

AValiação DE BARREIRA ACÚSTICA: UM ESTUDO DE CASO EM MARINGÁ

Data de aceite: 02/05/2024

Mariana Natale Fiorelli Fabiche

RESUMO: No meio urbano existem diversas fontes geradoras de ruído, sendo o gerado pelo tráfego de veículos de maior representatividade. Desta forma, o presente artigo tem como objetivo principal avaliar se uma barreira localizada no município de Maringá-PR, atua como uma barreira acústica, mitigando o ruído do entorno. Visto que trata-se de um local de recreação, descanso e merece sossego para seus usuários, deve ser desprovido de perturbação de ruídos. Como metodologia utilizou-se da pesquisa bibliográfica, seguida de visita em campo para coleta de dados como temperatura, nível de pressão sonora (NPS), por faixa de frequência, temperatura e umidade do ar. Utilizou-se do método Maekawa para estimar a atenuação calculada e realizar um comparativo com a atenuação medida. Com os resultados obtidos no ano de 2014 obteve-se uma participação significativa da barreira na atenuação do ruído gerado de fontes externas.

INTRODUÇÃO

A revolução industrial, juntamente com os avanços tecnológicos observados nas últimas décadas, foi responsável pelo acelerado processo de degradação do ambiente em que vivemos. Ao mesmo tempo em que o homem passou a contar com novidades e facilidade no seu dia a dia, crescendo a quantidade de fontes sonora de poluição (GARCIA, 1994, apud, NAGEM, 2004).

Hoje, uma das principais fontes de poluição sonora ambiental é o tráfego, seja ele rodoviário, ferroviário ou aeroviário. A recomendação é que relatórios de impacto ambiental incluam estimativas de ruído de tráfego quando do projeto de novas vias ou para ampliação de vias existentes, a fim de que se possa avaliar o impacto causado pelo ruído nas comunidades no entorno da via (BISTAFA, 2011).

O presente artigo tem como objetivo principal avaliar se o muro do Country Clube localizado na cidade de Maringá/PR, atua ou não como uma barreira acústica, garantindo assim, maiores condições de conforto aos usuários do clube.

Efeito do som e do ruído

O som é a sensação produzida no sistema auditivo; e de acordo com Nagem (2004) muitas vezes o som pode ser indesejável aos ouvidos, podendo até causar danos temporários ou irreversíveis na saúde e na audição, sendo chamado nestes casos, de ruído. Ruído é um som indesejável, em geral de conotação negativa (BISTAFA, 2011).

Entretanto sua presença em um ambiente pode ser desejável quando auxilia, por exemplo, na comunicação, no relaxamento ou no divertimento das pessoas. Bistafa (2011), destaca que os ruídos podem também fornecer informações úteis as pessoas, indicando falhas em motores e maquinário, ou seja, avisando uma inconformidade.

No que se refere ao ruído de tráfego, buscam-se intervenções no meio que possam diminuir a intensidade dos sons que atingem o receptor, e a população em geral (LISOT, 2008). De acordo com Oiticica (2010), conhecer o entorno é de fundamental importância, principalmente, para a implantação de qualquer edificação. A avaliação acústica dos ambientes expostos ao ruído e as estratégias direcionadas para o seu controle, fazem parte de um sistema complexo de problemas que para melhor conhece-los necessita-se de aprofundamento teórico e de avaliação das três partes integrantes da problemática: a fonte, a trajetória de transmissão e o receptor.

No ruído urbano é importante considerar que os veículos não são exatamente iguais. Isto significa que cada veículo gera um ruído diferente, em função de diversos fatores: como a maneira de dirigir, a carga que o veículo transporta, o tipo e o seu estado, a pressão dos pneus no asfalto, o tipo e o estado do sistema de escapamento, e o grau de desgaste mecânico geral do veículo (STEELE, 2001, apud DUTRA SOUSA, 2010).

Ainda de acordo com Steele (2001 apud Dutra Sousa, 2010), o tráfego rodoviário é caracterizado pelo deslocamento de diferentes veículos, a diferentes velocidades e distâncias uns dos outros, e cada um é uma fonte sonora pontual. Porém, em condições de tráfego contínuo, cada trecho medido deve ser aproximado a uma fonte sonora linear constante.

