



MÉTODO DE ELABORAÇÃO DE MAPA DE RUÍDO COM UTILIZAÇÃO DE VARIÁVEIS FÍSICAS E PSICOLÓGICAS: O EXEMPLO DE BELÉM – BRASIL

PACS: 43.50 Qp

MORAES, Elcione e LARA, Neyla
Universidade da Amazônia – UNAMA
Tv. Alcindo Cacela, 287
66060-902. Belém. Pará. Brasil
Tel: (005591) 210 3809
Fax: (005591) 210 3012
E-mail: lacam@unama.br, faudio@unama.br

ABSTRACT

The method of elaboration of maps of noises presented, has as main objective to design the plash of the noisy distribution in urban areas, trying to get a global view of the noise climate, identifying and giving the characteristics of the main sources and zones of the biggest and smallest noise, together with the evaluation of the number of habitants, sonority and how much disturb produced by the sound and compares with the indicated sounds obtained in the measurements. The method was applied in the city of Belém, in Brazil, which there are peculiarities environment, demographic, sociological and cultural.

RESUMEN

O método de elaboração de mapas de ruídos apresentado, tem como objetivo principal traçar o perfil da distribuição do ruído em áreas urbanas, buscando uma visão global do clima de ruído, identificando e caracterizando as principais fontes e as zonas de maior e menor intensidade sonora, conjuntamente com a avaliação da percepção dos habitantes da sonoridade e do grau de moléstia produzido pelo ruído, e compara-las com os indicadores de ruído obtidos das medições "in loco". O método foi aplicado na cidade de Belém, no Brasil, que tem suas peculiaridades ambientais, demográficas, sociológicas e culturais.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a adequada gestão do ruído deve considerar o mapa de ruído como uma ferramenta fundamental de diagnóstico. O mapa de ruído permite conhecer o ambiente sonoro de um determinado lugar em um determinado momento, identificando-o como um instrumento indispensável para o estudo e controle do ruído ambiental.

Um mapa de ruído tem como objetivo desenhar uma representação visual de um ambiente acústico específico em uma determinada área geográfica. Estes mapas podem, ainda, demonstrar como se altera a distribuição espacial dos níveis de ruído com o tempo, e podem informar não só

no nível do solo mas, também, podem destacar as fontes de ruído dominante e os setores mais sensíveis ao ruído.

A elaboração e utilização do mapa de ruído podem ser uma estratégia clara e objetiva de avaliar a exposição ao ruído, de intercambiar informações mútuas e ainda de subsidiar informações à comunidade sobre o grau de exposição ao ruído urbano.

Um dos problemas existentes no momento de se elaborar um mapa de ruído é a falta de normas a seguir, especificamente com relação aos momentos particulares, como o tempo e o período de medição. Neste trabalho procuramos conciliar as recomendações técnicas com a experiência de outros especialistas em estudos semelhantes, associada às peculiaridades do local.

MÉTODO DE ELABORAÇÃO DO MAPA DE RUÍDO

Método de seleção dos locais de medição

Existem quatro maneiras de determinar os locais de medição: Por meio aleatório (Price, 72 citado por Sommerhoff, 2002); por meio de uma amostra estratificada de acordo com fontes específicas de ruído, conforme a densidade da população ou segundo o uso do solo (Sánchez, 89); por meio dos pontos de interseção de uma quadrícula (Recuerdo et. al. 97); por meio de predição dos níveis de ruído sustentado por equações de forma empírica (Recuerdo et. al. 97).

Devido ao fato de não existir um método que se possa chamar de universal é aceito o método adotado para cada caso, desde que o descreva detalhadamente. O método aqui apresentado utiliza como procedimento para determinação dos pontos de medida o método das quadrículas. Esta técnica é a forma mais direta de obter os dados para formação das linhas de contorno do mapa.

A escolha do tamanho da quadrícula vai influenciar na variação do ruído entre os pontos. A norma ISO 1996-2 estabelece que em geral a diferença de níveis entre pontos adjacentes não deve passar de 5dB. Entretanto, o tamanho da quadrícula reflete diretamente sobre o número de pontos a medir e conseqüentemente no custo total do trabalho.

Por isso, no mapa de ruídos de Belém se utilizou uma quadrícula de 400X400 metros, tamanho considerado em conformidade com a precisão e número de pontos a medir. Em alguns setores onde a diferença entre os níveis de ruído pode superar os 5dB recomenda-se a utilização de uma subquadrícula com a metade da dimensão da quadrícula original.

