRIO

INFLUENCE OF URBAN NOISE AND LAND USE ON REAL ESTATE MARKET

BARROS, Romildo José Barbosa do Rêgo[1]; TORRES, Julio Cesar Boscher[2]

[1] Universidade Federal do Rio de Janeiro, romildorbarros@poli.ufrj.br
[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro, julio@poli.ufrj.br

RESUMO

A infraestrutura de transportes urbanos é parte integrante das cidades, porém, é notável quanto à emissão de ruídos que provocam impactos sociais, econômicos e à saúde. Métodos de mitigar seus efeitos degradantes perpassam por políticas públicas e requalificação infra estrutural. Este artigoteve por objetivos avaliar o ambiente acústico de uma região da cidade, para investigar a influência indireta do ruído do tráfego rodoviário urbano em conjunto com as características de uso e ocupação do solo, na constituição dos valores das propriedades imobiliárias. Partiu-se da hipótese de que ao ser identificado que as características físicas do imóvel, de localização e econômicas são equivalentes, o ambiente acústico e o uso e ocupação do solo nos logradouros podem ser determinantes para o valor final do imóvel. Para tanto, levantou-se informações sobre a morfologia urbana do local, características do ambiente acústico e os preços das propriedades imobiliárias. Foi possível deduzir que o valor imobiliário e o percentual de lotes exclusivamente habitacionais por logradouro apresentam grandezas inversamente proporcionais à quantidade de pressão sonora. Concluiu-se que para a engenharia urbana, o planejamento de infraestruturas deve ser baseado em análise sistêmica, considerando os impactos diretos e indiretos entre os elementos componentes dos sistemas urbanos.

Palavras-chave: ruído urbano, valor imobiliário, uso do solo urbano.

ABSTRACT

Urban transport infrastructure is part of the cities, however, it is notable the noise emission which causes social, economic and health impacts. Public policies and infrastructural requalification could mitigate its degrading effects. This article aimed to evaluate the acoustic environment of a city region, to investigate the indirect influence of urban road traffic noise together with the characteristics of land use and occupation, in the constitution of real estate property values. It was based on the hypothesis that when the physical, location and economic characteristics of the property are equivalent, the acoustic

environment and the use and occupation of the land in the public areas can be decisive for the final property value. For that, information was collected on the urban morphology of the place, characteristics of the acoustic environment and the prices of real estate properties. It was deduced that the real estate value and the percentage of exclusively residential lots per street are inversely proportional to the sound pressure level. It was concluded that for urban engineering, infrastructure planning must be based on systemic analysis, considering the direct and the indirect impacts between the component elements of urban systems.

***Keywords**: urbannoise, real estate value, urban land use.*

1 INTRODUÇÃO

O ruído urbano é um dos fatores determinantes para a qualidade do ambiente urbano e, consequentemente, influi na avaliação das propriedades no mercado imobiliário (BRADSHAW, 1993). Os ruídos provocados sobretudo pela quantidade e velocidade de tráfego de veículos na infraestrutura de transportes urbanos, são preponderantes para o aumento do nível de pressão sonora (NPS) nas cidades.

Estes sons indesejados são degradantes do espaço público e podem reduzir os benefícios sociais e econômicos, à medida que inibem desejos de viagens quando estas forem uma opção e não uma necessidade (JIANG; NELLTHORP, 2020). Quanto aos danos à saúde, foram avaliadas sistematicamente a associação entre o ruído urbano e distúrbios tais quais a predisposição à agressividade, comprometimento cognitivo, deficiência auditiva e possivelmente o desenvolvimento de câncer de mama (VEBER *et al*., 2022), além de possivelmente desencadear a longo prazo uma série de distúrbios fisiológicos e estresses psicológicos (ALETTA *et al*., 2022).

