

Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana

A decision-support tool for the control of urban noise pollution

Marcia Thais Suriano ¹
Léa Cristina Lucas de Souza ¹
Antonio Nelson Rodrigues da Silva ²

Abstract *Improving the quality of life is increasingly seen as an important urban planning goal. In order to reach it, various tools are being developed to mitigate the negative impacts of human activities on society. This paper develops a methodology for quantifying the population's exposure to noise, by proposing a classification of urban blocks. Taking into account the vehicular flow and traffic composition of the surroundings of urban blocks, we generated a noise map by applying a computational simulation. The urban blocks were classified according to their noise range and then the population was estimated for each urban block, by a process which was based on the census tract and the constructed area of the blocks. The acoustical classes of urban blocks and the number of inhabitants per block were compared, so that the population exposed to noise levels above 65 dB(A) could be estimated, which is the highest limit established by legislation. As a result, we developed a map of the study area, so that urban blocks that should be priority targets for noise mitigation actions can be quickly identified.*

Keywords *Noise pollution, Population exposure, Quality of life, Vehicular flow*

Resumo *Com a preocupação cada vez maior em atingir uma melhor qualidade de vida nos centros urbanos, várias ferramentas são disponibilizadas a fim de nortear ações e planos para minimizar ou mitigar os impactos nocivos à população. Este trabalho procura contribuir com uma metodologia de quantificação da população exposta ao ruído, por meio de uma classificação da poluição sonora urbana. A partir da contagem de fluxo de veículos e composição de tráfego ao redor de quadras urbanas, foi gerado um mapa de ruído por simulação computacional. As quadras urbanas foram classificadas quanto à faixa de ruído e sua população foi estimada com base nos setores censitários e na metragem de área construída. Os dados de classes acústicas de quadras e número de moradores por quadra foram comparados, permitindo estimar a população exposta a níveis de ruído acima de 65 dB(A), limite superior ao estabelecido pela legislação. Como resultado, foi possível desenvolver um mapa da área de estudo que permite rápida identificação de quadras prioritárias para ações de mitigação ao ruído.*

Palavras-chave *Poluição sonora, População exposta, Qualidade de vida, Tráfego de veículos*

¹ Departamento de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos. Rodovia Washington Luís km 235, Monjolinho. 13565-905 São Carlos SP Brasil. marcia_suriano@yahoo.com.br

² Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo.

Introdução

Atualmente, os centros urbanos estão num processo acelerado de desenvolvimento, tanto do ponto de vista econômico como social. Atrelados a este desenvolvimento, surgem os problemas e os impactos dos mais diversos tipos que afetam a integridade ambiental. Por isso, apesar da importância da aquisição e da manutenção de hábitos saudáveis para a melhoria da qualidade de vida da população¹, as cidades muitas vezes apresentam características ambientais que comprometem o desenvolvimento dessas atividades. Uma dessas questões diz respeito à poluição sonora e seu poder de interferir no meio ambiente e na saúde da população. Esta poluição é resultante da combinação de diversas fontes como, por exemplo, os transportes, as indústrias, a construção civil, as atividades de lazer, as escolas e o comércio. Dentre essas, devido ao crescimento da frota de veículos e à falta de planejamento territorial nos centros urbanos, o ruído de tráfego é considerado como a principal fonte de poluição sonora.

Segundo a Organização Mundial da Saúde², mais da metade da população mundial ocupa os espaços urbanos e com estimativas alarmantes de crescimento demográfico. Esta organização afirma ainda que o nível médio sonoro a que as pessoas podem ser expostas sem prejudicar a qualidade de vida e a saúde é de 55dB(A), devendo, durante o sono, o nível sonoro diminuir para 45dB(A). Níveis de pressão sonora acima de 65dB(A) podem gerar efeitos negativos como interferência na compreensão da fala, dificuldades para dormir ou descansar, incômodo e queda na qualidade de realização de atividades de trabalho e lazer. Níveis de pressão sonora acima de 85dB(A) podem acarretar perdas de audição nas pessoas.

Vários estudos relatam essas evidências, seja através dos danos causados à audição³ e dos distúrbios do sono⁴⁻⁶, como também no desempenho cognitivo em adultos e crianças⁷, transtornos psicológicos⁸ e problemas cardiovasculares e coronários⁹⁻¹¹.

A melhoria da qualidade de vida da população exige, portanto, um monitoramento das condições de exposição da população, sendo essa etapa considerada fundamental para o planejamento e a intervenção da saúde¹². Ambientes que excedem os níveis de ruído determinados pela legislação vigente requerem esse monitoramento para serem alcançadas soluções de controle e atenuação acústica.

