

IMPACTO GERADO POR ALTERAÇÕES EM VIA URBANA NO NÍVEL DE RUÍDO EM EDIFICAÇÕES CIRCUNVIZINHAS

Roberto Leal Pimentel
Ricardo Almeida de Melo
Gianna Vanessa de Assis Chaves
Moacir Carlos Araújo Júnior
Marçal Rosas Florentino Lima Filho
Universidade Federal da Paraíba
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

RESUMO

Uma avaliação do nível de ruído produzido pelo tráfego de veículos em edificações do Centro de Tecnologia da UFPB foi realizada, devido à readequação da capacidade de uma via arterial nas proximidades. Foram realizadas medições do nível de pressão sonora antes e após as alterações feitas na via e estimativas por expressão numérica, além de contagens volumétricas classificatórias e medições da velocidade dos veículos. Verificou-se que o nível de ruído manteve-se inalterado, tanto para as medições, como para as estimativas feitas por expressão numérica. Assim, embora existissem evidências para aumento do nível de ruído após as alterações feitas na via, devido ao aumento do fluxo de veículos e redução da distância da via para as edificações, os resultados mostraram o oposto. Foi constatado que a redução da velocidade dos veículos e a substituição do revestimento desgastado por um novo contribuíram para a redução do ruído produzido pelos veículos.

ABSTRACT

An evaluation of the noise level due to traffic in buildings of the Centre of Technology of UFPB was carried out, since changes were made in a nearby arterial road. Measurements of the sound pressure level before and after the changes were conducted, together with calculations based on a numerical expression to estimate such levels. In addition, traffic count and speed of the vehicles were taken. It was observed that the noise level remained unchanged for both the measurements and estimates. So, in spite of evidences for an increase in noise levels due to an increase in traffic flow and reduction of the distance from the road to the building, the results showed an opposite trend. The appointed reasons for that were that a reduction in vehicle speed after the changes took place together with the replacement of the old deteriorated pavement contributed to reduce the noise levels.

1. INTRODUÇÃO

O ruído provocado pelo tráfego de veículos é um dos impactos ambientais de maior incidência no meio urbano. O ruído gera efeitos adversos à saúde humana, como perturbações no sono, interferências na fala, no desempenho intelectual e irritação. Os impactos ambientais devido ao ruído estão se agravando, pois o número de veículos em circulação está aumentando em zonas urbanas e rurais.

Em nível de projeto de vias urbanas ou rodovias, cabe realizar uma estimativa do nível de ruído produzido pelos veículos que irá atingir edificações a serem construídas ou, analisar o impacto resultante de modificações a serem feitas na via no nível de ruído sobre as edificações circunvizinhas existentes. Expressões são disponíveis na literatura (Kinsler et al, 1982; Bistafa, 2006) para avaliar o nível de pressão sonora (ruído) devido ao tráfego. As

expressões são funções de vários parâmetros, tais como geometria da via e sua distância para a edificação, volume e composição do tráfego, velocidade dos veículos e tipo do pavimento.

Medidas de isolamento acústico em edificações são muitas vezes necessárias, para manter o nível de ruído dentro de limites considerados compatíveis com o uso da edificação, sendo tais limites especificados em Norma (NBR 10152, 1987). As medidas variam desde o aumento da capacidade de isolamento acústico de fachadas até a inserção de barreiras acústicas entre a edificação e a via de tráfego.

Neste trabalho, o objetivo é avaliar o impacto gerado por alterações em uma via urbana arterial no nível de ruído em edificações do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em João Pessoa.

Como o Poder Público não realizou estudo prévio para avaliar o impacto causado pelo ruído gerado pelos veículos, os autores deste trabalho resolveram realizar tal investigação. Para tal, medições do nível de ruído antes e após as alterações na via e subsequente análise dos dados medidos foram realizados.

