

IDENTIFICAÇÃO EXPEDITA DO AMBIENTE ACÚSTICO URBANO NA CIDADE DE SÃO CARLOS

L. D. Penteado, M. T. Suriano, L. C. L. Souza, D. Botteldooren, L. Dekoninck

RESUMO

Mapeamento do ambiente acústico é uma ferramenta de planejamento e controle do ruído urbano, no entanto, são enfrentados obstáculos estruturais e operacionais para o seu desenvolvimento. Apesar da coleta de dados em campo ser uma etapa muitas vezes indispensável, o alto custo para aquisição dos equipamentos, a falta de segurança para a instalação dos equipamentos em locais públicos e, conseqüentemente, a falta de monitoramento contínuos e a descontinuidade de observações, são problemas frequentes encontrados nesse processo. Essa pesquisa procura validar no Brasil um método expedito de identificação do ambiente acústico, baseado em medições móveis por modo à pé. Os dados coletados são comparados aos valores de coleta em pontos fixos e simulações, permitindo estabelecer correlações entre os dados, para evidenciar a representatividade do método móvel. Os resultados alcançados indicam que, para uma rápida avaliação acústica do ambiente urbano, o método expedito é uma alternativa promissora e econômica.

1 INTRODUÇÃO

O intenso processo de urbanização, o adensamento das cidades e a utilização de máquinas geradoras de ruído tem levado ao aumento da poluição sonora nos centros urbanos. Essa poluição sonora interfere na qualidade de vida e degrada o ambiente das cidades, atuando negativamente na saúde da população (Babisch *et al.*, 2014). Entretanto, de acordo Souza e Giunta (2011), apesar do seu impacto sobre a saúde dos seres humanos, o controle do ruído urbano, através do planejamento e da gestão das cidades brasileiras, é, habitualmente, negligenciado.

Como estratégia de ação, a aplicação de mapeamento acústico constitui-se como uma ferramenta de planejamento e controle de ruídos em muitos países do mundo. São mapas que geram uma informação visual do ruído ambiental em uma área geográfica, em determinado horário ou momento ao longo do dia. Esses mapas permitem o acesso de informações às autoridades competentes e ao público, possibilitando a verificação de ações prioritárias e o conhecimento sobre a exposição da comunidade ao ruído (European Commission, 2002).

Por outro lado, a prática do mapeamento do ruído não é muito amplamente utilizada no caso brasileiro. Em parte, a escassez de mapas de ruído brasileiro é decorrente de problemas enfrentados na sua própria elaboração. Mapas acústicos podem ser confeccionados com base em medições dos níveis sonoros em pontos urbanos previamente

determinados, ou por simulações computacionais, utilizando-se modelos de predição acústica, considerando-se também a comparação entre as medições reais e as simulações. Assim, mesmo quando o mapa de ruídos é efetuado por simulação computacional, é necessário que o método de simulação seja validado por medições *in loco* ou alimentado por elas. Porém, para esses procedimentos são verificados impasses, tanto de ordem operacional como estrutural.

Quanto à questão operacional, normalmente, as coletas de dados para a elaboração de mapas de ruídos podem ser executadas de duas maneiras distintas: através de pontos fixos ou por medição de pontos móveis. De forma manual ou automática, as medições de ruído ambiental urbano necessitam da aplicação de equipamentos medidores de níveis de pressão sonora (sonômetros). Esses equipamentos são em geral sensores portáteis, constituídos por microfones, pré-amplificador, filtros de ponderação (integradores), circuito e unidade de leitura, possibilitando o acesso ao valor representativo da energia incidente no ponto em que o microfone está situado.

No entanto, um dos primeiros obstáculos das medições é a falta do próprio equipamento para a realização do monitoramento, pois envolve alto custo (tanto para aquisição dos dados como para manutenção dos equipamentos). Além disso, os sensores estão sujeitos à interferências durante as medições de campo, em especial quando se tratam de aparelhos fixos, em virtude de: aspectos relacionados à variação climática; interferência devido à fala e movimentação de pessoas próximas aos equipamentos; a diminuição da velocidade dos carros, por seus motoristas interpretarem erroneamente que o equipamento seja um radar de trânsito, comprometendo, assim, o objetivo de captar o nível de pressão sonora provocado pelos veículos na via em estudo; existência de ruídos pontuais e específicos no dia da medição, como um cortador de grama ligado, por exemplo. Associado a isso, verifica-se ainda a falta de segurança para a instalação dos equipamentos fixos de monitoramento em locais públicos e, por conseguinte, ocorrendo descontinuidade de observações.