Como forma de tentar minimizar o problema do ruído de tráfego urbano, alguns países,

principalmente da Comunidade Europeia, vêm desenvolvendo ações planejadas como estratégias de combate à poluição sonora, através do desenvolvimento de mapas de ruído. Este instrumento é utilizado pela Directiva Europeia¹³ para identificar os níveis de poluição sonora e promover medidas necessárias para atenuá-las.

Os mapas de ruído são utilizados como ferramentas para estratégias de planejamento urbano, visando à qualidade de vida da população local, pois permitem a quantificação do ruído, a avaliação da exposição da população, o desenvolvimento de cenários futuros, a identificação de área de conflito e as propostas de soluções¹⁴.

Essa estratégia, no entanto, ainda não se configura como uma realidade brasileira, encontrando-se apenas alguns dispositivos legais e normativos como: Lei Federal nº 10.257/2001, conhecida como Estatuto da Cidade¹⁵; a resolução CONAMA 001/1990, que trata de emissão de ruído¹⁶; a resolução CONAMA 002/1990, que institui o Programa de Silêncio¹⁷; a resolução CONAMA 020/1994, que institui o Selo Ruído¹⁸; e as normas técnicas NBR 10.151:2000¹⁹, NBR 10.152:1987²⁰ e NBR 7.731:1983²¹.

Dentro dessa temática, este trabalho procura contribuir com uma metodologia brasileira que permita um rápido acesso a informações para facilitar o estabelecimento de ações prioritárias e o conhecimento sobre a exposição da comunidade ao ruído. Para isso, propõe uma adaptação da classificação acústica de quadras urbanas²² para a quantificação da população exposta ao ruído em horário de pico de tráfego, para vários pontos de uma fração urbana. O método proposto é aplicado na cidade de São Carlos, SP, Brasil.

Método

O método empregado neste estudo consiste das seguintes etapas: delimitação e caracterização física de uma área de estudo; coleta dos dados; validação e aplicação do modelo de previsão para o mapeamento acústico; classificação acústica de quadras urbanas; análise da exposição da comunidade ao ruído.

Delimitação e caracterização física da área de estudo

O estado de São Paulo, no sudeste do Brasil, compreende uma área de 248.800 km² e abriga cerca de 40 milhões de habitantes, o que repre-

senta 22% da população brasileira. São Carlos está localizada na região central deste estado (22°01'S e 47°54'O), com área total de 1.137,303 km², sendo 67,25 km² de área *urbana*, população aproximada em 236 mil habitantes²³.

A fração selecionada para este estudo localiza-se numa região que engloba três corredores de tráfego relevantes para a cidade (Av. São Carlos, Av. Dr. Carlos Botelho e R. XV de Novembro). Segundo o Plano Diretor do Município, essa fração tem seu uso e ocupação do solo considerados de tipo misto, apresentando construções residenciais, escolas, pontos comerciais e de serviços. Foi determinado o tipo de pavimentação das vias e estimadas as alturas das edificações das quadras urbanas. Para esse último levantamento foram considerados 3 metros de altura por pavimento e 4,5 metros para edificações térreas ou para pavimentos térreos de edificações de múltiplos pavimentos. Esse levantamento foi realizado através de mapas cadastrais (disponibilizados pela Prefeitura Municipal de São Carlos), visitas *in loco* e complementado por visualização no Google Earth® (acessado online).

Nessa fração urbana foram determinados pontos de referência, distribuídos na malha urbana e situados próximos ao meio das faces das quadras, evitando-se os cruzamentos de vias e servindo para as diversas coletas de dados (Figura 1).

Coleta de Dados

A partir dos pontos de referência, foi caracterizado e contabilizado o fluxo de tráfego e a composição da frota (veículos leves e pesados). Esses pontos foram também tomados como referências para as medições de níveis de pressão sonora. As coletas desses dados foram realizadas em dias de semana (terças, quartas e quintas-feiras) e em horários considerados de maior fluxo de veículos (das 7h00 às 8h00, no horário diurno e das 17h30 às 18h30, fim da tarde), evitando-se as situações atípicas geradas pelos fins de semana e feriados.

O parâmetro utilizado como identificador dos níveis de pressão sonora foi dado pelos registros dos níveis sonoros equivalentes (L_{Aeq}), que é definido pela equação 1²⁴.

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

T é o tempo de integração;

Pt é a pressão sonora instantânea;

P_0 é a pressão sonora de referências $2,0 \times 10^{-5}$ N/m²;

L_{Aeq} é o nível de ruído contínuo equivalente em dB(A).

Para o levantamento de L_{Aeq} , foi utilizado o equipamento Analyser 2270-L da Brüel&Kjær, tipo Hand-Held, com protetor de vento acoplado ao microfone, para minimizar interferências.

