Artigo Compacto

Métodos para redução do ruído urbano
Methods for urban noise reduction

Teddy Yanagiya, Universidade de São Paulo, teddy@usp.br
Alex Abiko, Universidade de São Paulo, alex.abiko@usp.br

RESUMO

Ao longo das últimas décadas, cada vez mais pessoas estão passando das áreas rurais para as urbanas. Essa mudança impacta principalmente na demanda de bens e serviços ligados a fontes de ruído de diferentes atividades como indústria, recreação e transporte, consequentemente aumentando a poluição sonora. A poluição sonora já é considerada uma das piores formas de poluição, apenas atrás da poluição do ar, e a maior contribuinte é o ruído rodoviário. Através da revisão bibliográfica, o objetivo do trabalho é caracterizar do ponto de vista de efetividade os métodos de redução do ruído rodoviário utilizados em planos de ação das principais cidades do mundo. Após a caracterização de cada método, concluiu-se que os métodos de planejamento de uso e ocupação do solo e educação e comunicação são os métodos mais efetivos, mas de longo prazo, enquanto os métodos de redução sonora pela fonte, caminho e receptor podem ser aplicadas de forma rápida, mas em geral são custosas. Além da efetividade, é importante também o levantamento de outras características como: custos aproximados, impactos em outras políticas urbanas e a aceitação pública de cada método.

Palavras-chave: Planejamento sonoro urbano, Redução do ruído urbano, Redução do ruído rodoviário.

ABSTRACT

Over the past decades, more and more people are moving from rural to urban areas. This change mainly impacts the demand for goods and services linked to noise sources from different activities such as industry, recreation, and transportation, consequently increasing noise pollution. Noise pollution is already considered one of the worst forms of pollution, second only to air pollution, and the largest contributor is road noise. Through literature review, the objective of this article is to characterize from the point of view of effectiveness the methods of road noise reduction used in action plans of major cities in the world. After the characterization of each method, it is concluded that the methods of land use planning and education and communication are the most effective methods, but in a long term, while the methods of noise reduction by source, path and receptor can be applied quickly, but in general are costly. In addition to effectiveness, it is also important to search for other characteristics such as: approximate costs, impacts on other urban policies and public acceptance of each method.

Keywords: Urban noise planning, Urban noise reduction, Road noise reduction.

Como citar:

YANAGIYA, Teddy; ABIKO, Alex. Métodos para redução do ruído urbano. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2021, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 138-150. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/singeurb/issue/view/14

1 INTRODUÇÃO

A poluição sonora já é considerada uma das piores formas de poluição pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018). Efeitos bem conhecidos da exposição ao ruído incluem aumento do risco de doença cardíaca, distúrbios do sono, comprometimento cognitivo em crianças, incômodo, riscos à saúde mental relacionados ao estresse e zumbido. Além dos efeitos apontados, a exposição inadequada a ruídos pode causar a perda auditiva (OMS, 2018).

Para minimizar este problema, seria necessário por parte dos órgãos governamentais, o desenvolvimento e implantação de planos de ação para redução do ruído urbano. Planos de ação visam evitar e diminuir o ruído, melhorando assim a situação de áreas onde a exposição dos habitantes é considerada muito alta e protegendo áreas sensíveis. Para elaboração dos planos de ação é necessário um levantamento dos métodos de redução sonora.

O ruído urbano é composto por uma série de diferentes fontes sonoras, dentre as principais estão: rodoviário, ferroviário, aéreo, indústrias e esporádico (ruído esporádico é aquele que ocorre sem nenhum padrão regular). O ruído industrial, de construção e esporádico são caracterizados por uma série de fontes de ruido impulsivo com espectros sonoros diferentes entre si, a sua caracterização e mitigação devem ser feitas caso a caso, portanto não serão tratados nessa pesquisa. Esta pesquisa abordará apenas métodos de redução para ruídos rodoviários.