Em termos estruturais, faltam monitoramentos contínuos do ambiente acústico urbano brasileiro. Em muitos países, a utilização de sistemas de monitoramento contínuo de níveis de pressão sonora é uma característica comum e que, não só respaldam a utilização temporal dos mapas de ruídos, mas também embasam o cumprimento das exigências normativas. Os sistemas de monitoramento de rede de Madrid (Manvell *et al.* 2004) e de Paris são exemplos típicos da realidade europeia. Em alguns casos os sistemas de monitoramento baseiam-se em dados captados por aparelhos celulares, como é o caso do projeto NoiseTube em Paris (Maisonneweve *et al.* 2009) e do projeto NoiseSpy em Cambridge (Kango, 2010), possibilitando a obtenção de uma grande malha de pontos distribuídos pela área urbana.

Outros defendem uma maneira economicamente mais viável, como os estudos de Botteldooren *et al.* (2011), da Universidade de Gent, na Bélgica, que apresentam a implementação de uma rede de microfones de mais baixo custo (hoje em vigor naquele município). A rede possui pontos fixos e móveis que se configuram como nós de captura de dados e aos quais foram conectados receptores de GPS. Desse modo, é realizada a transmissão contínua de dados para um servidor central e, através de um protocolo de armazenamento e leitura, é feita a visualização espacial dos dados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). De posse da informação, as medições móveis ou fixas podem ser instantaneamente representadas em mapas.

Nesse último caso, a abordagem torna-se promissora para casos de países em que existe grande lacuna na questão do controle do ruído urbano e necessidade de minimização do custo de equipamentos. No entanto, como apontam Van Renterghem et al. (2011), o desempenho desses tipos de microfones pode apresentar dependência às condições meteorológicas, devendo ser observada sua utilização em condições de alta temperatura e umidade do ar. Por isso, a sua aplicação deve ser sempre precedida de validação no local.

Seguindo essa linha, esse artigo procura aplicar o método expedito de medições móveis à pé, desenvolvido por Botteldooren et al. (2011), procurando validar o método para a caracterização do ambiente acústico urbano na cidade brasileira de São Carlos (SP).

2 MÉTODO

Os procedimentos metodológicos se compõem das seguintes etapas:

1. Caracterização da área de estudo;
2. Campanhas de medição fixas e móveis e leitura de dados em um SIG;
3. Simulação computacional para extração de dados comparativos.

2.1 Caracterização da área

O município de São Carlos, com população estimada em aproximadamente 222 mil habitantes (IBGE, 2010), está localizado no centro geográfico do Estado de São Paulo, nas coordenadas de referência de 22 01'S de latitude e 47 54'O de longitude. Para a pesquisa foram selecionadas duas vias coletoras urbanas, de grande fluxo de veículos para os padrões da cidade, localizadas nas proximidades do Centro antigo, com ocupação de uso misto, como: construções residenciais, escolas, comércios e outros serviços. O percurso amostral dessas duas vias serviu ainda para a seleção de seis pontos amostrais fixos, sendo quatro localizados na Avenida Doutor Carlos Botelho e dois situados na Rua XV de Novembro (Figura 1).



Fig. 1 – Vias selecionadas e pontos amostrais para estudo na cidade de São Carlos (Fonte: adaptado de GoogleEarth)

Os seis pontos amostrais serviram de referência para campanhas de observação, visando a caracterização e contagem do fluxo de veículo, com identificação de veículos leves, pesados (ônibus e caminhões) e motocicletas. Esses são dados necessários à simulação de mapas acústicos.

Além disso, outras características do entorno edificado, também necessárias ao mapeamento, foram identificadas, tais como: largura de vias, calçadas, e suas respectivas

declividades, altura das edificações, tipo de pavimentação da via, uso e ocupação do solo, altura de muros e distância entre as edificações. Esse levantamento foi realizado por meio de mapas cadastrais (disponibilizados pela Prefeitura Municipal de São Carlos), visitas in loco e complementado por visualização no programa Google Earth® (acessadas online).