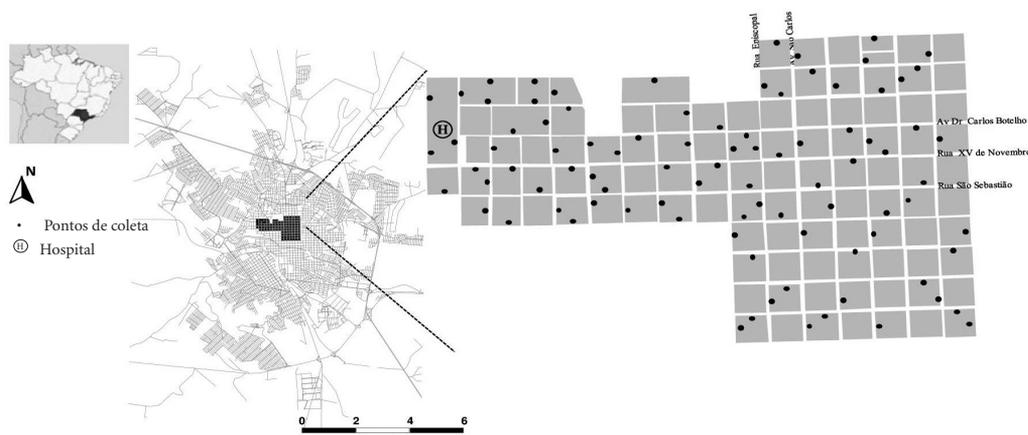


Figura 1. Localização da cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil, com destaque para a área de estudo e para os pontos de coleta de dados.

O aparelho foi configurado com as especificações para medições externas de ruído ambiental, atendendo às especificações metodológicas indicadas pelas NBR 10.151¹⁹ e ISO 1996²⁴ e sendo mantido afastado de superfícies refletoras, no mínimo 2,0 m de paredes e 1,2 m do chão.

Validação e aplicação do modelo de previsão para mapeamento acústico

Para este estudo, o método de cálculo utilizado foi o modelo francês (NMPB Routes-2008), chamado de Novo Método de Previsão do Ruído do Tráfego, recomendado como método interino durante a implantação da Directiva 2009/49/EC na Europa. Esse método foi detalhadamente descrito por Dutilleux et al.²⁵ e equivale à equação 2.

$$L_{LT} = 10 \log \left[p \times 10^{\frac{L_{pF}}{10}} + (1 - p) \times 10^{\frac{L_{pH}}{10}} \right]$$

(Equação 2)

Onde,

p é a porcentagem de ocorrência de condições meteorológicas favoráveis à propagação sonora. Seu valor corresponde a 1 (um), quando as condições são favoráveis, e a 0 (zero), quando as condições de propagação são homogêneas. As condições são favoráveis, quando os fatores meteorológicas de vento, temperatura e umidade causam refrações que intensificam o nível sonoro na camada de ar junto ao solo. As condições são homogêneas em caso contrário;

L_{pF} é o nível de pressão sonora para condições favoráveis, conforme equação 3;

$$L_{p,F} = LW - A_{div} - A_{atm} - A_{solo,F} - A_{dif,F} - A_{ref}$$

(Equação 3)

L_{pH} é o nível de pressão sonora para condições homogêneas, conforme equação 4.

$$L_{p,H} = LW - A_{div} - A_{atm} - A_{solo,H} - A_{dif,H} - A_{ref}$$

(Equação 4)

Nas equações 3 e 4, LW é a potência acústica do tráfego de veículos gerada pela velocidade média, composição de tráfego e tipo de pavimento. A_{div} é a atenuação devido à dispersão geométrica, A_{atm} é a atenuação causada pela absorção atmosférica, A_{dif} é aquela causada por difração em obstáculos, A_{solo} é o efeito do solo e A_{ref} é a absorção de superfícies verticais.

Nesses casos, a complexidade do fenômeno envolvido e os cálculos necessários levam ainda a uma modelagem auxiliada por programa computacional. Para isso, o método de previsão foi aplicado através do programa computacional CADNA-A, v.4.1 (Computer Aided Design Noise Abatement, Datakustik)²⁶.

Naquele modelo computacional, o ruído de tráfego é representado como uma fonte linear e os atributos desta correspondem às características da via e do fluxo de tráfego. A execução do programa pode ser realizada a partir de dados de entrada correspondentes a valores de níveis de pressão sonora medidos no local ou a valores de contagem de veículos e sua composição. Além disso, como o método foi desenvolvido para condições específicas de cidades francesas, ele deve ser previamente validado antes de ser aplicado às cidades brasileiras.

Nesse sentido, a precisão das simulações com esse modelo computacional para a realidade específica da área de estudo foi comprovada previamente pelos estudos de Giunta et al.²⁷. Essa pesquisa indicou que a configuração de entrada de dados correspondente à inserção de dados reais de LAeq é mais precisa do que a opção de inserção do fluxo de veículos como fonte sonora. As autoras destacaram ainda que, com a opção do fluxo, os valores simulados médios tendem a 2dB(A) a menos do que os valores reais.