Uma maneira de mitigar estes prejuízos está na interpretação e requalificação da morfologia urbana, no uso de superfícies vegetais no ambiente público urbano e no controle e revisão da hierarquização no plano de tráfego (FORSSÉN *et al*., 2022). Outras medidas podem ser tomadas a partir de políticas públicas voltadas ao tema e na aplicação de legislação correspondente ao controle do ruído, queincidirá diretamente no controle do uso do solo urbano e nos valores das propriedades imobiliárias (VPI).

A influência do ruído do tráfego nos VPI tem sido pesquisada já há algum tempo e alguns estudos abordam a influência do ruído conjuntamente com outros fatores tais quais a poluição do ar (LE BOENNEC; SALLADARRÉ, 2017), o tamanho das cidades (SZCZEPAŃSKA; SENETRA; WASILEWICZ, 2014; SZOPIŃSKA; KRAJEWSKA; KWIECIEŃ, 2020), ou a proximidade dos imóveis para os centros de comércio e serviços (BAUDRY *et al*., 2009). Destaca-se que também foi encontrado estudo apresentando correspondência entre ruído urbano e aspectos urbanísticos (FRANÇA; DA ROCHA, 2019), no entanto, não foi encontrado estudos que apresentassem análise da relação simultânea entre o ruído urbano e o uso e ocupação do solo da região para a avaliação imobiliária.

Este artigo tem por objetivos avaliar o ambiente acústico de uma região, indicado a partir de levantamento de dados em campo e simulação computacional, para investigar a influência indireta do ruído proveniente do tráfego rodoviário urbano em conjunto com aspectos de uso e ocupação do solo, na constituição dos VPI.

2 METODOLOGIA

Para a investigação deste artigo, partiu-se da hipótese de que ao ser identificado que são equivalentes as variáveis qualitativas e quantitativas constituintes do VPI, ou

seja, as características físicas do imóvel, de localização e econômicas (ABNT, 2011), o NPS do lugar e as características de uso e ocupação do solo no logradouro podem ser determinantes para os VPI, conforme ilustra o diagrama da Figura 1.

Figura 1 – Diagrama de hipótese do estudo



Fonte: Adaptado de ABNT (2011)

Dessa maneira, semelhante ao que é na realidade, foi aceito como características do entorno que toda a região selecionada apresenta os mesmos atributos de caminhabilidade(ITDP, 2019), ou seja, aquelas que qualificam o ambiente urbano. Da mesma forma, para esta investigação foi estabelecido que as características dos imóveis são idênticas.

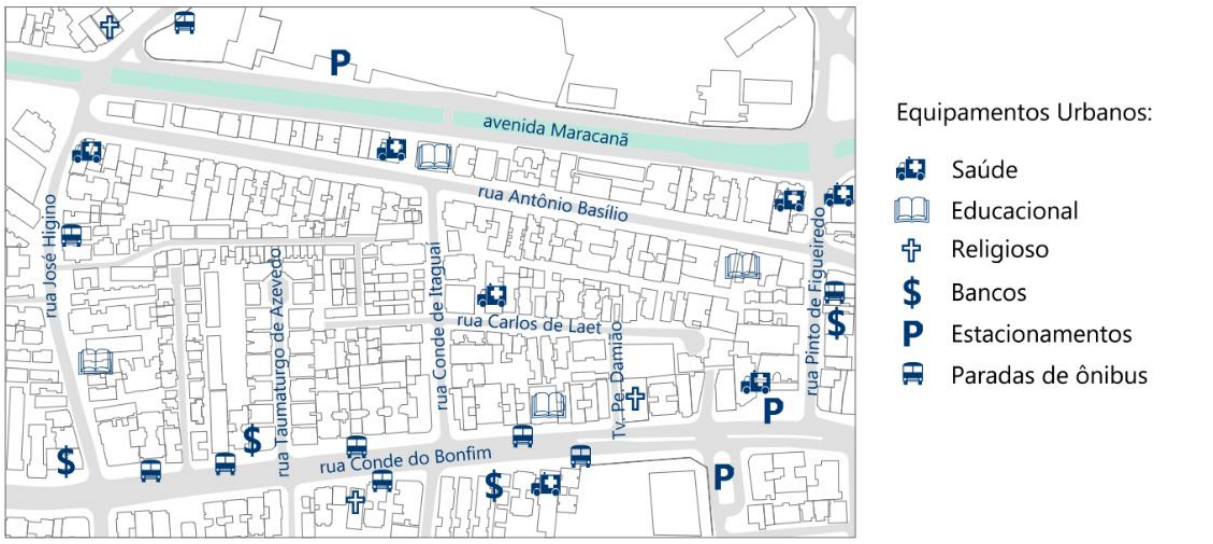
Neste artigo, do tipo estudo de caso, a investigação se deu com base no levantamento de informações sobre as características morfológicas e urbanísticas da região, levantamento dos VPI, avaliação do ambiente acústico e mapeamento por simulação computacional validadas por medições do NPS *in loco*.