3.2 Métodos de medição e leitura de dados em um SIG

Campanhas de medições acústicas fixas e móveis foram realizadas. Medições de níveis de pressão sonora foram promovidas em dias de semana (terças, quartas e quintas-feiras), evitando-se as situações atípicas geradas pelos fins de semana e feriados. Foi analisado o horários de pico do entardecer, por ser considerado o de maior fluxo veicular (17h30 às 18h30).

Como parâmetro de medição dos níveis de pressão sonora, foi considerado o L_{Aeq} , correspondendo ao nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, obtido pelo valor médio quadrático da pressão sonora e expresso pela Equação 1 (ABNT, 2000):

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \quad (1)$$

Onde:

L_i : é o nível de pressão sonora em dB(A)

N: é o número total de leituras

Para os registros dos níveis sonoros equivalentes (L_{Aeq}) pelo método de pontos amostrais fixos, foi utilizado o equipamento Analyser 2270-L da Brüel & Kjær, tipo Hand-Held, classificado como tipo 1 de precisão. Para minimizar interferências causadas por ventos, foi acoplado um protetor de vento ao microfone. O aparelho foi configurado com as especificações para medições externas de ruído ambiental, atendendo a todas as especificações metodológicas indicadas pelas NBR 10.151 (ABNT, 2000) e ISO 1996. Utilizou-se o circuito de compensação em A com o aparelho afastado de superfícies refletoras, no mínimo 2 m de paredes e 1,2 m do chão, conforme a norma vigente.

Para determinação do tempo de duração das medições, foram considerados os resultados apresentados por Mendonça *et al.* (2012). Naquele estudo, também para a cidade de São Carlos, os autores apontaram que, nos horários de pico de tráfego de veículos, a medição de L_{Aeq} durante 5 minutos é significativa e mantém forte correlação com níveis de L_{Aeq} medidos durante 15 minutos. Por isso, para otimização da coleta de dados, a duração de 5 minutos pode ser adotada, desde que para caracterização de horários de pico.

Para a captação de dados no método móvel foi utilizado o percurso das duas avenidas. As medições foram realizadas em uma quarta-feira, durante 1 hora. Os níveis de pressão sonora L_{Aeq} foram registrados com o movimento à pé, utilizando-se um equipamento móvel, acomodado em mochilas posicionadas nas costas do pesquisador. O equipamento foi desenvolvido pelo grupo INTEC-Acoustics, da Universidade de Gent, Bélgica. Esse equipamento é composto por um microfone que está sincronizado a um GPS e a uma bateria que alimenta o equipamento. O equipamento é apresentado na figura 2.



Fig. 2 Vista da unidade móvel desenvolvida pelo grupo *INTEC-Acoustics* e acomodação em mochila para o deslocamento a pé

O equipamento capta, a cada segundo do percurso, o nível sonoro, que é registrado e armazenado juntamente com a coordenada geográfica da sua ocorrência. Sendo a bateria capaz de fornecer uma hora de energia para o equipamento, pode-se captar até 3600 pontos distribuídos na área em estudo. Os dados captados são transferidos, via internet, para o grupo de pesquisa gerenciador da rede de monitoramento na Universidade de Gent, e, posteriormente, encaminhado ao laboratório do núcleo de pesquisas em Acústica e Térmica nas Edificações e Redes Viárias da UFSCar.

O protocolo de descarregamento dos dados é realizado no Sistema de Informações Geográficas QGis Quantum, versão 2.6.1- Brighton (Qgis), sendo assim possível a visualização espacial dos dados. Este SIG é um software livre e de código aberto, que possibilita a criação de ferramentas, com maior controle sobre as operações realizadas. Além disso, utilizou-se o Open Street Map (OPM), que é uma base de dados geográficos livre, que disponibiliza mapas e ferramentas para integração com o Software Qgis. Com isto, as medições móveis puderam ser instantaneamente representadas em mapas. Assim, o resultado da aplicação dos dados georreferenciados de níveis sonoros coletados pelo método móvel foi trabalhado dentro do SIG. A partir de um raio de abrangência ao redor de cada ponto amostral foram associados os valores coletados pelo equipamento móvel, calculando-se os valores da média logarítmica dos valores medidos que se encontravam dentro deste raio.

Posteriormente, um mapa temático foi desenvolvido aplicando-se o método de interpolação por krigagem ordinária (através do método disponível no pacote de ferramentas do Qgis 2.6 com a aplicação do SAGA GIS - System for Automated Geoscientific Analyses), combinando-se com imagens de satélite para a criação de uma mapa com os valores de L_{eq} .