Para a aplicação do modelo, os dados de entrada para a simulação foram aqueles coletados, referentes aos níveis de pressão sonora equivalentes (LAeq), bem como aos dados referentes às vias, para os períodos de pico de tráfego. Para as superfícies das fachadas foi considerado um coeficiente de absorção de 0,37 (valor padrão utilizado pelo programa). Nesse procedimento de cálculo e simulação, foram inseridos ainda pontos receptores, que possibilitassem a extração de valores simulados em pontos específicos situados no meio da face frontal das quadras urbanas e no interior das mesmas.

Classificação acústica de quadras urbanas

Para análise e classificação das quadras, foi realizada uma adaptação da metodologia proposta por Mendonça et al.²². Nesse método, valores de LAeq, simulados para 4 (quatro) pontos médios sem cada face de quadra e 4 pontos no centro da quadra posicionados à 30 m a partir do ponto de leitura na via, são extraídos para a determinação de uma média aritmética que gera a classe acústica da quadra.

No caso específico deste estudo, propõe-se um procedimento análogo, porém considerando-se os valores médios logarítmicos de LAeq dos mesmos 8 pontos simulados para cada quadra. Acredita-se que essa abordagem tenha maior correspondência com a própria natureza logarítmica do parâmetro LAeq que gera a classe de

quadras. Assim, foi realizada a classificação de acordo com as seguintes faixas acústicas: abaixo de 60dB(A); entre 60 e 65 dB(A); entre 65 e 70dB(A) e acima de 70dB(A).

Exposição da comunidade ao ruído

Para cada quadra foi determinada a sua respectiva população, tendo como base de cálculo os setores censitários estabelecidos pelo IBGE. Essa estimativa levou em consideração o valor do setor censitário do IBGE (I), a área construída de cada quadra (A_Q) e a área total construída de cada setor (A_{SC}), como mostra a equação (5):

$$P_Q = P_{SC} \times (A_Q / A_{SC}) \text{ (Equação 5)}$$

Onde:

P_Q é o número de pessoas potencialmente expostas ao ruído por quadra;

A_Q é a área construída da quadra específica (m^2);

P_{SC} é o número de pessoas existente em cada setor censitário;

A_{SC} é o total da área construída de cada setor censitário (m^2).

Com base na norma NBR 10.151¹⁹, os limites para zonas urbanas de uso misto com vocação comercial não devem exceder ao nível de 60 dB (A) no período diurno e 55 dB (A) no período noturno. Esses foram os limites estabelecidos para que o cruzamento das informações das classes acústicas das quadras com as classes de população possibilitasse a extração do número de pessoas expostas nos horários de pico.

Resultados e discussão

Quando classificadas as quadras urbanas por faixas de ruído do seu entorno, com base na média logarítmica dos valores simulados nos 8 pontos de receptores, os resultados encontrados corresponderam àqueles representados nas Figura 2 (horários de pico da manhã e tarde, respectivamente).

Os resultados obtidos demonstraram que a maioria das quadras estudadas na cidade de São Carlos apresenta valores elevados de níveis sonoros, uma vez que ultrapassam o limite estabelecido pelas normas vigentes. O intervalo da classificação entre 60 e 65 dB(A) esteve representado em 19,8% de manhã e 16,8% à tarde. A classificação entre 65 e 70 dB(A) foi a mais representativa, apontando 65,3% das quadras no período da manhã e 68,3% das quadras no período da tarde. A classificação acima de 70 dB(A) teve baixa representatividade, 4,9% e 5,9%, respectivamente, para os períodos manhã e tarde.

As áreas mais preservadas do ruído tiveram uma representatividade pouco expressiva em relação ao total estudado, 9,9% no período da manhã e 8,9% no período da tarde. Observa-se que na área onde está localizada a quadra do hospital, representada pela letra "H" (Figuras 1 e 3), que deveria ser uma região com menores emissões sonoras, os valores dos níveis de ruído não atingiram o estado crítico, mas apresentaram-se no limite estabelecido pela norma vigente.