2 OBJETIVO E MÉTODO

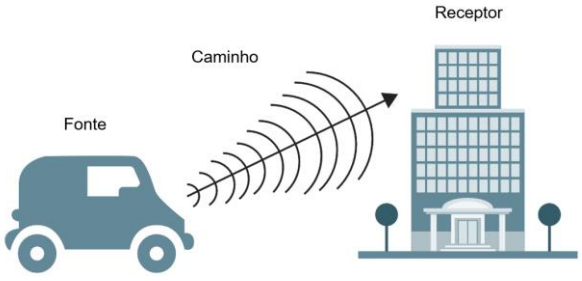
O artigo tem como objetivo compilar e caracterizar os métodos de redução do ruído rodoviário utilizados em planos de ação das principais cidades da União Europeia sobre o aspecto de eficiência.

O método da pesquisa para se atingir este objetivo baseia-se na realização de uma revisão bibliográfica abrangendo as soluções urbanísticas disponíveis para redução do ruído rodoviário. A principal referência foi o documento "Noise in Europe 2020", publicado pela Agência Europeia do Ambiente (EEA). É um relatório bem abrangente que demonstra a situação do ruído urbano nas cidades da Europa e os principais métodos de redução sonora utilizados. Em seguida, foi realizado levantamento bibliográfico das principais referências sobre o tema, incluindo livros, manuais, artigos científicos e websites.

3 MÉTODOS PARA REDUÇÃO DO RUÍDO URBANO RODOVIÁRIO

Há cinco frentes de atuação possíveis para mitigar o ruído rodoviário: na fonte de ruídos, no caminho, na recepção, por estratégias de uso e ocupação do solo e por planos de educação.

Figura 1 – Figura ilustrativa de fonte de ruídos, caminho e receptor



Fonte: Adaptado de https://www.chegg.com/learn/physics/introduction-to-physics/noise-pollution

3.1 Mudanças na fonte de ruídos

3.1.1 Tipo de asfalto

Segundo Silence (2009), a textura e porosidade do tipo de superfície usada influenciam na geração do ruído. Tendo isso em vista, há a disposição no mercado opções de asfalto de baixo ruído, que possui como principal característica baixa espessura ou alta porosidade.

3.1.2 Pneu de baixa emissão sonora

A emissão sonora de pneus surge a partir da interação com a superfície asfáltica (PATRÍCIO, 2010). A fim de reduzir a emissão nessas interações, é possível fabricar pneus especiais que possuem menor capacidade de emissão de ruídos e maior capacidade absorvente.

3.1.3 Renovação da frota de ônibus

Assim como nos carros, os ônibus têm seu ruído originado das fontes mecânicas (motor), aerodinâmicas e contato pneu/pavimento. Além das fontes anteriores, outro ruído de grande destaque é a frenagem dos veículos. Para minimizar os ruídos provenientes de motores é recomendada a renovação constante das frotas de transporte, por veículos com motor elétrico (LAIB; BRAUN; RID, 2019).

3.1.4 Inspeção de veículos com alta emissão sonora

Ruídos sonoros também são produzidos através de escapamentos ilegais, instalados principalmente em carros e motos. Uma possível solução é a instalação de postos de fiscalização de veículos, podendo realizar testes estacionários ou com medidores sonoros na rodovia (SILENCE, 2009).

3.1.5 Veículos elétricos

Os veículos elétricos se diferenciam dos convencionais pelo baixo ruído emitido pelos motores (JABBEN; VERHEIJEN; POTMA, 2012).

3.1.6 Gerenciamento de tráfego

O termo "gerenciamento de tráfego" pode ser descrito como uma aplicação de diferentes estratégias e medidas para mudar o fluxo do tráfego nas estradas seja para reduzir a velocidade dos veículos que passam e / ou para reduzir o próprio volume de tráfego. Para redução de velocidade e volume de tráfego, estão disponíveis os seguintes métodos:

- Restrições de horários de circulação de veículos pesados;
- Lombadas, rotatórias e chicanes;
- Semáforos sincronizados;
- Redesenho do espaço urbano (ex.: Ilhas de árvores entre as pistas).

3.2 Mudanças no caminho

3.2.1 Barreiras acústicas

Barreiras acústicas podem ser feitas de diversos tipos de materiais, como madeira, alumínio, concreto, tijolo, fibra de vidro, plástico, PVC (Policloreto de vinila) ou vidro. É muito comum a utilização de uma ou mais faces com materiais fonoabsorventes, como lã de vidro, rocha ou pet, uma vez que reduzem a reflexão sonora (BISTAFA, 2018).