3.3 Simulação computacional para extração de dados comparativos e análise

Também para validação do método expedito, uma comparação de dados medidos com aqueles calculados por método de simulação computacional foi realizada. Para isso foi aplicado um programa para o mapeamento acústico da área de estudo denominado CADNA-A (Computer Aided Design Noise Abatement) v. 4.1. Esse foi um programa

aplicado previamente em diversas pesquisas, como, por exemplo, Giunta (2013), Arana, R. San Martin e M. L. San Martin (2010) e Pinto e Mardones (2009).

Para a simulação com o CADNA-A, os dados de entrada utilizados foram: o posicionamento das vias e os valores das médias do nível sonoro equivalente (L_{eq} em dBA), para o período de pico de tráfego de veículos no entardecer da cidade de estudo.

Para a representação das edificações, foi admitida uma altura de 4,5 m para edifícios térreos, com adição de 3 m a cada pavimento superior, para edifícios de múltiplos pavimentos. Para as superfícies das fachadas foi considerado um coeficiente de absorção de 0,37 (valor padrão do software).

O método de cálculo utilizado foi o método francês (NMPB ROUTES, 2008 apud SETRA, 2009; DUTILLEUX et al., 2008), chamado de Novo Método de Previsão do Ruído do Tráfego, recomendado pela Diretiva 2009/49/EC (European Communities, 2002). O algoritmo deste método considera o cálculo do nível sonoro equivalente de longa duração (LLT) e as condições meteorológicas da zona em estudo, sendo calculado segundo as expressões apresentadas nas equações observadas na tabela 1.

Tabela 1 Equações do método NMPB-Routes (Fonte: DUTILLEUX et al. 2010)

Equações	Descrição das variáveis
$L_{LT} = 10 \log[p 10^{L_{LF}/10} + (1 - p) 10^{L_{LH}/10}]$	p: é a ocorrência de condições meteorológicas favoráveis e assume valores entre $0 < p < 1$ (2)
$L_{LF} = LW - A_{div} - A_{atm} - A_{solo,F} - A_{dif,f} - A_{Ref}$	L_{LF} é o nível sonoro para condição meteorológica favorável (3)
$L_{LH} = LW - A_{div} - A_{atm} - A_{solo,F} - A_{dif,f} - A_{Ref}$	L_{LH} é o nível sonoro para condições meteorológica homogêneas LW é a potência acústica do fluxo veicular A_{div} é atenuação por divergência geométrica (4) A_{atm} é absorção pelo ar A_{solo} é efeitos do solo; A_{dif} é difração A_{ref} é a absorção das superfícies verticais

As vias de tráfego estudadas foram simuladas como fontes lineares e, para geração do mapa de ruídos, os seguintes parâmetros de cálculo foram aplicados: receiver spacing (espaçamento entre receptores) de 10 x 10 m, receiver height (altura do receptor) de 1,5 m (nível do usuário) com linhas isofônicas de classe a cada 5 dBA.

Para que os valores simulados pelo modelo pudessem equivaler a valores de L_{Aeq} nos diversos períodos de estudo, limitou-se o cálculo ao horário específico de interesse, para evitar a possível ponderação gerada pelo modelo, ao integrar valores dia e noite.

Foram consideradas as recomendações de Giunta (2013), que ao validar o modelo para a cidade de São Carlos, verificou que desvios nos valores preditos podem ser esperados, porém dentro dos limites aceitáveis (ou seja, até ± 4 dBA para áreas urbanas). Giunta (2013) indica ainda que a configuração de entrada de dados correspondente à inserção de dados reais de L_{Aeq} é mais precisa do que a opção de inserção do fluxo de veículos como fonte sonora. A autora destacou que com a inserção de L_{Aeq} para gerar os mapas de ruídos, os valores simulados médios tenderam a 2dB(A) a menos do que os valores reais.

Assim, para esse estudo, os dados de níveis de pressão sonora coletados foram incorporados no CADNA-A, possibilitando, além da comparação de dados, a representação dos níveis de pressão sonora ambiental em forma de mapa. Os valores simulados foram ainda comparados com os valores reais medidos e foi realizada uma análise de correspondência entre eles.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Os níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) médios registrados nos pontos de coleta nos períodos do entardecer, para os dados coletados no método fixo e no método móvel, são apresentados na Figura 3.