2. GENERALIDADES SOBRE RUÍDO PRODUZIDO PELO TRÁFEGO

O ruído provocado pelo tráfego de veículos é um problema ambiental presente em vários países do mundo (FHWA, 1995; Yoshida e Osada, 1997; Onuu, 2000; MDT, 2004; Öhrström, 2006). Essa situação tende a se agravar, pois o número de veículos em circulação está aumentando nas cidades e zonas rurais. Para se ter uma idéia, a frota de veículos no Brasil aumentou 60% em 11 anos, o que resultou em aproximadamente 42 milhões de veículos no ano de 2005. Na Paraíba, o incremento foi ainda maior, o índice foi de 90% para o mesmo período, o que totalizou 380 mil veículos em 2005 (DENATRAN, 2007).

Diante da problemática, várias investigações foram realizadas para quantificar, avaliar impactos e propor medidas de redução do nível de ruído provocado pelo tráfego de veículos. Os níveis de ruído podem ser obtidos por medidores de nível de pressão sonora ou estimados por expressões numéricas, de maneira a permitir comparações com os níveis de ruído admissíveis em terrenos lindeiros às vias urbanas e rodovias (FHWA, 1995; Onuu, 2000). Das estimativas dos níveis de ruído são analisados os efeitos adversos à saúde humana (irritação, perda de sono, fadiga entre outros) e a interferência sobre as atividades diárias da população circunvizinha (Yoshida e Osada, 1997; Onuu, 2000; Öhrström, 2006). Como medidas para mitigar os efeitos do ruído, os estudos (FHWA, 1995; MDT, 2004) propõem desde soluções simples, como instalação de cerca verde e barreira de concreto, até soluções mais complexas, como proibição da circulação de veículos mais ruidosos e planejamento do uso do solo.

Segundo Bistafa (2006), o ruído produzido por um veículo é composto de duas parcelas: o ruído produzido pelo motor do veículo (inclui o sistema de escapamento de gases) e o devido ao atrito dos pneus com a pista de rolamento. O nível de ruído depende do tipo de veículo (automóvel, ônibus, caminhão ou motocicleta), da velocidade de circulação, da geometria da via (declividade, comprimento, curvatura) e do pavimento (tipo e estado de conservação).

O estado de conservação do pavimento tem influência no nível de ruído provocado pelos veículos. Defeitos superficiais como desgaste, remendo, trinca e buraco alteram a macro-

textura do revestimento e a irregularidade do pavimento, fazendo com que o nível de ruído seja maior, devido ao aumento da vibração entre o veículo e o pavimento (FEHRL, 2006).

Em uma via de tráfego intenso, o campo acústico produzido pelos veículos pode ser assemelhado ao de uma fonte em linha (Mehta et al., 1999), sofrendo uma redução de cerca de 3 decibels a cada vez que a distância para a via dobra. Neste sentido, o aumento da distância entre a via de tráfego e as edificações é um termo redutor do nível de ruído produzido. Outras correlações podem ser identificadas:

- o ruído cresce com o aumento da velocidade e do fluxo de veículos;
- o ruído produzido pelos ônibus e caminhões é maior do que o de automóveis;
- desde que a velocidade seja mantida constante, o acréscimo na declividade da via aumenta o nível de ruído, pois aumenta a parcela de ruído produzida pelo motor.

3. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

Neste ano foi concluído o projeto de readequação da Avenida Pedro II, em João Pessoa, num trecho próximo à Universidade Federal da Paraíba. Essa avenida consiste em importante via arterial que serve de ligação entre diversos bairros (Bancários, Mangabeira, Torre entre outros) e o centro da capital. A via mencionada era originalmente em pista dupla com quatro faixas de rolamento, sendo duas faixas por sentido (Figura 1a). A alteração realizada foi a readequação da capacidade mediante a inclusão de uma faixa de rolamento em cada sentido, passando a via a ser composta por seis faixas de rolamento (Figura 1b). O projeto para acomodar as duas novas faixas de tráfego foi tal que o recuo das edificações adjacentes em relação à faixa mais próxima foi reduzido, como pode ser visto na Figura 1. Observar que a inclusão das duas novas faixas de rolamento reduziu de 15,60 m para 9,02 m a distância entre a faixa de rolamento mais próxima e a fachada do auditório e das salas de aula.