2.1 Cenário da pesquisa

A região escolhida para a investigação deste artigo possui uma área de aproximadamente 240 km² e está localizada no município do Rio de Janeiro, no bairro da Tijuca. Segundo o zoneamento regulamentado do Município (RIO DE JANEIRO, 1976), está inserida na Zona Residencial 3 (ZR-3). O conjunto de quadras do local delimitado apresentam características equivalente quanto a aspectos de qualificação do ambiente urbano (ITDP, 2019), tais quais calçadas com pavimentação e larguras adequadas, distância a pé para sistemas de transporte público, sensação de segurança, ambientes urbanos atrativos, iluminação pública adequada, limpeza urbana e abrigo ante às intempéries. Tal qual apresentado na Figura 2, a região escolhida comporta importantes corredores de transporte rodoviário urbano do bairro, a exemplo da Avenida Maracanã e a Rua Conde de Bonfim, apresenta equipamentos comunitários destinados ao serviço de saúde, educação, lazer, esporte e cultura, além de importantes centros de compras do bairro.

A Figura 2 apresenta características gerais da área selecionada enquanto a Figura 3 mostra a configuração de uso e ocupação do solo heterogênea (IPP, 2022),

Figura 2 – Mapa do local selecionado apresentando características gerais e entorno imediato



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 3 – Mapa que apresenta características de uso e ocupação do solo



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Por este estudo tratar fundamentalmente do ambiente sonoro no espaço público, ou seja, da relação direta entre a calçada e o uso dos lotes, para cada logradouro foi calculado o percentual de uso habitacional, conforme a Equação 1 abaixo:

$$\%_{habitacional} = D_{habitacional} / (D_{habitacional} + D_{misto} + D_{comercial} + D_{comunitário}) * 100 \quad (1)$$

Nesta equação, foi adotado como referência(D) os valores da soma das dimensões em metros das frentes do lote em ambos os lados da via, separados por cada uso.

2.2 Levantamento de preços

Para o levantamento de dados sobre VPI da região, foram coletadas as informações de um serviço de calculadora para sugestão de VPI no *website* de

uma empresa do mercado imobiliário (LOFT, 2022). Tal ferramenta está baseada em um índice que considera informações sobre histórico de valores de venda no banco de dados da empresa, estratificado por regiões, ruas, preço de IPTU, valor de taxa condominial e características tipológicas dos imóveis. Entre outras ponderações e semelhante a outros índices do mercado imobiliário do país, considera dados do Questionário da Amostra do Censo 2010 realizado pelo IBGE no intuito de tomar como base o estoque de imóveis em cada região separado por número de dormitórios.

Desta maneira, foram definidas informações-padrão de entrada para que apenas houvesse a variável de endereço para o levantamento de valor de um imóvel hipotético para cada logradouro na região selecionada, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Dados de entrada para cálculo de valor imobiliário coletados em 14/6/2022

Dados de entrada	**Informação**
Tipologia do imóvel	Apartamento
CEP	Variável
Nº do Endereço	Variável
Área Útil	70 m²
Pavimento	4º
Nº de Quartos	2
Nº de Banheiros	2
Vagas de Garagem	1