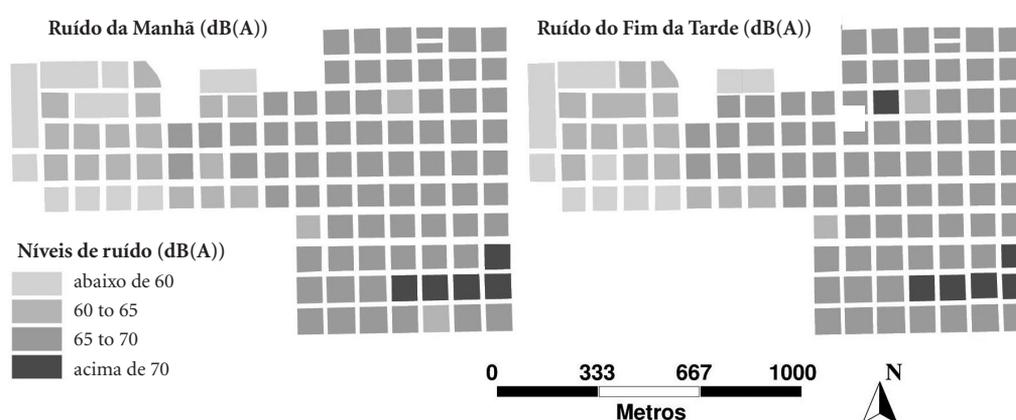


Figura 2. Classes acústicas das quadras da cidade de São Carlos, SP, no período da manhã (7h00 às 8h00) e fim da tarde (17h30min às 18h30min), por faixas de conformidade.

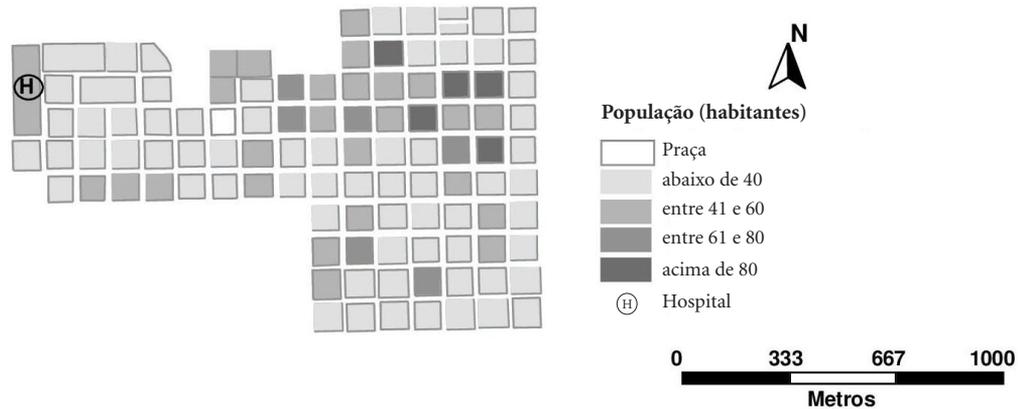


Figura 3. Pessoas expostas ao ruído ambiental por quadra da cidade de São Carlos, SP.

Existem diversos estudos que também demonstram a característica ruidosa que hoje apresentam as cidades brasileiras: Lima e Carvalho³ para Mossoró, Costa e Lourenço²⁸ para Sorocaba, Brito e Sinder²⁹ para Taubaté, Souza e Giunta³⁰ para Bauru e Valadares *et al.*³¹ para algumas cidades de Minas Gerais. Considerando as consequências dos altos níveis sonoros apontadas pela Organização Mundial de Saúde², a preocupação pode se tornar ainda maior em grandes cidades. Cantieri *et al.*³² em Curitiba, por exemplo, indicaram que os valores médios dos ruídos atingiram 81,9 dB(A) e Pinto e Mardones³³ no Rio de Janeiro, revelaram valores superiores a 65 dB(A) em muitas vias da cidade.

A exposição da população, ao ruído e seu incômodo, não é, no entanto, uma característica apenas de cidades brasileiras, tendo sido constatada na Coreia³⁴, nos Estados Unidos³⁵, no Paquistão³⁶, na Bélgica e países vizinhos³⁷, na Irlanda^{38,39}, em cidades da Finlândia⁴⁰ e na Espanha⁴¹.

Procurando identificar o número de pessoas expostas aos ruídos mais intensos na área de estudo, as informações dos dados de classes acústicas de quadras (Figura 2) e número de moradores por quadra (Figura 3) foram comparadas, permitindo acessar a parcela da população exposta ao ruído. Observa-se que a maior concentração da população coincide com as quadras de maiores valores de níveis sonoros. Esse resultado torna-se preocupante na questão da fragilidade acústica da região, apresentando conflitos, tanto para os

pedestres como também para os moradores desta região.

No total, a região estudada apresenta 4202 pessoas. A maioria está exposta a níveis sonoros acima de 65 dB(A), sendo 70,0%, no período da manhã e 74,7%, no período do fim da tarde. Ainda que os valores sejam representativos de áreas externas e não do interior das edificações, esses números indicam o potencial de exposição apresentado pelas quadras urbanas da área de estudo e apontam para a importância a ser dada para o tratamento dos fechamentos das edificações. Aberturas de fachadas voltadas para esse entorno de quadras mais ruidosas representam uma exposição a ruídos que ultrapassam os limites estabelecidos pela norma vigente. Além disso, alerta-se para o fato de que aqui não tenha sido computado o número de pedestres da região, o que elevaria ainda mais a parcela da população exposta ao ruído naquele local.