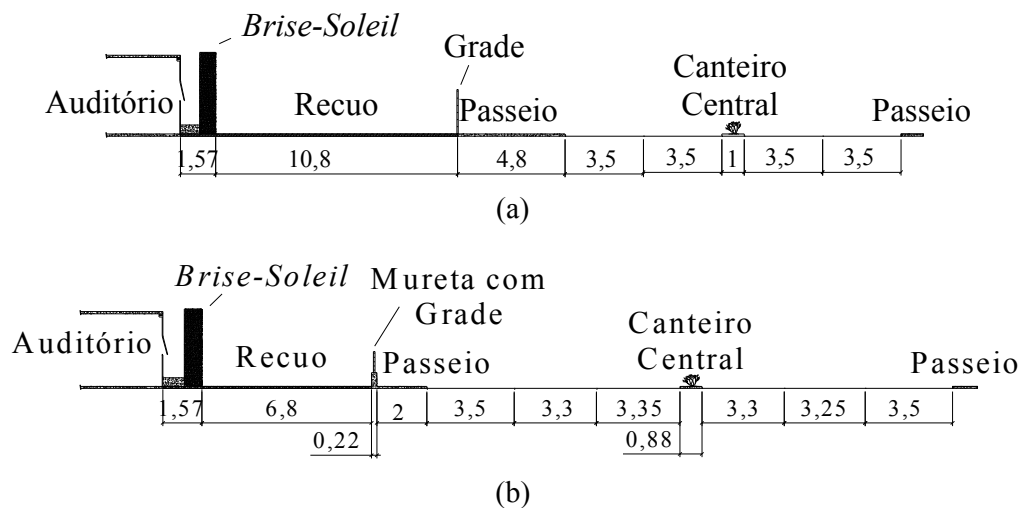


Figura 1: Seção transversal da Avenida Pedro II: (a) antes da readequação da capacidade; (b) após a readequação da capacidade (dimensões em metros)

O local foi escolhido porque, mesmo antes da readequação da capacidade da Avenida Pedro II, o nível de ruído produzido pelo tráfego de veículos já incomodava a comunidade universitária, durante as atividades realizadas em edificações do Centro de Tecnologia da UFPB. Os autores deste trabalho decidiram realizar o estudo por considerar que, após a

alteração na via, a redução da distância entre a fachada e a pista e o suposto aumento do fluxo de veículos poderiam incrementar o ruído a níveis menos toleráveis.

Na edificação do Centro de Tecnologia, que é voltada para a Avenida D. Pedro II, três ambientes são diretamente afetados pelo ruído produzido pelo tráfego de veículos: um auditório e duas salas de aula. A fachada do auditório e de uma das salas de aula dispõe de pé direito com 3,43m e é composta por dois painéis de vidro, janela e viga. Do lado externo à fachada, encontra-se um *brise-soleil* que, certamente, deve contribuir para o isolamento acústico do auditório e de uma das salas de aula. A fachada do outro ambiente (sala de aula) é composta por parede em alvenaria de piso a teto, assim é o ambiente mais bem protegido com relação ao ruído gerado pelos veículos. Neste trabalho, as medições de ruído concentraram-se no auditório, sendo realizadas simultaneamente nas partes interna e externa do ambiente.

4. METODOLOGIA

Para obter o nível de ruído foram usados dois medidores de nível de pressão sonora da marca *Minipa*, classe 2. Estes equipamentos possuem memória interna, de modo que os registros dos níveis instantâneos de pressão sonora são armazenados em memória a cada 2 segundos, sendo posteriormente transferidos a um computador e processados. Todas as medições foram realizadas de acordo com os procedimentos recomendados em norma (NBR 10151, 2000).

O ponto de medição externa distou 2,0 m da edificação, ficando o equipamento montado sobre um tripé, a 1,2 m do piso (Figura 2). Por outro lado, no ponto de medição interno, o medidor de pressão sonora também distou 2,0 m de paredes ou outras superfícies refletoras, tendo sua posição relocada de 0,5 m entre as medições, para minimizar o efeito da acústica do ambiente, conforme previsto no procedimento.