A utilização de barreiras acústicas como meio de mitigar o ruído seja ele pontual ou linear, causado não só pelo tráfego, mas por outras fontes de ruído como obras, estabelecimento comerciais e industriais, tem se tornado uma alternativa para o controle desses ruídos.

Barreiras acústicas

Barreira acústica é um obstáculo que bloqueia a transmissão direta do som, reduzindo o nível de ruído no receptor e criando uma zona de sombra acústica (PADUIN, 1999).

Com a colocação desses dispositivos, a trajetória da onda sonora ao atingir a barreira, tem parte de sua energia refletida, parte transmitida, parte absorvida e parte difratada, (Figura 1). (RESNICK E HALLIDAY, 1983, apud FERREIRA NETO, 2002).

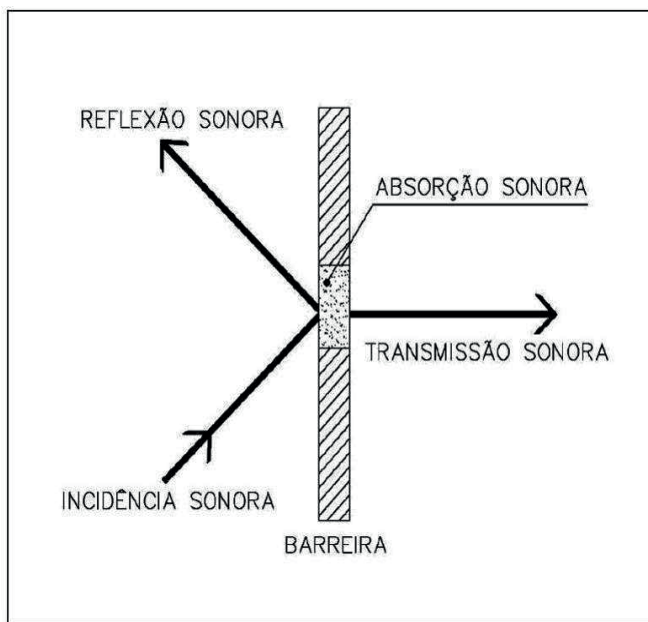


Figura 1 – Comportamento do som incidente em uma superfície

Fonte: SAPATA (2010)

A reflexão ocorre quando a onda se reflete de acordo com as leis da ótica. A transmissão é a capacidade de um material permitir que o som ultrapasse uma superfície, continuando a propagação (JADIR, LIMA, 2009). Quanto à absorção das barreiras, alguns materiais são capazes de não permitir que o som seja refletido pela superfície que a compõe. Já a difração depende da geometria da barreira, e o tamanho do obstáculo (LISOT, 2008).

De acordo com Henrique (2002 apud Lisot, 2008), se o comprimento de onda for menor que o comprimento do obstáculo poderão ocorrer os fenômenos de reflexão e absorção, caso o comprimento de onda for maior ou aproximadamente igual ao tamanho do obstáculo, é provável que ocorra a difração. A Figura 2 mostra o comportamento da onda ao atingir uma barreira ou um obstáculo qualquer.