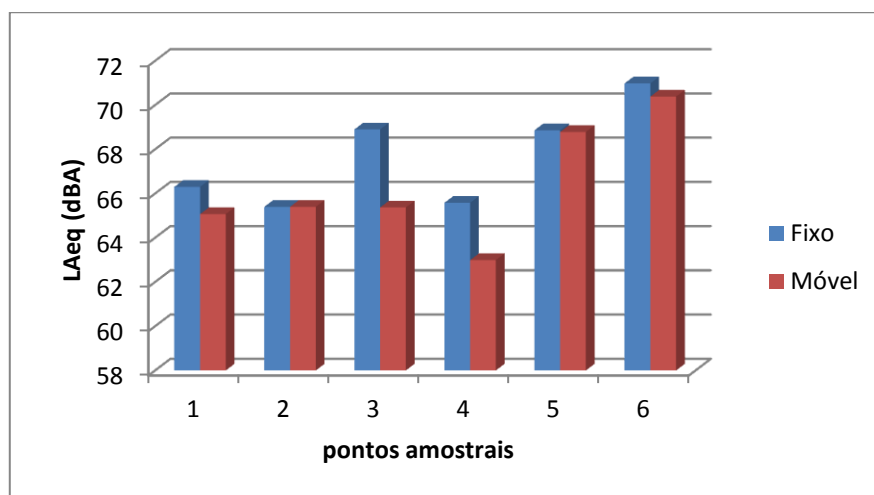


Fig. 3 Dados coletados pelos métodos móvel e fixo nos pontos amostrais

O ponto 6, para ambos os métodos fixo e móvel, correspondeu ao ponto mais ruidoso, seguidos pelos pontos 3 e 5. No geral, todos os pontos amostrados, apresentaram níveis de pressão sonora equivalente medidos acima de 60 dB para o período do entardecer.

Observa-se que a diferença média entre os valores coletados pelos métodos fixo e móvel é de 1,3 dB, o que pode ser considerado aceitável, sendo menor do que o erro aceitável para os valores calculados pelo método da simulação (que seria de 4dB). Os maiores erros absolutos foram verificados para os pontos 3 e 4, que atingiram 3,5dB e 2,6 dB, respectivamente. Esses correspondem a erros relativos de cerca de 5% e 4%, respectivamente. Nos demais pontos, os erros relativos para a ordem de grandeza medida tenderam a ser menores do que 1,8 %.

Correlacionando-se os valores do método fixo e do método móvel, é possível verificar, na figura 4, que o coeficiente de determinação (R^2) atinge o valor de 0,72, o que é considerado um desempenho adequado, quando se deseja identificar o ambiente acústico

urbano a que está sujeito um pedestre. O que chama a atenção no caso do método móvel, é que, mesmo com as possíveis interferências do próprio corpo do pesquisador sobre o microfone, os níveis sonoros são captados adequadamente pelo equipamento, guardadas as pequenas diferenças encontradas.

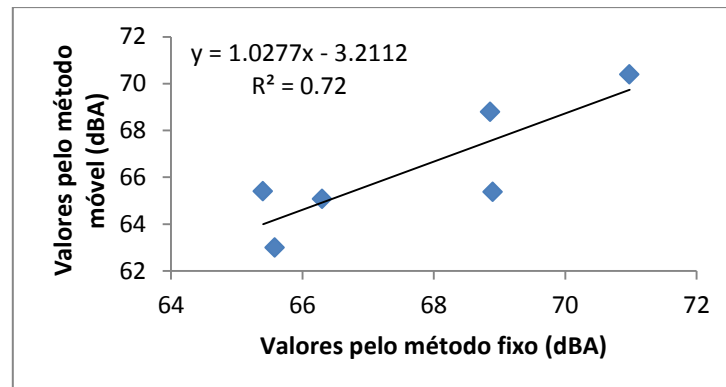


Fig. 4 Correlação entre os valores coletados pelos métodos móvel e fixo

Procurou-se ainda verificar a correspondência entre os valores do método fixo e da simulação e do método móvel e da simulação (Figuras 5 e 6).