A quadrícula é sobreposta ao mapa da cidade partindo desde a extremidade inferior esquerda, utilizando letras do alfabeto no eixo das ordenadas e numerais nas abscissas, gerando, nesta primeira etapa do trabalho, um total de 246 pontos de medida, dentro da chamada 1ª léguas patrimonial de Belém, que engloba 22 bairros da cidade, o que corresponde a mais de 1/3 da sua área urbana total, abrangendo todo o centro histórico e seu entorno. Determinou-se um total de 62 dias de medição, já que dispomos de duas estações de medida, o que representaria pouco mais de 3 meses de coleta de dados, no caso de não haver perda ou interrupção das medições.

Seleção do tempo e período de medida

O tempo de medição costuma variar de 5 a 15 minutos, podendo chegar a 20 em casos excepcionais. Especialistas declaram que o período de duração da mostra não interfere de forma significativa nos valores obtidos, com qualquer um dos três intervalos estipulados. Por outro lado, há informação de que o erro pode aumentar quando diminui a intensidade do tráfego, o com a passagem de veículos pesados ou motocicletas (Sommerhoff, 2002). Devido a diversificação da

densidade do tráfego e do tipo de veículos, optamos por utilizar, no mapa de ruído de Belém, um tempo de medida de 15 minutos em cada ponto.

Quanto ao período de medida, sabe-se que o ruído na cidade varia durante o dia. Para tal efeito, como estipula a norma ISO 1996-2, em cada ponto selecionado pela quadrícula se realiza várias medições durante o dia. Pode-se determinar o período horário mais representativo do dia efetuando, durante uma semana inteira e a cada minuto do dia, uma medição de ruído em um ponto representativo da atividade na cidade. Deste modo é possível determinar a variação do ruído durante toda a semana nas 24 horas do dia, e estipular os períodos de medição que correspondam a um certo perfil de horário de atividade na cidade.

Do mesmo modo é possível definir o nível sonoro corrigido dia-noite (HARRIS, 91), dividindo as 24 horas do dia em dois grandes períodos: o período diurno (entre 7 e 22 horas) e o período noturno (entre 22 e 7 horas da manhã seguinte). A partir dessa classificação, os períodos podem ser subdivididos em intervalos menores, que vão variar em função da diferença dos níveis sonoros medidos em cada período.

No nosso caso, adotamos exclusivamente o período diurno como período de medida, em função da falta de garantia de segurança para os equipamentos e principalmente para a equipe de coleta de dados, no período noturno.

Entretanto, devido a variação dos níveis de ruído na cidade, demonstrado na semana de medição contínua, e a dificuldade de montagem e desmontagem da estrutura física nos pontos de medida, optamos por manter as barracas de apoio permanentemente montadas durante todo o período de medição, portanto das 7 às 22 horas, e coletar medidas a cada hora, diminuindo o risco de variações de ruído (5 dB). De modo que com a duração das medidas de 15 minutos e a distância de 400 metros entre os pontos, cada estação de medição se pode medir dois pontos no intervalo de tempo de uma hora, somando 4 pontos medidos por dia.

No caso de medidas feitas em intervalos de tempo maiores, cabe efetuar uma correção dos valores das medições em alguns períodos, construindo com ajuda dos resultados coletados nas 24 horas, uma tabela de correção com os valores do nível equivalente mais parecido aos que se obterá se em cada ponto e em cada período fossem medidos o $Leq(A)$ de forma contínua durante todo o tempo do período.

Seleção das medidas do ruído e índices de valoração

Como medida básica necessária para avaliar o ruído na cidade e calcular os índices que necessários para determinar o grau de moléstia da exposição ao ruído nas comunidades, faz-se as medidas em cada período e em cada ponto, do nível de pressão sonora contínuo equivalente $Leq(A)$. Também se pode medir, para identificar a variabilidade do ruído durante as medições, durante o intervalo do tempo de medida, o nível de pressão sonora máximo L_{max} , o nível de pressão sonora mínimo L_{min} e os percentuais L_5 , L_{10} , L_{50} e L_{90} .