3.2.2 Túneis ou túneis falsos

Túneis são passagens subterrâneas, enquanto túneis falsos são coberturas implantadas sobre as vias a fim de bloquear a passagem de ruído. Assim como nas barreiras acústicas, os túneis falsos podem ser feitos em diversos tipos de materiais, os mais comumente utilizados são vidro, acrílico e alumínio (STRUFALDI, 2011).

Figura 2 – Foto ilustrativa de túneis falsos



Fonte: https://www.palram.com/in/solution/acoustic-barriers-construction-architecture/ (2021)

3.2.3 Taludes

Taludes podem reduzir o ruído oriundo das rodovias e linhas de trem. Atuam de forma semelhante as barreiras acústicas, mas com a desvantagem que demandam de mais espaço (ISLES; AUSTROADS, 2005).

3.2.4 Rebaixamento e elevação de rodovias

O rebaixamento ou elevação de rodovias pode contribuir com a redução sonora, podendo até eliminar a necessidade de instalação de barreiras acústicas. A eficácia desta solução depende da linha de visão entre a fonte de ruído e o receptor que deve interceptado (KANG, 2007).

3.2.5 Vegetação

A vegetação pode ter papel importante na redução de ruídos urbanos, especialmente quando são dispostas grandes e densas áreas verdes nos centros urbanos. Ela pode ter comportamento semelhante às barreiras acústicas, para tal, algumas características devem ser atendidas. A atenuação da vegetação vai variar

segundo a densidade da folhagem, características do solo, largura e distância da fonte sonora. Esta solução é de difícil aplicação sobretudo em grandes centros urbanos, já que para começar a ter efeito é necessário pelo menos 15m de largura e altura mínima de 5 m acima da linha de visão (BISTAFA, 2018).

3.3 Mudanças no receptor

3.3.1 Isolamento acústico de fachadas

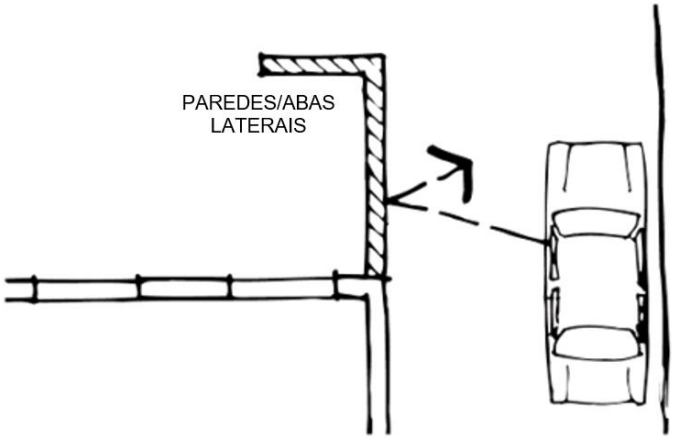
O ruído interno a um edifício pode ser reduzido se o envoltório construtivo tiver bom isolamento acústico. Janelas, portas, paredes e até sistemas de ventilação de um edifício podem influenciar o isolamento acústico de fachadas. Para melhor isolamento acústico, as fachadas devem ser estanques, o que dificulta a ventilação natural. Para tentar contornar essa situação, existe a possibilidade da execução de peitoris ventilados. Peitoril ventilado é "um dispositivo em formato geralmente em "L" invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas, que possibilita a entrada de ar externo e simultaneamente atenuar os ruídos através de superfícies fonoabsorventes. Segundo estudos realizados por Oiticica e Bertoli (2008), o sistema apresentou reduções em campo de até R'w 24 dB.

3.3.2 Design da edificação

O nível de ruído nas laterais da edificação em geral é menor do que frente à rodovia. Segundo Mommertz (2008), para aproveitar essa característica, o layout do edifício pode ser projetado de forma a manter espaços com maior sensibilidade ao ruído nas laterais ou fundos da edificação.

Outras características de design dos edifícios que podem contribuir com a redução do nível sonoro nos recintos é a presença de varandas, paredes/abas laterais (Figura 3) e edifícios adjacentes com usos menos sensíveis a ruídos como barreira acústica.