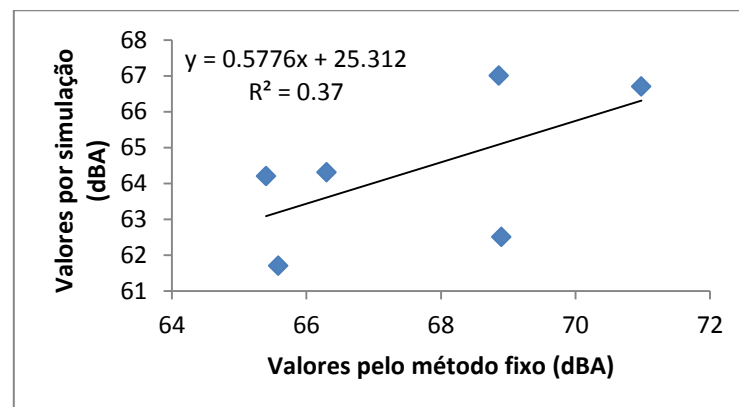


Fig. 5 Correlação entre os valores registrados pelo método fixo e valores simulados

Nesse caso, o método por simulação apresentou menor correlação ($R^2 = 0.37$) com o método fixo do que aquela correlação apresentada pelo método móvel ($R^2 = 0.72$). Ainda assim, os valores médios por simulação encontraram-se abaixo de 3,3 dBA, o que classificaria o método como válido. Por outro lado, os valores pelo método móvel apresentaram boa correlação com os valores simulados (figura 6).

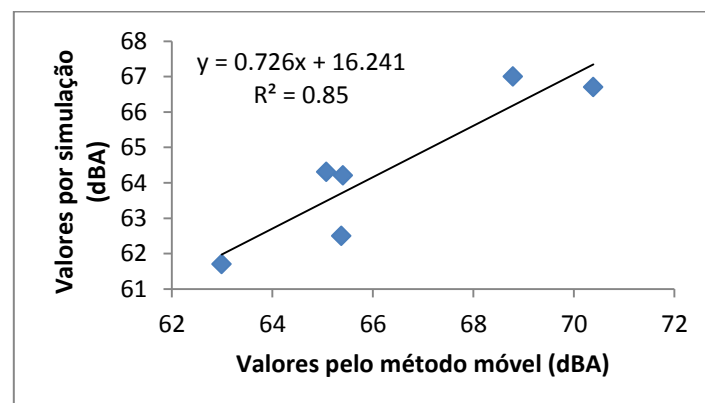


Fig. 6 Correlação entre os valores registrados pelo método móvel e valores simulados

Para verificar a potencialidade do método expedito em relação à distribuição espacial dos dados, foram desenvolvidos mapas acústicos (Figuras 7 e 8). A figura 7 equivale ao mapa gerado com o CADNA-A, enquanto a Figura 8 representa um tratamento de dados das medições móveis, realizado dentro do QGIS.

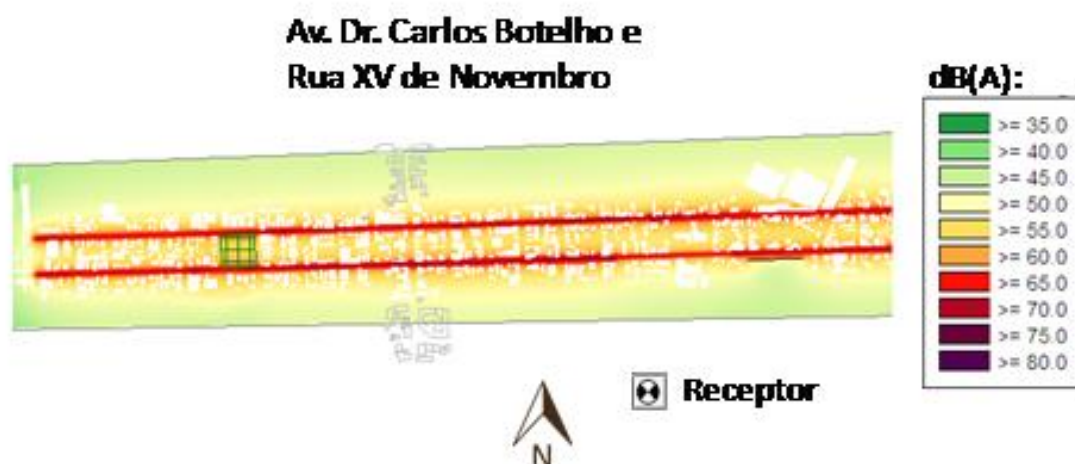


Fig. 7 Mapa acústico da simulação computacional das vias estudadas.