Devido a limitação em um dos sonômetros de precisão, no mapa de ruído de Belém foram medidas diretamente 5 variáveis: $Leq(A)$, L_{max} , L_{min} , L_{10} e L_{90} , estes dados nos permitiram calcular o índice de ruído de tráfego TNI e o nível de contaminação sonora L_{NP} . O TNI reflete a conclusão de que a moléstia do ruído de tráfego depende também o clima sonoro NC, que corresponde a variação dos níveis observados (L_{10} e L_{90}). O TNI é calculado pela equação:

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

O nível de contaminação sonora L_{NP} é o índice que objetiva identificar o ruído enfatizando a moléstia produzida pelo caráter variável do ruído é chamado de. Este índice pode ser calculado considerando a desviação padrão das flutuações instantâneas do ruído, através da fórmula:

$$L_{NP} = L_{eqA} + 2,56s$$

No caso do ruído ter distribuição gaussiana, pode ser determinar o índice pela equação:

$$L_{NP} = L_{eqA} + 4(L_{10} - L_{90})$$

Já está comprovado que um mesmo nível de ruído, acústicamente semelhante, produz mais incômodo a noite que durante o dia, daí a importância das medições feitas nas 24 horas do dia.

Por isso foi criado o índice nível corrigido dia-noite L_{DN} , para avaliar de forma distinta os níveis de ruído produzido durante os períodos diurnos e noturnos, agregando 10 dB aos níveis de pressão sonora dos ruídos noturnos, como se pode observar na equação a seguir:

$$L_{DN} = 10 \log 1/24 (15 * 10^{L_D / 10} + 9 * 10^{L_N + 10 / 10})$$

Sendo L_D é o L_{eqA} medido no período diurno compreendido entre as 7:00 e 22:00 horas, e L_N o L_{eqA} medido no período noturno compreendido entre as 22:00 e 7:00 horas. Entretanto, a proposta da UE estabelece que cada cidade decida quando começa o dia, a tarde e a noite.

É também importante determinar o nível equivalente de ruído comunitário ou nível sonoro corrigido dia-tarde-noite L_{DTN} , que foi desenvolvido para avaliar e regular o ruído nas comunidades. Este índice considera o grau de incômodo al entardecer (normalmente entre 19:00 e 22:00) agregando 5 dB aos níveis de pressão sonora medidos nesse período. Ainda com base na nova proposta da UE (Sommerhoff, 2002) se estipula este indicador como o recomendável para relacionar o grau de exposição e o percentual de pessoas entrevistadas que dizem sofrer muita moléstia. Este índice pode ser determinado pela fórmula:

$$L_{DTN} = 10 \log 1/24 (11 * 10^{L_{07-19} / 10} + 4 * 10^{L_{19-22} + 5 / 10} + 9 * 10^{L_{22-07} + 10 / 10})$$

Donde que L_{07-19} é o L_{eqA} medido no período compreendido entre as 7:00 e 19:00 horas; L_{19-22} é o L_{eqA} medido no período compreendido entre as 19:00 e 22:00 horas, e L_{22-07} é o L_{eqA} medido no período compreendido entre as 22:00 e 07:00 horas

Além desses índices também se pode determinar o nível de exposição sonora SEL que é um valor que indica o nível contante, de duração de 1 minuto, que tem igual quantidade de energia que o nível equivalente do ruído medido. Este é um índice útil para calcular os níveis sonoros que resultam de qualquer combinação de fontes sonoras. A sua expressão matemática é:

$$SEL = L_{eqA} + 10 \log T / T_0$$

Sendo T o intervalo de tempo em que se mediu o L_{eqA} , e T_0 o tempo de referência de 1 segundo.

Analogamente ao cálculo dos índices anteriores, e dada as limitações já expostas, os indicadores considerados na elaboração do mapa de ruídos de Belém foram $L_{eq(A)}$, L_{eqD} e L_{eqT} .

Medição da moléstia comunitária ao ruído

A coleta de dados subjetivos se resume na aplicação de um questionário às pessoas que permanecem próximas aos locais de medição do nível de ruído. O questionário visa identificar como a população analisa seu ambiente sonoro, que influências à saúde e à qualidade de vida proporciona o ambiente e de que forma a população se relaciona com a questão do ruído ambiental. Desta maneira, é possível avaliar, através de uma coleta subjetiva, a percepção que os

habitantes da cidade têm da sonoridade e do grau de moléstia que lhes produzem as diversas fontes de ruído gerado no tecido urbano.

O questionário deve ser composto de perguntas que induzam respostas diretas e analíticas contextualizadas, permitindo, assim, a observação precisa de influências sociais, culturais e psicológicas exercidas sobre a população, a exemplo do questionário utilizado na coleta de dados subjetiva do mapa de ruído de Belém.