Figura 3 – Figura ilustrativa de paredes/abas laterais



Fonte: Adaptado de https://www.yourhome.gov.au/housing/noise-control (2021)

3.4 Planejamento de uso e ocupação do solo

3.4.1 Disponibilidade de áreas silenciosas

De acordo com Kropp, Forssén e Estévez-Mauriz, (2016), áreas silenciosas são identificadas como aquelas não expostas a níveis de pressão sonora acima de uma determinada magnitude. A manutenção e criação de áreas protegidas é de grande importância não apenas para a preservação do ambiente sonoro, mas também por ter grande capacidade de influência na conscientização do ruído por parte da população.

3.4.2 Disponibilidade de áreas silenciosas

Distanciamento entre as principais fontes de ruído da cidade e as zonas de maior sensibilidade, contribui para redução sonora. Pra áreas urbanas, o recomendado é que as zonas de maior sensibilidade fiquem dispostas a maior distância possível de zonas com alta emissão (SILENCE, 2009).

3.4.3 Redução do tráfego pela disposição de zonas

O zoneamento pode ser proposto de tal forma que minimize a centralização de grandes núcleos de mesmo uso nas cidades. Essa descentralização de usos pode minimizar a demanda por veículos automotores particulares, diminuindo também o tempo de deslocamento da população.

3.4.4 Zoneamento de ruído

Esse tipo de zoneamento permite o estabelecimento de regras específicas para determinadas atividades em uma determinada área, permitindo políticas de desenvolvimento claramente definidas (THE EUROPEAN COMMISSION, 2002).

3.5 Educação e comunicação

3.5.1 Conscientização pública

Informar e consultar o público sobre o desenvolvimento de um plano de ação contra o ruído é importante e certamente aumentará a conscientização sobre os problemas causados. Segundo Silence (2009), existe uma gama de ferramentas para se comunicar com os diferentes grupos-alvo, todos os tipos de folhetos, pôsteres, sites, questionários, balcões de informações em áreas mais afetadas pelo ruído, aulas em escolas etc. podem ser usados.

3.5.2 Promoção de meios de transporte menos ruidosos

Aumentar o engajamento público no uso de transportes alternativos é altamente recomendável para minimizar o nível de ruído rodoviário. Caminhada, ciclismo, patinação, patinetes e transporte público são algumas alternativas. As seguintes medidas podem ser tomadas para promover a mudança modal:

• Transporte público mais atraente (limpos e confortáveis, boa acessibilidade de estações, maior frequência, viagens mais curtas com faixas de ônibus exclusivas etc.);

• Pistas exclusivas e de qualidade para ciclistas aumentando a segurança;
• Estacionamentos próximos a estações de trem e metrô com preço acessível;
• Campanhas de conscientização sobre os benefícios dos transportes alternativos.

3.5.3 Influenciar o comportamento do motorista

O estilo de direção dos motoristas tem um alto impacto no ruído gerado. Usando baixas velocidades do motor e evitando alta aceleração desnecessária é possível chegar a significativas reduções no ruído de propulsão de um veículo (SILENCE, 2009).

4 COMENTÁRIOS FINAIS

A partir do levantamento bibliográfico, foi possível compilar todos os métodos e a eficiência sonora de cada uma das soluções, que são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Métodos de redução do ruído rodoviário e potenciais reduções sonoras

Tipo de método	**Método de redução**	**Potencial redução sonora**
Mudanças na fonte	Tipo de asfalto	2 a 4 dB(A)
	Pneu de baixa emissão sonora	Até 3 dB(A)
	Renovação da frota de ônibus	Até 14dB(A) * *diferença se dá a baixas velocidades
	Inspeção de veículos com alta emissão sonora	5 a 10 dB(A)
	Caminhões de lixo de baixa emissão sonora	Até 25 dB(A)* *em relação a caminhões convencionais
	Caminhões de carga de baixa emissão sonora	De acordo com pretendido pelo plano de ação ou zoneamento acústico
	Veículos elétricos	3 a 4 dB (A)
	Restrições de horários de circulação de veículos pesados	até 7 dB(A)
	Lombadas	1 a 4 dB(A)
	Chicanes	
	Rotatórias	
	Redesenho do espaço urbano	Variável