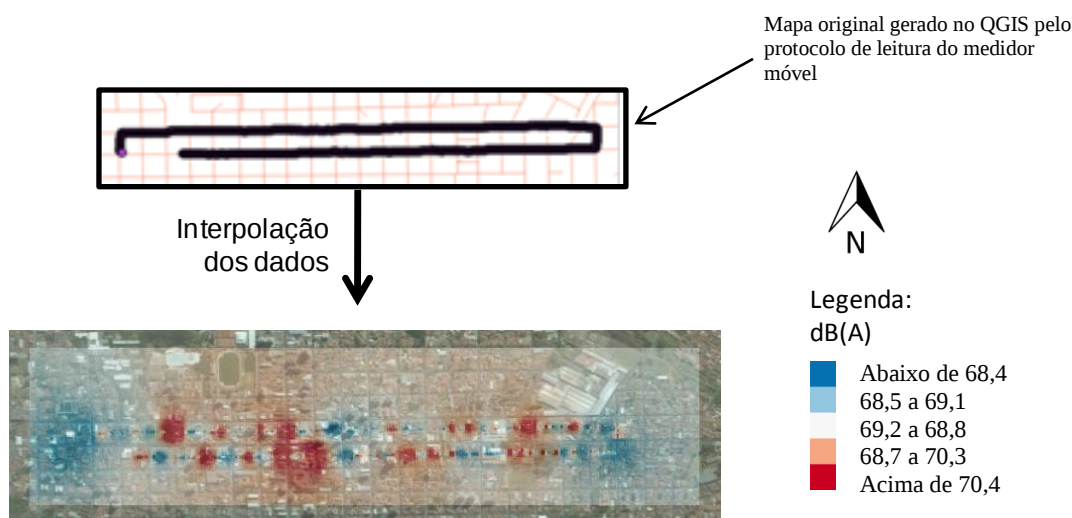


Fig. 8 Mapa acústico criado a partir do tratamento de dados do método móvel dentro da plataforma QGIS.

De certa forma, os trechos com maiores níveis sonoros tendem a coincidir espacialmente, independente do método adotado. O método móvel tende a atingir valores intermediários, entre o método fixo e o simulado (Figura 9). Para todos os casos, o método por simulação tende a assumir valores menores do que os reais, assim como também aconteceu com o método móvel.

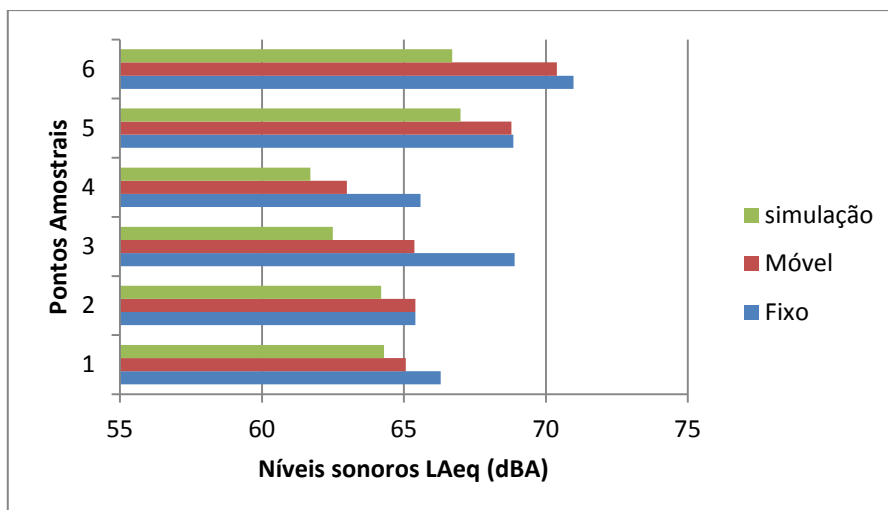


Fig. 9 Valores de L_{Aeq} para cada método.

Assim, apesar do método móvel poder ter características de influência do corpo do pesquisador e de captação muito rápida em termos de duração de coleta em cada ponto do percurso, esses resultados mostram-se vantajosos e coerentes, podendo auxiliar significativamente nos estudos que consideram o efeito dos ruídos sobre o pedestre.