Para uma rápida identificação de quadras prioritárias para ações de controle de ruído, foram desenvolvidos os mapas apresentados na Figura 4.

As quadras destacadas na Figura 4 são aquelas que contêm mais de 60 pessoas, todas expostas a elevados níveis sonoros em ambos os períodos [acima de 65 dB(A)], o que excede a norma vigente. Essas quadras estão localizadas em ruas e avenidas de grande fluxo de veículos.

Apresentando um estado crítico de nível sonoro [superior a 70 dB(A)], a Figura 5 apresenta,

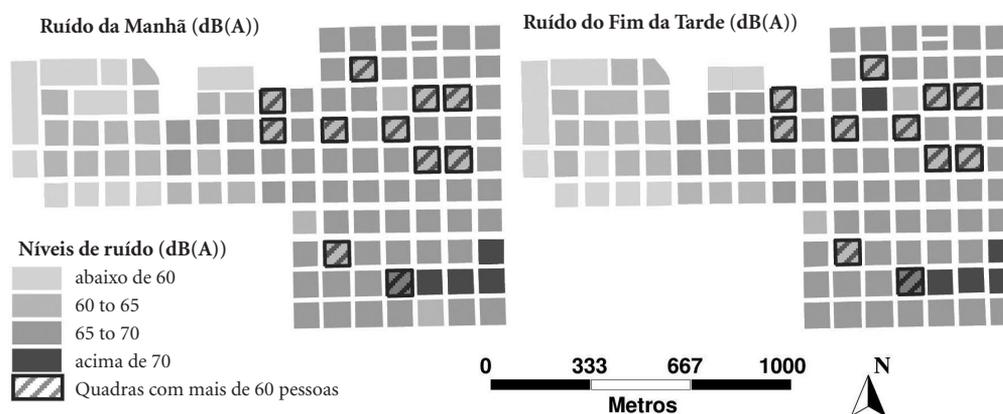


Figura 4. Quadras classificadas por nível de ruído com destaque para aquelas com mais de 60 pessoas, na cidade de São Carlos, SP.

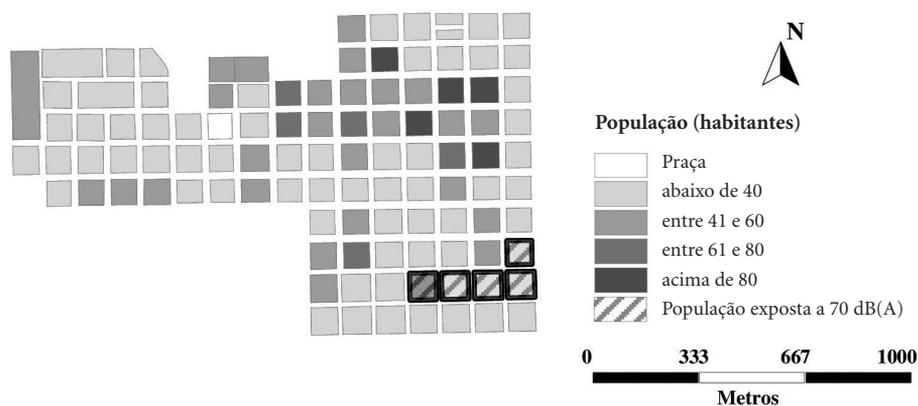


Figura 5. Classes do número de pessoas expostas ao ruído ambiental por quadra da cidade de São Carlos, SP, com destaque para aquelas com população exposta a níveis de ruído acima de 70 dB(A).

em destaque, cinco quadras prioritárias para as quais devem ser tomadas medidas mitigadoras para a redução do ruído. Uma forma de redução desse problema é discutida no estudo realizado por Alesheikh e Omidvari⁴¹, que ao verificarem altos níveis de ruído em áreas residenciais, indicam a verificação das emissões sonoras dos veí-

culos mais antigos e a necessidade de incremento do transporte público de qualidade como ações mitigadoras para a diminuição deste incômodo.

Considerando que o Plano Diretor da cidade de São Carlos permite o adensamento para a região de estudo, por ser uma área de indução de ocupação, pode-se prever o aumento no fluxo de

veículos e, conseqüentemente, a intensificação da fonte sonora. Portanto, as diretrizes gerais de ocupação nessa área deveriam ser mais restritivas, pois mesmo as quadras que se encontram no limite da norma vigente, entre 55 e 60 dB(A), indicam que o adensamento nessa área deve ser bastante cauteloso, de forma a propiciar uma melhor qualidade de vida à população local.

Conclusões

No Brasil, existe uma carência de informações a respeito da poluição sonora nos diversos centros urbanos e seus malefícios causados pela exposição da população.