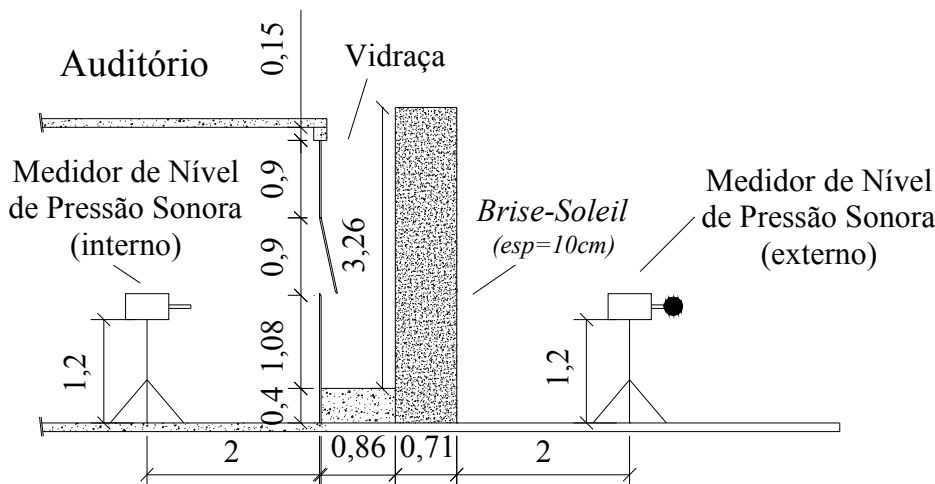


Figura 2: Localização dos medidores de pressão sonora em relação às edificações e Avenida Pedro II (dimensões em metros)

Como o objetivo das medições era avaliar o impacto das alterações da via no nível de ruído nos ambientes em períodos de atividades, foi definido, a partir de observações do comportamento do tráfego ao longo do dia, que o horário mais crítico estava no período da manhã, das 07h30min às 08h30min. Neste horário, há uma intensa circulação de veículos, em particular nas faixas sentido subúrbio/centro, que são as mais próximas às edificações, e

coincidem com o início das atividades no Centro de Tecnologia da UFPB. As medições foram então realizadas neste intervalo e foi escolhido um dia semana (quarta-feira) para realizá-las.

No que diz respeito ao tempo de medição, o procedimento NBR 10151 (2000) recomenda que o período seja escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído, podendo envolver uma única amostra ou uma sequência delas. Decidiu-se, assim, realizar três medições espaçadas dentro da faixa de horário escolhida, cada uma com duração de cinco minutos. Não foi observada variação significativa nos níveis de pressão sonora entre as três medições.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 apresenta um registro típico da variação do nível de pressão sonora em uma das medições, externa e internamente ao ambiente. É interessante observar a ocorrência de picos isolados de maior intensidade, correspondendo a veículos mais ruidosos, que segundo observações feitas, correspondem a ruídos provocados por motocicletas e veículos pesados.

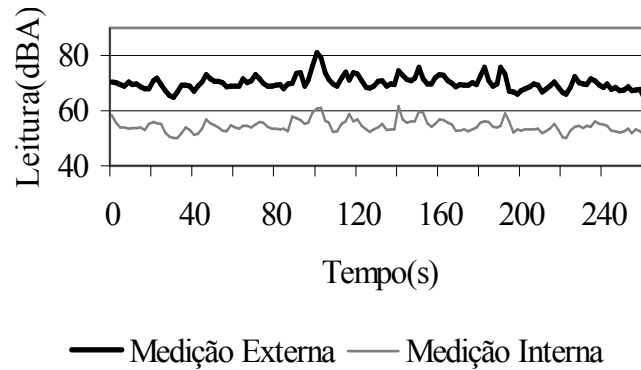


Figura 3: Variação típica do nível de pressão sonora

A partir dos registros de nível de pressão sonora, foi calculado o nível de pressão sonora equivalente ponderado na curva “A” (L_{Aeq}), conforme definido no procedimento NBR 10151 (2000), através da seguinte expressão:

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

Em que n : número de leituras realizadas;
 L_i : nível de pressão sonora referente a cada leitura [dBA]; e
 L_{Aeq} : nível de pressão sonora equivalente [dBA].