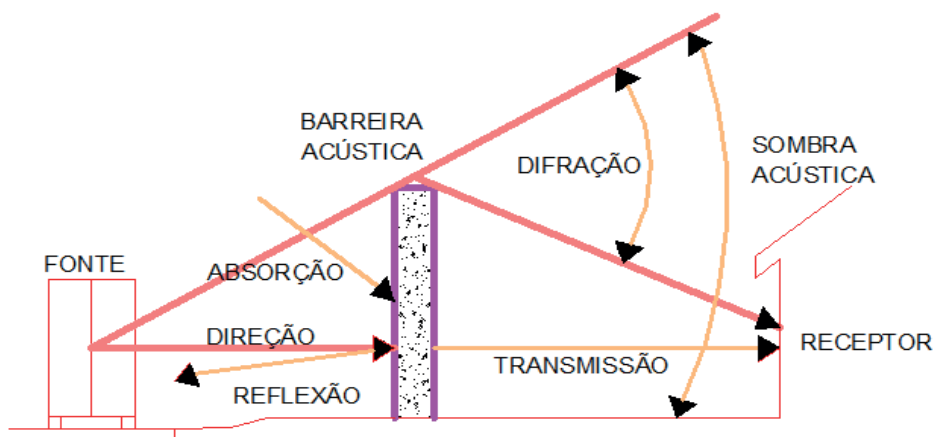


Figura 2- Comportamento de uma onda sonora ao encontrar um obstáculo

Fonte: HENDRIKS (1998) ADAPTADO

Na prática, o grau de eficiência de uma barreira acústica deriva da composição dos efeitos já mencionados: transmissão sonora, difração e reflexão. Para o dimensionamento adequado de uma barreira, deve-se considerar estes efeitos separadamente. Porém, o objetivo final será sempre a busca pelo conforto acústico almejado, seja em um ambiente fechado (edificações) ou em um ambiente aberto, como ruas, parques, clubes, etc. (FERREIRA NETO, 2002).

Os materiais para confecção das barreiras acústicas são diversos, as de blocos de concreto além de serem mais baratas, tem a vantagem de requererem menor manutenção. Contudo, o impacto visual pode ser desagradável, prejudicando a integração do sistema com o entorno. Já os painéis metálicos apresentam baixo custo e uma facilidade de montagem (COSTA, et al, 2013). Existem atualmente normas que classificam e avaliam o ruído ambiental em áreas habitadas, que visam garantir o conforto e a qualidade dos usuários.

Normas sobre Ruído

No Brasil a norma de referência sobre a avaliação do ruído ambiental segue padrões prescritos na norma ABNT NBR 10.151: 2000 intitulada “Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – procedimento”, esta norma fixa valores tabelados para avaliação da aceitabilidade do ruído em ambientes externos. Na Tabela 1 são apresentados os Níveis de Critério de Avaliação (NCA) do ruído em ambientes externos, em dB(A) nos períodos diurno e noturno segundo a norma.

Tipo de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escola	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Tabela 1 – Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB (A)

Fonte: ABNT (2000)

De acordo com a Lei Complementar nº 218/98 do município de Maringá, os limites máximos de sons e ruídos permissíveis estão exposto na Tabela 2. Estes, estão limitados em função da sua localização e do seu horário de exposição.

Zonas de Uso	Diurno	Noturno
Zona Especial – ZE	55 dB (A)	45 dB (A)
Zonas de Proteção Ambiental –ZPA		
Zonas Residenciais –ZR		
Eixos Residenciais –ER		
Zona Central –ZC	60 dB (A)	50 dB (A)
Eixos de Comércio e Serviços – ECS		
Terminal de Transporte –TT		
Central de Abastecimento – CA		
Zona Industrial 1 -ZI-1	65 dB (A)	55 dB (A)
Av. Colombo, Anel Viário Prefeito		
Sinclair Sambatti (Contorno Sul) e vias de acesso		
Zona de Comércio Atacadista – ZCA		
Demais Zonas Industriais	70 dB (A)	60 dB (A)

Tabela 2- Limites máximos de sons e ruídos permissíveis Lei nº218/98 de Maringá.

Fonte: LEI COMPLEMENTAR Nº218/98 (MARINGÁ-PR)

A norma ISO 10847 (1997) estabelece as condições meteorológicas ideais para efetuar-se o monitoramento do desempenho de barreiras acústicas.

No que se refere à temperatura do ar, a referida norma ainda indica que a variação da temperatura durante o período do monitoramento não deve exceder mais que 10°C. Portanto, este critério foi atendido, registrando-se uma variação de menos de 1°C em ambos os pontos medidos.

METODOLOGIA

Nos tópicos 2.1 e 2.2 serão apresentados as características, os motivos de seleção do objeto de estudo e o método utilizado para realização das medições.

Caracterização do Objeto de Estudo

Como objeto de estudo utilizou-se do Country Club do município de Maringá, Figura 3 (a). O local selecionado para a realização das medições, foi um muro de alvenaria do clube, localizado frente a uma via de elevada movimentação de veículos e consequentemente de elevado nível de ruído gerado, Figura 3 (b).