Os mapas de ruído são uma ferramenta que apresentam várias aplicabilidades como a identificação dos níveis de ruído, das áreas de maior ou menor contaminação e exposição da população. A análise de contaminação sonora por quadras permite a identificação dos níveis em pontos urbanos específicos, o que auxilia na tomada de decisão para a prevenção e controle do ruído e da exposição da população.

Neste estudo, os métodos de mapeamento sonoro apresentam-se numa escala pontual, o que difere da escala das diretrizes determinadas pelos municípios para cada zona de ocupação. As decisões urbanas não podem ser tomadas por questões apenas pontuais, porém, as ações tomadas sob o ponto de vista da escala da zona de ocupação, acabam generalizando diretrizes de adensamento que podem intensificar a contaminação sonora já existente, causando desconforto à população.

A abordagem por quadras pode ser uma solução eficaz e de fácil interpretação, permitindo evidenciar aquelas que não comportam mais adensamento ou intensificação do fluxo de veículos sob o ponto de vista do incômodo do ruído. Assim, é necessário estabelecer ações mais restritivas e prioritárias, para o controle e prevenção do ruído e conseqüente redução da exposição da comuni-

dade. Além disso, a classificação da quadra torna-se uma ferramenta para a educação ambiental e conscientização desse problema pela comunidade.

Esta proposta pode ser extrapolada para outros tipos de zonas e usos. O que permite uma comparação entre as normas vigentes para aquele uso e a situação de ruído e exposição da comunidade ocorrida em qualquer zona urbana.

Colaboradores

MT Suriano participou da coleta de dados, elaborou o texto e fez as análises iniciais em conjunto com LCL Souza, a qual delineou o estudo e apresentou contribuições substanciais ao texto; ANR Silva implantou os dados no SIG, realizou as análises e apresentou contribuições ao trabalho. Todos os autores trabalharam na revisão final para publicação.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo suporte técnico e financeiro disponibilizados.

Referências

1. Araújo CCR, Guimarães ACA, Meye CR, Boing L, Ramos MO, Souza MC, Parcias SR. Influência da idade na percepção de finitude e qualidade de vida. *Cien Saude Colet* 2013; 18(9):2497-2505.
2. World Health Organization (WHO). Guidelines for community noise. Edited by Birgitta Berghund, Thomas Lindvall, Dietrich H. Schela. 1999. [acessado 2014 jun 14]. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>
3. Lima AGM, Carvalho EG. Poluição sonora no meio ambiente urbano – Caso Centro de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. *REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA* 2010; 5(2):69-87.
4. Jakovljević B, Belojević G, Paunović K, Stojanov V. Road Traffic Noise and Sleep Disturbances in an Urban Population: Cross-sectional Study. *Croat Med J* 2006; 47(1):125-133.
5. Kim M, Chang SI, Seong JC, Holt JB, Park TH, Ko JH, Croft JB. Road Traffic Noise Annoyance, Sleep Disturbance, and Public Health Implications. *Am J Prev Med* 2012; 43(4):353-360.
6. Halonen JL, Vahtera J, Stansfeld S, Yli-Tuomi T, Salo P, Pentti J, Kivimäki M, Lanki T. Associations between Nighttime Traffic Noise and Sleep: The Finnish Public Sector Study. *Environ Health Perspect* 2012; 120(10):1391-1396.
7. Stansfeld SA, Matheson MP. Noise pollution: non-auditory effects on health. *Br Med Bull* 2003; 68:243-257.
8. Szalma JL, Hancock PA. Noise effects on human performance: A meta-analytic synthesis. *Psychol Bull* 2011; 137(4):682-707.
9. Babisch W, Beule B, Schust M, Kersten N, Ising H. Traffic Noise and Risk of Myocardial Infarction. *Epidemiology* 2005; 16(1):33-40.
10. Banerjee D, Pratim Das P, Foujdar A. Association between road traffic noise and prevalence of coronary heart disease. *Environ Monit Assess* 2014; 186(5):2885-2893.
11. Eriksson C, Nilsson ME, Pershagen G. *Environmental noise and health – Current knowledge and research needs*. Stockholm: Stockholm University; 2013.
12. Moura EC, Lima AMP, Urdaneta M. Uso de indicadores para o monitoramento das ações de promoção e atenção da Política Nacional de Atenção Integral à Saúde do Homem (PNAISH). *Cien Saude Colet* 17(10):2597-2606.
13. Directive 2002/49/EC of the European parliament and of the council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, *Official Journal of the European Communities*, 12-26.
14. Santos LC, Valado F. The municipal noise map as planning tool. In: Santos LC, Valado F, organizadores. *Acústica*. Guimarães: Universidade do Minho; 2004.
15. Brasil. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. *Diário Oficial da União* 2001; 17 jul.
16. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Comissão Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 001, de 08 de março de 1990. *Diário Oficial da União* 1990; 2 abr.
17. Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Comissão Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 002, de 8 de março de 1990. *Diário Oficial da União* 1990; 2 abr.
18. Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Comissão Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 020, de 08 de dezembro de 1994. *Diário Oficial da União* 1994; 30 dez.
19. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 10.151: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade*. Rio de Janeiro: ABNT; 2000.
20. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 10.152: Níveis de ruído para o conforto acústico*. Rio de Janeiro: ABNT; 1987.
21. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 7.731: Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação de seus efeitos sobre o homem*. Rio de Janeiro: ABNT; 1983.
22. Mendonça ABD, Suriano MT, Souza LCL, Viviani E. Classes de quadras urbanas determinadas pelos níveis de ruídos. *Rev Brasileira de Gestão Urbana* 2013; 5(2):63-77.
23. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Indicadores Sociais Municipais: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico*. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.
24. International Organization for Standardization (ISO 1992/2). *Acoustics: description, measurement and assessment of environmental noise - Parte 2: Determination of environmental noise levels*. Geneva: ISO; 2007.
25. Dutilleul G, Defrance J, Gauvreau B, Besnard F. *The revision of the French method for road traffic noise prediction*. Paris: Acoustics'08; 2008.
26. Datakustik GMBH. *CADNA Manual V3.4*. Greifengberg: Datakustik GMBH; 2005.
27. Giunta MB, Souza LCL, Viviani E. Sensibilidade de parâmetros de um modelo de cálculo para a simulação do ambiente acústico urbano. *Anais do XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e do VIII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Acústico Urbano*. Paranoá, Brasília, n 11, p. 77-86, 2014.
28. Costa SB, Lourenço RW. Geoprocessing applied to the assessment of environmental noise: a case study in the city of Sorocaba, São Paulo, Brazil. *Environ Monit Assess* 2011; 172(1-4):329-337.
29. Brito LAF, Sinder V. Determinação do nível de pressão sonora das principais vias públicas da região central de Taubaté. *Anais do X Encontro Nacional e do V Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído*; Natal; 2009. p. 27-28.
30. Souza LCL, Giunta MB. Urban indices as environmental noise indicators. *Comput Environ Urban Syst* 2011; 35(5):421-430.
31. Valadares VM, Souza RVG, Cornacchia G, Grosch JG. Considerando a atmosfera acústica na elaboração de planos diretores. *Anais do XI Encontro Nacional e do V Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído*; Ouro Preto; 2007. p. 1914-1923.