Para a aplicação dos questionários é necessário que ele seja submetido a um comitê de ética da instituição realizadora do trabalho. Os sujeitos que concordarem em participar da consulta, terão que assinar um termo de consentimento livre e esclarecido, previamente aprovado pelo referido comitê.

O entrevistado deve pertencer à faixa etária de 15 a 60 anos e residir ou trabalhar, pelo período mínimo de 8 horas diárias, próximo ao ponto de medição. O número total de entrevistado deverá ser determinado em função do número de pontos de medição, podendo variar entre 3 e 10 pessoas por ponto. O total de amostra coletada no mapa de ruído de Belém é de 984, correspondendo a 4 entrevistados por ponto de medição.

Os dados coletados recebem tratamento estatístico, sendo analisados através de percentual probabilístico, tendo em vista que as moléstias causadas pela exposição ao ruído podem, também, apresentar inúmeras outras causas.

Aquisição dos dados

Todas as medidas podem ser feitas de acordo com a norma ISO 1996/2, obedecendo aos afastamentos mínimos do piso (de 1,20m a 1,50m) e das superfícies refletoras verticais (não inferior a 3,50m), sendo corrigida em 3 dB no caso de distância inferior a referenciada. Não é recomendado realizar medição em momentos com condições climáticas adversas, como chuva e ventos fortes.

Instrumentação utilizada

O sonômetro é o instrumento mais utilizado para medir o ruído, ele avalia o nível sonoro do local. Os sonômetros integrados de precisão permitem medir diretamente os parâmetros da energia média como o *Leq*, *SEL*, *Lp*, etc. Este tipo de sonômetro tem incorporadas as unidades de memória e microprocessadores que guardam e efetuam os cálculos. Muitos deles têm, ainda, acoplado um conjunto de filtro de bandas de oitava ou de 1/3 de oitava de frequência, utilizando assim um analisador de espectro.

Independentemente do que é medido, o medidor deve sempre ser calibrado antes e depois da medição. Um calibrador acústico produz um nível de pressão sonora bem definido e está preparado para ajustar-se com precisão sobre o microfone. Toda medição de cunho científico tem que vir acompanhada do certificado de calibração, com validade máxima de dois anos, expedido por um órgão credenciado e reconhecido para o ofício.



Foto1: Sonômetro utilizado na medição do ruído do mapa de ruído de Belém

CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo é especificamente demonstrar o método de elaboração de mapa de ruído que conjuga as variáveis físicas com as subjetivas, para poder avaliar a percepção que tem a população da sonoridade e da moléstia produzida pelo ruído urbano, e compara-los com os indicadores físicos do ruído medido.

Com a adoção do método apresentado se está elaborando o mapa de ruído de Belém, através de distintos indicadores, além do nível de contaminação acústica dos diferentes setores a sonoridade e o grau de moléstia da população à distintos tipos de fonte sonora, a importância que a população dá aos aspectos da contaminação sonora, os efeitos psicológicos produzidos pelo ruído na população, e avaliar o grau de correlação entre as variáveis de exposição ao ruído, o grau de moléstia, a percepção subjetiva do nível de ruído no ambiente exterior juntamente com os indicadores físicos do ruído.

Cabe aqui ressaltar que o mapa de ruído de um determinado local, deve ser elaborado levando em conta além das peculiaridades espaciais, sociais e culturais, e a disponibilidade de recursos físico, pessoal e financeiro que possam garantir o sucesso do trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- CYRIL, M. Goenetxea. Manual de medidas acústicas y control del ruido. Madrid, 1996.
- HARRIS, Handbook of noise control. McGraw Hill. New York, 1957.
- HARRIS, C. Handbook of acoustical measurements and noise control. McGraw Hill. New York, 1991.
- RECUERO, M., et alii. Mapa de ruidos de San Sebastián de los Reyes. Metodología, medidas, resultados. Instituto Universitario de Investigación del Automóvil. ETSI Industriales. UPM. Madrid. Tecniacústica. Oviedo, 1997.
- SÁNCHEZ, J. I., Contribución el estudio y analisis del ruido de tráfico en la ciudad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid. Valladolid, 1989.
- SOMMERHOFF, G. Medición y análisis de la respuesta al ruido comunitario en la ciudad de Valdivia utilizando variables psicofisiológicas, sociológicas y de valoración económica. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 2002. Tesis doctoral.