Este local possui um público característico, por ser uma área destinada ao lazer, os frequentadores buscam recreação e descanso. Devido a este motivo, a verificação do nível de pressão sonora resultante do fluxo de veículos, se faz necessária, para que, entre os demais fatores, alcance a satisfação e o conforto acústico dos mesmos.

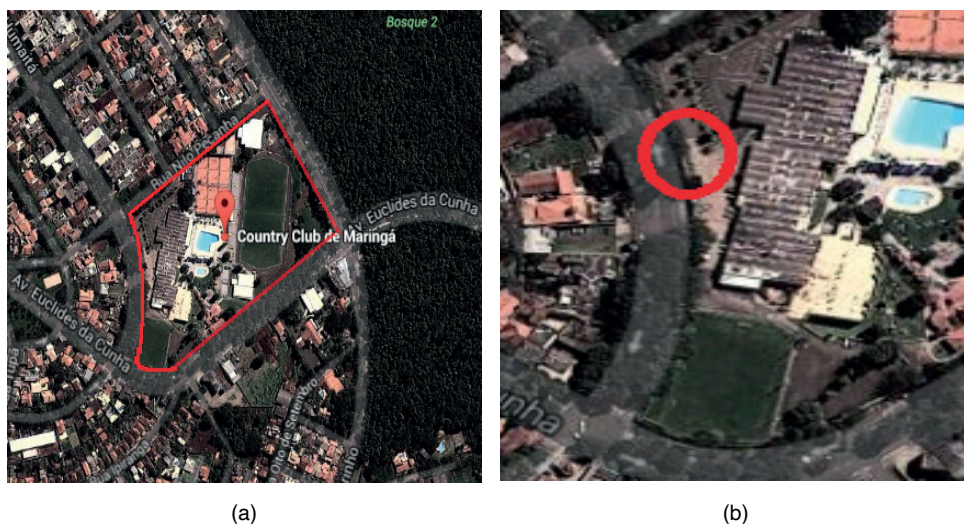


Figura 3 – Área de estudo

Fonte: GOOGLE EARTH (2014)

Método de Ensaio

A metodologia de ensaio consistiu na medição com um Medidor de Nível de Pressão Sonora do nível sonoro equivalente e da frequência sonora em quatro pontos internos, distanciados a cada 3 metros, totalizando 12 metros (Figura 4 (a)) e um ponto externo fixo posicionado a 1 metro da barreira (Figura 4 (b)).

De acordo com Kotzen e English (1999), apud Lisot (2013), o desempenho de barreiras acústicas é dependente da frequência e determinado em função do número de Fresnel N , que é um número adimensional, definido conforme a Equação (1).

$$N = \frac{2\delta}{\lambda} = \frac{2f\delta}{c} \quad \text{sendo} \quad \lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Onde:

λ : é o comprimento de onda (m);

δ : é a diferença de percurso entre a onda sonora difratada e a onda direta (m);

Logo, com o número de Fresnel, a Equação (2) mostra a equação de Maekawa que foi utilizada para a verificação dos dados da pesquisa.

$$\Delta L = 5 + 10 \cdot \log \left[\frac{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot N}}{\tanh(\sqrt{2 \cdot \pi \cdot N})} \right] \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando a Tabela 1 que são valores mais restritivos que a Tabela 2, verifica-se que o local analisado se localiza dentro de uma zona residencial e seus limites máximos de ruído permissível não poderiam superar 55 dB(A) em períodos diurno, e 50 dB(A) nos períodos noturno.

Em posse do nível de pressão sonora, para as diferentes faixas de frequência, calculou-se a atenuação medida *in loco* e a atenuação de acordo o método de Maekawa, em todos os pontos, para que então os dados pudessem ser comparados, Tabela 3.

A variação da temperatura no momento da medição interno e externo era de 1°C e da umidade relativa do ar 4,8%, logo estão de acordo com as especificações estabelecidas pela ISO 10847.