Os resultados obtidos no cálculo do nível de pressão sonora equivalente, nas situações “antes” e “após” a alteração da via, em relação às partes interna e externa do auditório são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de L_{Aeq} , em dBA

Medição	Externo				Interno			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Total	1 ^a	2 ^a	3 ^a	Total
Antes	71	71	70	71	55	55	54	55
Depois	70	71	71	71	55	55	55	55

A NBR 10152 (1987) recomenda valores entre 35 a 45 dBA para salas de conferências e de múltiplo uso. Ou seja, os valores de nível de ruído medidos no interior do auditório, estão acima dos recomendados por norma, mesmo antes das alterações realizadas na via.

Todavia, percebe-se pelas medições que não houve variação nos valores de L_{Aeq} , externa e internamente no auditório, com a alteração da via. Cabe salientar que o número de medições foi limitado. Entretanto, como junto com as medições de nível de pressão sonora, foram também realizadas medições de fluxo de tráfego e da velocidade dos veículos, além de terem sido feitas avaliações do pavimento, que foi recapeado, é possível aprofundar as discussões sobre os valores obtidos. Isto é feito mediante a utilização de fórmula para estimar o nível de pressão sonora externo ao auditório a partir da distância da via, fluxo e velocidade dos veículos. Os valores de L_{Aeq} foram estimados a partir das expressões de Kinsler et al (1982):

$$L_{Aeq} = 39 + 10 \log Q + 22 \log \left[\frac{v}{88} \right] + \Delta L (dBA) \quad (2)$$

$$\Delta L = -a \log \left[\frac{d}{15} + \left(\frac{d - 15}{75} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Nas equações acima, Q é o fluxo de veículos por hora, v é a velocidade (média) dos veículos em km/h e d a distância em metros do ponto de avaliação ao eixo da via. O parâmetro a vale 13,3 para propagação sonora em terreno plano (no caso). A Equação 2 fornece o valor do L_{Aeq} para uma distância de 15 metros do eixo da via e o termo ΔL corrige o valor obtido para outras distâncias. A Equação 2 foi aplicada para estimar o nível de pressão sonora de cada faixa de rolamento e, em seguida, estes valores foram combinados para obtenção do L_{Aeq} total. Os valores obtidos foram de 69 dBA antes da alteração e 70 dBA após a alteração efetuada na via, como pode ser verificado nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2: Níveis de pressão sonora externo estimados, antes das alterações feitas na via

Faixa	d (m)	v (km/h)	Q (veíc/h)	L_{Aeq} [dBA]
1	15,35	51,88	980	64
2	18,85	59,77	800	63
3	23,35	63,56	788	62
4	26,85	66,69	730	62
Total =				69

Tabela 3 - Níveis de pressão sonora externo estimados, após as alterações feitas na via

Faixa	d (m)	v (km/h)	Q (veíc/h)	L_{Aeq} [dBA]
1	8,77	41,08	727	63
2	12,17	48,66	1114	65
3	15,50	53,83	544	61
4	19,71	62,34	361	60
5	22,98	61,41	561	61
6	26,36	67,14	282	58
Total =				70

Observa-se uma diferença pequena de 1 dBA ou 2 dBA entre os valores estimados e medidos, com o que percebe-se haver uma compensação entre os parâmetros distância da via, fluxo e velocidade dos veículos antes e após a alteração. A diminuição na velocidade depois das alterações é atribuída à inclusão de uma rotatória na via, que fica a cerca de 90 metros do ponto de medição. Por outro lado, há uma pequena variação diferencial entre os valores de nível de pressão sonora estimados e medidos, sendo a diferença de 2 dBA para a situação “antes” e de 1 dBA para a situação “depois”.

Antes das alterações na via, o pavimento estava bem deteriorado, pois de acordo com vistoria realizada, o valor de serventia atual foi de 2 pontos (condição “ruim”) na escala de avaliação de serventia do Procedimento 009 do DNIT (2003). Além disso, foi realizado ensaio da mancha de areia segundo a Recomendação Técnica 03.25 do DER-MG (2005), constatando-se que a macro textura do revestimento era “muito grosseira”. Após as alterações, segundo os mesmos procedimentos, o valor de serventia atual foi de 5 pontos (condição “ótima”) e a macro textura avaliada como “fina ou fechada”.

Esta diferença na condição do pavimento, não incluída nas fórmulas que estimam o nível de pressão sonora, pode ser a causadora da diferença mencionada acima. A condição do pavimento “ruim” com macro textura do revestimento considerada “muito grosseira” tenderia a aumentar a parcela de ruído devido ao contato entre o pneu e o pavimento, aumentando a diferença entre a estimativa e a medição, na situação “antes” da alteração.