	Semáforos sincronizados ou fluxo verde	até 4 dB(A)
Tipo de método	**Método de redução**	**Potencial redução sonora**
Mudanças no caminho	Barreiras acústicas	5 a 10 dB(A)
	Túneis ou túneis falsos	a partir de 20 dB(A)
	Taludes	5 a 10 dB(A)
	Rebaixamento e elevação de rodovias	3 a 10 dB(A)
	Vegetação	Até 10 dB(A)
Mudanças no receptor	Isolamento acústico de fachadas	Variável
	Design da edificação	Até 15 dB(A)
	Disponibilidade de áreas silenciosas	Indireto
Planejamento de uso e ocupação do solo	Distanciamento entre zonas e fontes de ruído	Variável
	Redução do tráfego pela disposição de zonas	
	Zoneamento de ruído	De acordo com a política de zoneamento
Educação e comunicação	Conscientização pública	Grande potencial de redução
	Promoção de meios de transporte menos ruidosos	
	Influenciar o comportamento do motorista	

Fonte: Os autores

A partir de informações coletadas até o momento, pode-se chegar as seguintes conclusões parciais:

• Os métodos de redução sonora através do uso e ocupação do solo e educação são métodos de longo prazo com grande eficácia;
• Os métodos de redução sonora pela fonte podem ser efetivos, mas demandam de manutenção periódica, que pode ocasionar em custos elevados;
• Os métodos entre fonte e recepção são menos efetivos que os demais, além de interferir no visual;
• Os métodos na recepção podem ser efetivos, mas em geral são custosos.

Vale a ressalva que cada cidade possui características urbanas próprias, especialmente se comparadas as cidades europeias com as brasileiras, portanto, é muito importante uma investigação minuciosa da admissibilidade na cidade avaliada.

Como próximos estudos, recomenda-se o levantamento de outras características dos métodos de redução do ruído rodoviário apresentados nessa pesquisa para o auxílio no desenvolvimento dos planos de ação, como por exemplo os custos aproximados, a aceitação pública, e o impacto em outras políticas urbanas.

REFERÊNCIAS

ARCHTECH. **Air noise attenuation in ventilation shafts**. Disponível em: <http://arch-tec.com.br/page-conforto-acustico-en.html>. Acesso em: 26 jun. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-4. Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. 19 jul. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16313-Terminologia Acustica.pdf. 24 nov. 2014.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. **Noise control**. Disponível em: <https://www.yourhome.gov.au/housing/noise-control>. Acesso em: 26 jun. 2021.

AZKORRA, Z. et al. Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. **Applied Acoustics**, v. 89, p. 46–56, mar. 2015.

BASNER, M. et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. **The Lancet**, v. 383, n. 9925, p. 1325–1332, abr. 2014.

BERENGIER, M.; PICAUT, J. METHODS FOR NOISE CONTROL BY TRAFFIC MANAGEMENT: Impact of speed reducing equipments. p. 25, 10 jan. 2008.

BISTAFA, S. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 3ª edição ed. [s.l.] Blucher, 2018.

DANISH ROAD INSTITUTE. **Traffic management and noise reducing pavements - Recommendations on additional noise reducing measures**. [s.l.] Ministry of Transport - Denmark, 2004.

DANISH ROAD INSTITUTE. **Use of noise reducing pavements**, 2008.

EEA. **Noise in Europe 2014.** LU: Publications Office, 2014.

EEA. **Quiet areas in Europe: the environment unaffected by noise pollution.** LU: Publications Office, 2016.

EEA. **Environmental noise in Europe, 2020.** LU: Publications Office, 2020.

ELSHOUT, S. V. D. Communicating air quality a guidebook on communication with the public about air quality. p. 124, 2007.

EMBLETON, T. F. W. Tutorial on sound propagation outdoors. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 100, n. 1, p. 31–48, jul. 1996.

ENVIRONMENTAL PROTECTION DEPARTMENT FROM HONG KONG. **Guidelines on Design of Noise Barriers**. Disponível em: <https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/noise/guide_ref/design_barriers_content2.html#2_6>.

GERMAN ENVIRONMENTAL AGENCY (UBA). **Investigations on Noise Emission of Motor Vehicles in Road Traffic**. [s.l: s.n.].

GETZNER. **Masse-Feder-Systeme**. Disponível em: <https://www.getzner.com/de/produkte/bahn/masse-feder-systeme>. Acesso em: 26 jun. 2021.