PONTO	EXT. 1	INTERNO											
		1			2			3			4		
f (Hz)	NPS dB(A)	NPS dB(A)	ΔL_m	ΔL_e	NPS dB(A)	ΔL_m	ΔL_e	NPS dB(A)	ΔL_m	ΔL_e	NPS dB(A)	ΔL_m	ΔL_e
31,5 Hz	72	64,9	7,1	7	64,4	7,6	6,4	74,3	-2,3 [^]	6,01	76,2	-4,2 [^]	5,81
63 Hz	73,3	64,7	8,6	8,15	64,9	8,4	7,3	68	5,3	6,76	62,8	10,5	6,45
125 Hz	77,6	56,8	20,8	9,5	61,1	16,5	8,5	59,8	17,8	7,82	55,9	21,7	7,4
250 Hz	82,7	55,1	27,6	10,98	57,8	24,9	9,9	54,5	28,2	9,14	51,6	31,1	8,65
500 Hz	81	51,3	29,7	12,48	50	31	11	49,5	31,5	10,6	49,3	31,7	10,07
1000 Hz	81,5	51,8	29,7	13,99	52,4	29,1	13	51,4	30,1	12,1	50,5	31	11,56
2000 Hz	78,9	49,4	29,5	15,49	52,1	26,8	14	50,5	28,4	13,6	49,2	29,7	13,07
4000 Hz	73,5	43,2	30,3	17	45	28,5	16	45,6	27,9	15,1	43,7	29,8	14,57
8000 Hz	66,4	< 40	26 [*]	18,5	37,2	29,2	17	35,6	30,8	16,6	35,5	30,9	16,08

ΔL_m : Atenuação medida em dB(A)

ΔL_e : Atenuação calculada Maekawa em dB(A)

*: Valor estimado, pois a medida estava fora do limite inferior do equipamento;

[^]: A medida no ponto de receptor, nesta frequência, foi maior que o ruído na fonte.

Tabela 3 - Análise dos pontos medidos

Analisando a atenuação medida, percebe-se que a barreira apresentou atenuação significativa, principalmente para altas frequências. Em relação à distância verificou-se que quanto mais afastado da barreira, maior foi a atenuação em baixas frequências, não sendo significativa a diferença de atenuação para as altas frequências, ou seja, para os sons agudos.

Na frequência de 31,5 Hz, a atenuação medida no ponto interno 3 e no ponto 4 foi maior que o ruído gerado na fonte, isso ocorreu devido a um número significativo de carros passando ao lado do Medidor de Nível de Pressão Sonora. Um aumento na intensidade de sons emitidos dentro do clube também contribuiu para o acréscimo de ruído nesses dois pontos.

Quando ao comparativo entre a atenuação calculada pelo método Maekawa e a medida, percebeu-se que os valores obtidos experimentalmente foram mais satisfatórios, que os calculados. Como exemplo, no ponto 2 interno, na frequência de 8000 Hz, foi medida uma atenuação de 29,2 dB enquanto que pelo método obteve-se um valor de 17,00, ou seja, uma diferença superior a 10 dB do real.

A Tabela 4 mostra o cálculo da atenuação global da barreira medido em todos os pontos internos.

Frequência (Hz)	ΔL_{medido} (dB)	ΔL_{medido} (dB)	ΔL_{medido} (dB)	ΔL_{medido} (dB)
	(ponto interno 1)	(ponto interno 2)	(ponto interno 3)	(ponto interno 4)
63	8,6	8,4	5,3	10,5
125	20,8	16,5	17,8	21,7
250	27,6	24,9	28,2	31,1
500	29,7	31	31,5	31,7
1000	29,7	29,1	30,1	31
2000	29,5	26,8	28,4	29,7
4000	30,3	28,5	27,9	29,8
ΔL_{Global}	36,6	35,6	36,5	37,8

Tabela 4 Cálculo da Atenuação Global ΔL_G :

Por se tratar de um solo duro, o asfalto comporta-se como um plano refletor e suas reflexões no solo interferem com o som direto. Porém a existência da barreira corrobora para que o ruído gerado e refletido, do solo e dos demais objetos que compõem o ambiente, seja atenuado.

A atenuação medida no ponto interno 4, conforme Tabela 4, foi maior que nos demais pontos, este resultado se dá pela atenuação sonora do ar atmosférico, que durante a propagação, o som é absorvido.