Fonte: Elaborado pelos autores

2.3 Avaliação do ambiente acústico

Para a calibragem do modelo de simulação foi aferido o nível equivalente contínuo de pressão sonora ($LA_{eq,10min}$) em 7 pontos que pudessem representar o cenário de ruído nas vias da região escolhida, conforme apresentado na Figura 4, com apoio de um decibelímetro classe 2 apresentando amplitude de captação de 30dBA a 130dBA. As aferições foram realizadas no período diurno da data 10/6/2022 e para cada um desses pontos foram dedicados 10 minutos de duração com intervalos de 1 segundo para captação dos dados sonoros de L_d e contagem de veículos por tipo. Os pontos de aferição foram localizados a 2 metros de distância de qualquer fachada para evitar que o efeito de reverberação comprometesse a fidelidade do levantamento de dados.

Foram excluídas desta investigação a rua Taumaturgo de Azevedo por apresentar características de tráfegode intensidade irrisóriae a Travessa Padre Damião, que não apresentou imóvel com testada para si.

Figura 4 – Pontos de aferição de pressão sonora para calibragem do modelo computacional



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Na Tabela 1 apresentada abaixo, são apresentados os valores do levantamento de NPSe sobre contagem de veículos divididos por tipos, sendo estes de veículos leves (carros), motocicletas (motos), caminhões leves (furgões) e caminhões pesados assim como ônibus (pesados).

Tabela 1 – Quadro resumo dos dados levantados sobre NPS e quantidade de transportes

Localidade	**Aferição** (dBA)	**Carros** veículos/hora	**Motos** veículos/hora	**Furgões** veículos/hora	**Pesados** veículos/hora
Ponto 1	67	393	72	12	0
Ponto 2	67	403	41	21	21
Ponto 3	71	1032	85	34	34
Ponto 4	74	2043	389	78	0
Ponto 5	70	646	80	20	10
Ponto 6	72	1500	257	17	154
Ponto 7	63	30	20	3	0

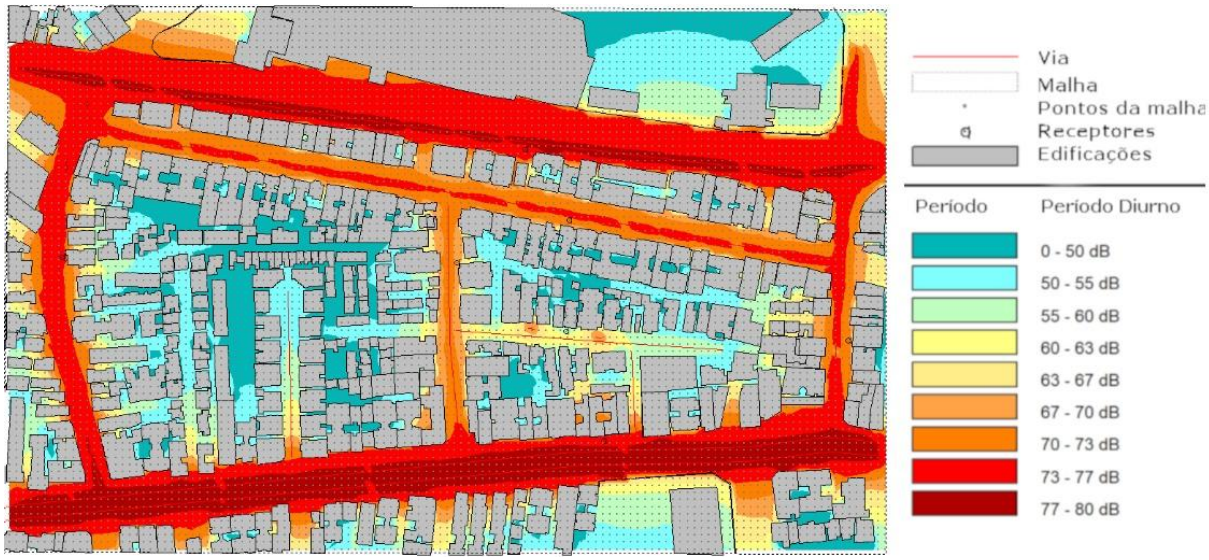
Fonte: Elaborado pelos autores

2.4Mapeamento por simulação computacional

Foi utilizado o *software*Predictor-LimA versão V9.10 e definido o método de cálculo baseado no padrão ISO 9613.1/2 *Road*, para a elaboração do mapeamento sonoro da região e avaliação de cenários de ruído urbano.