GREER, G. Stone Mastic Asphalt – A review of its noise reducing and early life skid resistance properties. **New Zealand**, p. 5, 2006.

HAININ, R.; RESHI, W. F.; NIROUMAND, H. The Importance of Stone Mastic Asphalt in Construction. v. 17, p. 9, 2012.

HASSIM, S. et al. Cost Comparison between Stone Mastic Asphalt and Asphalt Concrete Wearing Course. **American Journal of Applied Sciences**, v. 2, n. 9, p. 1350–1355, 1 set. 2005.

HINZE, B.; TERRACE, A.; HILL, S. Noise mapping in Australia: completed studies, goals and outcomes. p. 14, 2015.

HOLTZ, M. C. DE B. **Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo**. Mestrado em Tecnologia da Arquitetura—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2 maio 2012.

INFONET SERGIPE. **Prefeitura adota os semáforos inteligentes**. Disponível em: <https://infonet.com.br/blogs/prefeitura-adota-os-semaforos-inteligentes/>.

ING, D. Noise Reduction Potential of Low-Noise Tyres. p. 7, 2008.

ISHIZUKA, T.; FUJIWARA, K. Performance of noise barriers with various edge shapes and acoustical conditions. **Applied Acoustics**, v. 65, n. 2, p. 125–141, fev. 2004.

ISLES, S.; AUSTROADS. **Modelling, measuring and mitigating road traffic noise**. Sydney: Austroads, 2005.

ISO 12913:2014 Acoustics — Soundscape. 2014.

JABBEN, J.; VERHEIJEN, E.; POTMA, C. Noise reduction by electric vehicles in the Netherlands. p. 8, 19 ago. 2012.

KANG, J. **Urban Sound Environment**. [s.l.] Taylor & Francis, 2007.

KING, G. et al. Noise Levels Associated with Urban Land. 2012.

KOHLER, E. Prepared for the Chilean Road Directorate. p. 26, 2019.

KROPP, W.; FORSSÉN, J.; ESTÉVEZ-MAURIZ, L. **Urban sound planning: the SONORUS project**. [s.l: s.n.].

LAIB, F.; BRAUN, A.; RID, W. Modelling noise reductions using electric buses in urban traffic. A case study from Stuttgart, Germany. **Transportation Research Procedia**, v. 37, p. 377–384, 2019.

MANNOK. **STONE MASTIC ASPHALT**. Disponível em: <https://www.mannokbuild.com/tarmac/stone-mastic-asphalt/>. Acesso em: 26 jun. 2021.

MANOJLOVIC, A. et al. Fleet renewal: An approach to achieve sustainable road transport. **Thermal Science**, v. 15, n. 4, p. 1223–1236, 2011.

MARCELO, C. B. **Sons e Formas, as barreiras acústicas na atenuação do ruído na cidade**. [s.l.] Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2006.

MICHALSKI, R. L. X. N.; CAPARROZ, G. M. Avaliação sonora de espaços urbanos na área central de São Paulo: o caso da Avenida Ipiranga. 2019.

MOMMERTZ, E. **Acoustics and sound insulation**. 1. ed. [s.l.] birkhauser, 2008. v. 1

MORAES, E.; NEYLA, L. **MAPA ACÚSTICO DE BELÉM**. In: ENCAC 2005. Maceió, Alagoas: 2005.

MUGNELA, B. S. **GENPOLIS: Prototipagem e aplicação de um simulador de trânsito voltado para otimização de sinalização semafórica por meio de algoritmos genéticos.** Mestrado em Sistemas Eletrônicos—São Paulo: Universidade de São Paulo, 13 jul. 2012.

NATIONAL ASSOCIATION OF CITY TRANSPORTATION OFFICIALS. **Urban Street Design Guide**. Disponível em: <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/curb-extensions/chicane/>. Acesso em: 26 jun. 2021.

NEUMANN, H. **Qualidade ambiental urbana: A paisagem sonora da rua Teodoro Sampaio**. Dissertação de mestrado—FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2014.

NOISE NEWS. **London Hotspots for Noise Nuisance Complaints [Infographic]**. Disponível em: <https://www.cirrusresearch.co.uk/blog/2017/03/london-hotspots-noise-nuisance-complaints-infographic/>. Acesso em: 26 jun. 2021.