CONCLUSÃO

Com o levantamento realizado em 2014, foi possível perceber, de forma mais notória, a importância de estudos científicos na área em questão, com vistas a atingir os usuários e a comunidade, diminuindo cada vez mais o desconforto causado pelos ruídos, seja ele qual for.

Tendo em vista a atenuação global para os pontos internos do local avaliado, os valores de 36,6 dB; 35,6 dB; 36,5 dB; 37,8 dB; concluir-se que o muro atenua como uma barreira acústica, diminuindo consideravelmente os níveis de ruído dentro do recinto.

Percebe-se que a barreira acústica é uma solução eficaz na proteção do ruído e pode ser usada como uma solução efetiva para atenuar a poluição sonora das vias, ou seja, atua como um recurso importante na manutenção da qualidade do ambiente.

Se não existisse a barreira (o muro) em questão, o local que seria para o lazer, recreação e descanso, traria danos aos usuários causados pelo excesso de ruído ao entorno, como uma irritabilidade, danos físicos e psicológicos como estresse, alteração da pressão cardíaca, entre outros desconfortos causados pelo ruído, inviabilizando o local.

Importante mencionar que esse estudo foi realizado no ano de 2014 e novos estudos mais recentes devem ser realizados para verificar se o local objeto de estudo aumentou ou diminuiu o nível de ruído e se aumentou, quais as medidas necessárias a serem utilizadas para diminuir esse desconforto aos usuários.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**. Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicado ao controle do ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2011. 380p.

COSTA, C. A., GARAVELLI, S. L., SILVA, E. F. F., MELO, W. C., MAROJA, A. M. Barreiras acústicas como medida de mitigação dos ruídos gerados pelo tráfego rodoviário: Setor Noroeste – DF. In: **19º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito**, 2013, Brasília.

DUTRA SOUSA, L. H.C., ZANQUETA, G. J. B., JOHNSTON, G. H., NASCIMENTO, M. A. Avaliação do ruído na região central de Maringá e Universidade Estadual de Maringá. **Acta Scientiarum. Technology**. v. 32, n. 1, p. 49-54, 2010.

FERREIRA NETO, M. F. **Estudo de barreiras acústica ao ar livre, sob a perspectiva de eficiência e qualidade sonora**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas – Campinas, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10847**. Acoustics – In-situ determination of insertion loss of outdoors noise barriers of all types. Geneve, 1997.

JADIR, T. T., LIMA, M. G. Propriedades acústicas de materiais de construção para uso em edificações no entorno de aeroportos. In: Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA, São José dos Campos. **Anais do 15º ENCITA**, São José dos Campos, São Paulo, 2009.

HENDRIKS, R. **Technical Noise Supplement**. Sacramento, CA: Office of Transportation Laboratory, Caltrans, 1998.

LISOT, A. **Ressonadores de Helmholtz em barreiras acústicas: Avaliação do desempenho na atenuação do ruído de tráfego**. 2008. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá – UEM-PR, Maringá, 2008.

LISOT, A. **Modelo em escala reduzida ao ar livre como ferramenta de validação de simulação computacional de barreiras acústicas**. 2013.158 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Campinas – Campinas, 2013.

MARINGÁ (Paraná). **Lei complementar nº218**, de 9 de janeiro de 1998. Dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora, impõe penalidades e dá outras providências, 1998.

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas – Campinas, 2004.

OITICICA, Maria Lúcia Gondim da Rosa. **Desempenho Acústico de Diferentes Tipologias de Peitoris Ventilados**. Universidade Estadual De Campinas, Faculdade De Engenharia Civil, Arquitetura E Urbanismo. Campinas, SP. 2010.

PADUIM, F. B. **Avaliação do desempenho acústico de barreiras através da técnica de MLS**. 1999. 77 f. Tese (Mestrado em Ciência em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, 1999.

SAPATA, A. M. A. **Monitoramento, modelagem e simulação dos impactos e efeitos do ruído de tráfego em trecho de Cânion Urbano da Avenida Horácio Racanello da cidade de Maringá-Pr**. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá – UEM-PR, Maringá, 2010.