A modelagem computacional foi realizada fundamentada no levantamento de dados morfológicos e topográficos do cenário escolhido, tais quais a altura das edificações e notáveis barreiras acústicas, e informações sobre a geometria e dinâmica da malha viária, compreendendo este elemento como uma fonte linear de produção de pressão sonora, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Mapa de ruído



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

3 RESULTADOS

Segundo as diretrizes instituídas pela norma brasileira que estabelece os procedimentos para aferição e avaliação dos limites para níveis de pressão sonora em territórios habitados (ABNT, 2019), o nível máximo permitido para áreas estritamente residenciais urbanas corresponde a 50 dBA para L_d. Porém, a Lei Municipal (RIO DE JANEIRO, 2001), um pouco mais tolerante, permite nível máximo para sons e ruídos externos de 55 dBA para $L_d$em zonas residenciais. Ainda assim, observando a Tabela 2, todas os pontos apresentaram níveis de pressão sonora acima do permitido.

Tabela 2 – Quadro resumo dos resultados obtidos

Localidade	*LAeq* para o período diurno (dBA)	Porcentagem de uso habitacional	Valor imobiliário médio (R$/m²)
Ponto 1	69	75%	8.245,00
Ponto 2	70	85%	8.338,00
Ponto 3	74	75%	7.970,00
Ponto 4	76	37%	7.494,00
Ponto 5	70	14%	7.299,00
Ponto 6	75	13%	7.661,00
Ponto 7	60	82%	9.470,00

Fonte: Elaborado pelos autores

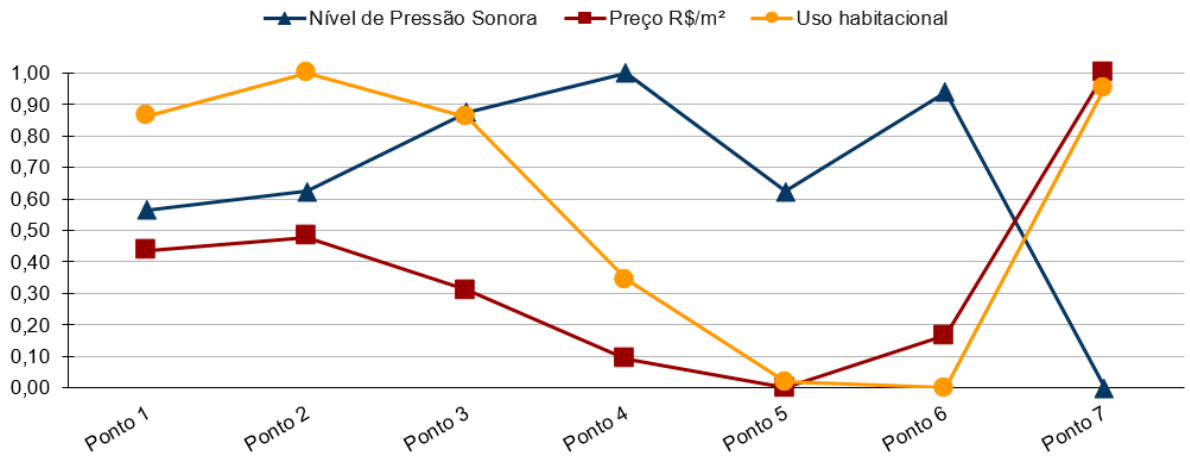
Como os resultados obtidos exibem valores de grandezas distintas, foi-se utilizada a Equação 2 apresentada abaixo para normalização destes, eposteriormente possibilitar sua correlação.

$$X_{norm} = (X - X_{min}) / (X_{max} - X_{min}) \quad (2)$$

Onde X é o valor das variáveis de cada coluna, X_{norm} representa a variável normalizada eX_{max}e X_{min}são respectivamente o maior e o menor valor entre as variáveis.