OITICICA, M.; BERTOLI, S. **MELHORIA DO DESEMPENHO ACÚSTICO EM PEITORIL VENTILADO**. In: ACÚSTICA 2008. Coimbra, Portugal: 2008.

OLIVEIRA, F. R. **Avaliação da Poluição Sonora em Corredores Viários Exclusivos para Ônibus**. [s.l.] MINISTÉRIO DA DEFESA EXÉRCITO BRASILEIRO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES, 2015.

OMS. **Environmental noise guidelines for the European Region**, 2018.

OW, L. F.; GHOSH, S. Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. **Applied Acoustics**, v. 120, p. 15–20, maio 2017.

OWENS, S. provide to predict and prevent: pricing and planning in transport policy. p. 7, 1995.

PARLAMENTO E CONSELHO EUROPEU. 2002/49/EC. Diretiva 2002/49/CE. relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. 25 jun. 2002.

PATRÍCIO, J. **Acústica nos edifícios**. 6. ed. [s.l.] Verlag Dashofer, 2010.

PIEK Program. Disponível em: <https://www.piek-international.com/>.

PREFEITURA DE SOROCABA. **Blitz de fiscalização de ruído de motocicleta na Avenida Américo Figueiredo resultou em 38 autuações**. Disponível em: <https://noticias.sorocaba.sp.gov.br/blitz-de-fiscalizacao-de-ruido-de-motocicleta-na-avenida-americo/#&gid=1&pid=1>. Acesso em: 11 jul. 2021.

PROACUSTICA. **Classe de ruído das edificações habitacionais**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.proacustica.org.br/publicacoes/manuais-tecnicos-sobre-acustica/>.

PROACÚSTICA. **Inad desperta São Paulo para o incômodo do barulho**. Disponível em: <https://www.proacustica.org.br/publicacoes/reportagens/inad-desperta-sao-paulo-para-o-incomodo-do-barulho/>. Acesso em: 4 jul. 2021.

PROACUSTICA. **Manual acústica básica**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.proacustica.org.br/publicacoes/manuais-tecnicos-sobre-acustica/>.

PROACUSTICA. **Mapa de Sensibilidade**. Disponível em: <http://www.mapaderuidosp.org.br/mapa-de-ruido/mapa-de-sensibilidade/>. Acesso em: 23 dez. 2020b.

PROACUSTICA. **Fortaleza é a primeira cidade brasileira a ter sua Carta Acústica**. Disponível em: <http://www.proacustica.org.br/publicacoes/cases/fortaleza-primeira-cidade-brasileira-a-ter-sua-carta-acustica/>.

RAMOS, J. **Dinâmica urbana na cidade de São Paulo: o desafio do desenho das soluções acústicas**. Dissertação de mestrado—FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO (FAU): UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2007.

REETHOF, G. Effect of Plantings on Radiation of Highway Noise. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 23, n. 3, p. 185–189, mar. 1973.

RUSH CITY. **Rush City**. Disponível em: <https://map.opensourcesoundscapes.org/view-area>.

SÃO PAULO. Lei Nº 16.402, de 22 de março de 2016.

SILENCE. **Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans**, 2009.

STRUFALDI, E. **Mitigação de ruído gerado pelo tráfego de veículos em rodovias**. [s.l.] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

TEMPLETON, D. **Acoustics in the built environment. Advice for the design team**. [s.l.] Architetural Press, 1997. v. 2

THE EUROPEAN COMMISSION. **Noise WG5 Abatement - Inventory of mitigation methods**Working Group 5:Abatement, 18 jul. 2002.

VILLE, S.; GONZALEZ-FELIU, J.; DABLANC, L. The limits of public policy intervention in urban logistics: The case of Vicenza (Italy) and lessons for other European cities. p. 15, 17 out. 2012.

WATTS, G.; CHINN, L.; GODFREY, N. The effects of vegetation on the perception of traffic noise. **Applied Acoustics**, p. 18, 1999.

WHATTYRE. **Noise reducing technology: Not just for low profile tyres | What Tyre | Independent tyre comparison information**. Disponível em: <https://whattyre.com/news/noise-reducing-technology-not-just-for-low-profile-tyres/>. Acesso em: 14 fev. 2021.