6. CONCLUSÕES

Uma avaliação do impacto causado por alterações em via arterial urbana no nível de ruído de edificação vizinha à via foi realizada. Esta edificação é um auditório do Centro de Tecnologia da UFPB. As alterações na via resultaram em um aumento do fluxo de veículos e diminuição da distância entre a via e a edificação, o que contribuiriam para aumentar o nível de ruído. Por outro lado, observou-se uma diminuição da velocidade dos veículos após a alteração, atribuída à inclusão de uma rotatória próxima ao local de avaliação, o que contribuiria para diminuir o nível de ruído.

Foram realizadas medições externas e internas do nível de ruído no auditório, observando-se que não houve variação no mesmo antes e após a alteração da via, permanecendo o ruído um tanto excessivo em relação aos valores recomendados em Norma. Uma comparação entre os valores medidos de nível de ruído e os estimados por expressão numérica da literatura evidenciou o efeito de compensação no nível de ruído no que diz respeito aos fatores mencionados acima. Sendo a diferença entre as medições e as estimativas um pouco maior para a situação “antes” da alteração, inspeção realizada no pavimento (que foi recapeado após a alteração), indicou que o pavimento antes da alteração estava em uma condição considerada “ruim” com macro textura “muito grosseira”, contribuindo para um acréscimo no nível de ruído, fator este não incluído na expressão que estima o nível de ruído.

REFERÊNCIAS

- ABNT (1987a) *NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- ABNT (2000a) *NBR 10151 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- Bistafa, S. R. (2006) *Acústica aplicada ao controle de ruído*. Edgard Blucher, São Paulo, 368 p.
- DENATRAN (2007) *Anuário Estatístico 2005*. Departamento Nacional de Trânsito. Brasília. <http://www.denatran.gov.br/>. (Acesso em 25/06/07).

- DER-MG (2005) *RT 03.25 – Avaliação da macro textura de pavimentos viários através do ensaio de mancha de areia*. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- DNIT (2003) *PRO 009 – Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos*. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Rio de Janeiro.
- FEHRL (2006). *Integration of noise in PM Systems. 5: Noise Emissions from Pavements*. Forum of European Highway Research Laboratories. Denmark.
<http://www.vejdirektoratet.dk/publikationer/VIrap150/html/chapter08.htm>. (Acesso em 02/07/07).
- FHWA (1995) *Highway Traffic Noise Analysis and Abatement Policy and Guidance*. 66 p.. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Washington.
- Kinsler, L. E.; Coppens, A. B.; Frey, A. R. e Sanders, J. V. (1982) *Fundamentals of acoustics* (3ª ed.). Wiley, USA, 480 p.
- MDT (2004) *Traffic Noise in Montana: Community Awareness and Recommendations for a Rural State*. Report no. FHWA/MT-04-007/8172. Montana Department of Transportation, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Montana, U. S..
- Mehta, M.; J. Johnson, J. e J.Rocafort. (1999) *Architectural Acoustics – Principles and Design*. Prentice-Hall, USA, 446 p.
- Öhrström, E. et al. (2006) Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration*, v. 295, pp. 40-59.
- Onuu, M. U. (2000) Road traffic noise in Nigeria: measurements, analysis and evaluation of nuisance. *Journal of Sound and Vibration*, v. 233, n. 3, pp. 391-405.
- Yoshida, T et al. (1997) Effects of road traffic noise on inhabitants of Tokyo. *Journal of Sound and Vibration*, v. 205, n. 4, pp. 517-522.

Roberto Leal Pimentel (r.pimentel@uol.com.br)

Ricardo Almeida de Melo (ricardo@ct.ufpb.br)

Gianna Vanessa de Assis Chaves (gianna_vanessa@hotmail.com)

Moacir Carlos Araújo Júnior (moaciraraujojr@hotmail.com)

Marçal Rosas Florentino Lima Filho (marçal_civil@yahoo.com.br)

Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba
Jardim Cidade Universitária, CEP: 58051-900 – João Pessoa, PB, Brasil