A partir da análise dos resultados normalizados da Tabela 2, podemos inferir que o valor imobiliário e o percentual de lotes com uso habitacional por logradouro apresentam grandezas que tendem a ser inversamente proporcionais à quantidade de pressão sonora, conforme apresentada no gráfico da Figura 7. Apenas o Ponto 5 apresenta tendência diferente dos demais.Este desvio pode ser dirimido caso sejam tomados mais pontos de aferição futuramente.

Figura 7 – Correlação entre ruído urbano, uso do solo e valor imobiliário



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Os resultados desta investigação surpreendentemente indicam o inverso daquilo que preconiza alguns índices de qualificação do ambiente urbano (BRADSHAW, 1993; ITDP, 2019), que admitem que o entorno imediato repleto de destinos úteis, ativos e culturalmente diversos está diretamente proporcional à valorização imobiliária. Nesta investigação a análise dos dados demonstraram que quanto maior foi a quantidade de lotes com uso habitacional no logradouro, maior foi o valor médio imobiliário naquela via.

Por norma, para a composição dos VPIsão consideradas variáveis qualitativas e quantitativasinclusive de fatores que não pertencem ao lugar, como a flutuação do mercado e estoque de imóveis (ABNT, 2011), de maneira que foi oportuno considerar os impactosindiretos de fatores locais como a dinâmica de uso do solo e o ambiente acústico.

Esta pesquisa ficou limitada à utilização de apenas uma fonte de referência para levantamento de valores imobiliários.Além disso, poderia ter sido disponibilizado mais tempo para validação dos dados simulados e foi considerado apenas o NPS contínuo equivalente ponderada em A (LA_{eq}) para o período diurno (L_d).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados desta pesquisa, se mostra propício reproduzir, estender e aprofundar as investigações para ratificar os pontos de vista apresentados e chegar a outros.

De maneira geral, para a engenharia urbana, as investigações e planejamentos infra estruturais devem ser baseadas em análise sistêmica, considerando os impactos diretos e indiretos, além de possíveis efeitos em cascata entre os elementos componentes dos sistemas urbanos.

As soluções para diminuir o ruído na fonte de origem perpassam intervenções como a adoção de limites de velocidade, travessias elevadas e o aumento de barreiras sonoras, à requalificação nos materiais componentes da pavimentação asfáltica e troca dos motores baseados em combustão da frota de transporte público, por motores elétricos mais silenciosos. Intervenções nos pontos receptores também podem ser realizados como o isolamento acústico nas edificações.

Para pesquisas futuras e estudos adicionais poderão ser considerados outros fatores urbanos que possivelmente contribuem para a composição dos valores imobiliários tais quais a análise da paisagem sonora, influência de ruídos impulsivos ao longo de um período, análise morfológica da relação entre largura de logradouros e calçadas, tipologia do comércio e serviço e a presença de áreas com cobertura vegetal no local.Estudos similares poderão embasar decisões para o planejamento da expansão urbana e intervenções no ambiente construído.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 10151**: Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019.

_____**. NBR 14653-2**: Avaliação de bens Parte 2: Imóveis urbanos. Rio de Janeiro, 2011.

ALETTA, F. *et al*.: Listeningtocities: Fromnoisyenvironmentsto positive soundscapes. *In*: PNUMA, Programa da ONU para o Meio Ambiente. **Frontiers 2022: Noise, BlazesandMismatches – EmergingIssuesof Environmental Concern**. Nairobi: PNUMA, 2022. p. 7-22. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/resources/fronteiras-2022-barulho-chamas-e-descompasso>. Acesso em: 24 jun. 2022.