32. Cantieri E, Catai RE, Agnoletto RA, Zanqueta HFB, Cordeiro AD, Romano CA. Elaboração de um mapa de ruído para a região central da cidade de Curitiba - PR. *Revista Produção on-line* 2010; 10(1):71-95.
33. Pinto FANC, Mardones MDM. Noise mapping of densely populated neighborhoods – example of Copacabana, Rio de Janeiro – Brazil. *Environ Monit Assess* 2009; 155(1-4):309-318.
34. Ko JH, Chang SI, Kim MH, Holt JB, Seong JC. Transportation noise and exposed population of an urban area in the Republic of Korea. *Environ Int* 2011; 37:328-334.
35. Seong JC, Park TH, Ko JH, Chang SI, Kim MH, Holt JB, Mehdi MR. Modeling of road traffic noise and estimated human exposure in Fulton County, Georgia, USA. *Environ Int* 2011; 37:1336-1341.
36. Mehdi MR, Kim M, Seong JC, Arsalan MH. Spatio-temporal patterns of road traffic noise in Karachi, Pakistan. *Environ Int* 2011; 37:97-104.
37. Botteldooren D, Dekoninck L, Gillis D. The Influence of Traffic Noise on Appreciation of the Living Quality of a Neighborhood. *Int J Environ Res Public Health* 2011; 8(3):777-798.
38. Murphy E, King EA. An assessment of residential exposure to environmental noise at a shipping port. *Environ Int* 2014; 63:207-215.
39. Murphy E, King EA. Scenario analysis and noise action planning: Modelling the impact of mitigation measures on population exposure. *Applied Acoustics* 2011; 72(8):487-494.
40. Torija AJ, Ruiza DP, Alba-Fernandez V, Ramos-Ridao A. Noticed sound events management as a tool for inclusion in the action plans against noise in medium-sized cities. *Landscape and Urban Planning* 2012; 104(1):148-156.
41. Alesheikh AA, Omidvari M. Application of GIS in Urban Traffic Noise Pollution. *J Prev Med Hyg* 2010; 2(2):79-84.

Artigo apresentado em 28/07/14

Aprovado em 13/11/14

Versão final apresentada em 15/11/14