5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a identificação expedita por modo à pé pode ser uma alternativa para um levantamento das condições gerais do ambiente acústico em cidades brasileiras, principalmente para análise focada no pedestre. Trata-se de um método capaz de identificar pontos que estão sujeitos à maiores níveis de poluição sonora e com informações muito próximas às medições fixas.

No caso da cidade de São Carlos, verificou-se que para as duas avenidas estudadas, o equipamento permitiu uma primeira aproximação, sendo compatível com o mapa acústico desenvolvido por simulação. Destaca-se, no entanto, que nessa etapa inicial foi investigado apenas o parâmetro L_{Aeq} para o horário de pico do entardecer na cidade de estudo.

De qualquer forma, acredita-se que o desempenho do instrumento em si necessite maiores investigações para as condições climáticas brasileiras. Além disso, cabe salientar que durante as medições foi percebida uma dificuldade relacionada à alta sensibilidade do equipamento aos movimentos do pesquisador, o que exige certa limitação na velocidade da caminhada à pé, pois o pesquisador deve minimizar os impactos causados pelos passos.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida para a elaboração dessa pesquisa e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelos recursos financiados para a participação no evento.

7 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000), ABNT. **NBR 10151/2000**: Acústica - avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. Rio de Janeiro.

Arana, M., San Martin, R., San Martin, M.L. (2010), Strategic noise map of a major road carried out with two environmental prediction software packages. **Environmental Monitoring and Assessment**, 163, 503-513.

Babisch, W., Wölke, G., Heinrich, J., Starff, W. (2014), Road traffic noise and hypertension – Accounting for the location of rooms. **Environmental Research**, 133, 380-387.

Botteldooren, D., De Coensel, B., Oldoni, D., Van Renterghem, T. e Dauwes (2011), Sound monitoring networks new style, **Acoustics**, Gold Coast, Austrália. Proceedings... Gold Coast: Acoustics.

Datakustik (2005), **CADNA Manual V4.1** Greifenberg: Datakustik GMBH.

Dutilleul, G., Defrance, J., Gauvreau, B., Besnard, F. (2010), NMPB-Routes-2008: The Revision of the French Method for Road Traffic Noise Prediction, **Acta Acustica united with Acustica**, 96(3), 452-462.

European Communities (2002), Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council. Relating to the assessment and management of environmental noise. **Official Journal of the European Communities**. Disponível em: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:EN:PD> F. Acesso em: 16 mar. 2016.

Giunta, M.B., (2013), Análise de modelagem de precisão acústica e mapeamento sonoro para a cidade de São Carlos – SP, 155 f., Dissertação (Mestrado) - **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana**, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), **Indicadores sociais municipais: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/indicadores_sociais_municipais.pdf. Acesso em: 16 mar. 2016.

International Organization for Standardization. - **ISO 1996/2** (1996), Acoustics: description, measurement and assessment of environmental noise — part 2: determination of environmental noise levels.

Kanjo, E., (2010), NoiseSPY: a real-time mobile phone platform for urban noise monitoring and mapping, **Mobile Networks & Applications**, 15(4), 562-574.

Maisonneuve, N., Stevens, M., Niessen, M. E., Steels, L., (2009), NoiseTube: measuring and mapping noise pollution with mobile phones, **Information Technologies in Environmental Engineering**, 215-228.

Manvell, D., Ballarin Marcosb, L., Stapelfeldtc, H., Saznb, R., (2004), Combining Measurements and Calculations to Map Noise in Madrid, **The 33th International Congress and Eposition on Noise Control Engineering**, Praga, República Tcheca, 22-25 Agosto 2004.

Mendonça, A. B. D., Suriano, M. T., Souza, L. C. L., Viviane, E., (2012), Medições acústicas: variação da geometria da via urbana e tempo de amostragem. **Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana**, Maringá Brasil, 7-8 Novembro 2012.

Pinto, F. A. N. C., Mardones, M. D. M., (2009), Noise mapping of densely populated neighborhoods: example of Copacabana, Rio de Janeiro - Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 155, 309-318.

Van Renterghem, T.; Thomas, P.; Dominguez, F.; Dauwe, S.; Touhafi, A.; Dhoedt, B.; Botteldooren, D., (2011), On the ability of consumer electronics microphones for environmental noise monitoring, **Journal of Environmental Monitoring**, 13, 544-552.