BAUDRY, M. *et al*. Formationdesprixim mobiliers et consentements à payerpour une amélioration de l'environnementurbain :l'exemplerennais. **Revue d'ÉconomieRégionale&Urbaine**, n. 2, p. 369–411, 1 maio 2009. Disponível em:<https://www.cairn.info/revue-d-economie-regionale-et-urbaine-2009-2-page-369.htm>>. Acesso em: 20jun. 2022.

BRADSHAW, C. **Creating - andUsing - A Rating System For NeighborhoodWalkabilityTowardsAn Agenda For "Local Heroes"**. 14th InternationalPedestrianConference, Boulder, CO. 1993.

FORSSÉN, J. *et al*. Effectsofurbanmorphologyontrafficnoise: A parameterstudyincludingindirectnoiseexposureandestimatedhealthimpact. **AppliedAcoustics**, v. 186, p. 108436, jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108436 >. Acesso em: 23mai. 2022.

FRANÇA, Camilla Rocha; DA ROCHA, Daniela Ribeiro. Avaliação do ambiente sonoro e sua integração com aspectos urbanísticos. **Gestão e Gerenciamento**, v. 10, n. 10, p. 41-50, set. 2019. ISSN 2447-1291. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/gestaoegerenciamento/article/view/173>. Acesso em: 20 jul. 2022.

IPP Instituto Pereira Passos. **Data.Rio Informações sobre a cidade,** 2022. Disponível em: <https://www.data.rio/apps/uso-do-solo-1/explore>. Acesso em: 16 jul. 2022.

ITDP INSTITUTO DE POLÍTICA DE TRANSPORTES E DESENVOLVIMENTO. **Índice de Caminhabilidade versão 2.0**. Rio de Janeiro: Janeiro: ITDP, 2019. Disponível em:<http://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/05/Caminhabilidade_Volume-3_Ferramenta-ALTA.pdf >. Acesso em: 15ago. 2022.

JIANG, L.; NELLTHORP, J. Valuingtransportnoiseimpacts in publicurbanspaces in the UK: Gaps, opportunitiesandchallenges. **AppliedAcoustics**, v. 166, p. 107376, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107376>. Acesso em: 17 jun. 2022.

LE BOENNEC, R.; SALLADARRÉ, F. The impactofairpollutionandnoiseonthe real estatemarket. The case ofthe 2013 European Green Capital: Nantes, France. **EcologicalEconomics**, v. 138, p. 82–89, 1 ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.03.030>. Acesso em: 12 mai. 2022.

LOFT, Brasil Tecnologia Ltda. **Avaliação de imóveis online,** 2022. Calculadora de Preços Loft. Disponível em: <https://loft.com.br/calculadora-de-precos-imoveis>. Acesso em: 14 jul. 2022.

RIO DE JANEIRO (Município). Lei nº 322, de 3 de março de 1976. Aprova o Regulamento de Zoneamento do Município do Rio de Janeiro. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ, 3mar. 1976.

_____. Lei nº 3.268, de 29 de agosto de 2001. Altera o regulamento nº 15, aprovado pelo Decreto n.º 1.601, de 21 de junho de 1978, e alterado pelo Decreto nº 5.412, de 24 de outubro de 1985. **Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ, 29ago. 2001.

SZCZEPAŃSKA, A.; SENETRA, A.; WASILEWICZ, M. TrafficNoise as a FactorInfluencingApartmentPrices in LargeCities. **Real Estate Management andValuation**, v. 22, n. 3, p. 37–44, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/remav-2014-0025 >. Acesso em: 18 jun. 2022.

SZOPIŃSKA, K.; KRAJEWSKA, M.; KWIECIEŃ, J. The Impactof Road TrafficNoiseonHousingPrices-Case Study in Poland. **Real Estate Management andValuation**, v. 28, n. 2, p. 21–36, 1 jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/remav-2020-0013 >. Acesso em: 4 jun. 2022.

VEBER, T. *et al*. Health impactassessmentoftransportationnoise in twoEstoniancities. **Environmental Research**, v. 204, p. 112319, mar. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112319>. Acesso em: 5 set. 2022.