

CONTRIBUIÇÃO AO MAPEAMENTO DO RUÍDO URBANO NA CIDADE DE PORTO ALEGRE

MAIA, Marco Antônio Lopes; SATTLER, Miguel Aloysio
NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99 – 3º andar, CEP 90035-190 – Porto Alegre – RS
Tel.: (51) 3316.3900; Fax: (51) 3316.4054
e-mail: marco.maia@terra.com.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta dados referentes a um levantamento dos níveis de pressão sonora (L_{eq}), para as 24 horas de um dia típico de semana, em diversos pontos da cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. As informações são processadas através de diferentes análises estatísticas, comparadas com dados de trabalhos anteriores e com resultados de equações de predição de ruído urbano.

A metodologia adotada é semelhante à utilizada por García & Faus (1991), em trabalho realizado em cidades da Espanha. O levantamento dos dados de ruído urbano, em período de 24 horas, permite um maior nível de detalhes para a geração de modelos de predição de níveis de pressão sonora e auxilia na visualização da curva de padrões de ruídos horários, para um determinado espaço urbano. Quatorze pontos da cidade foram monitorados, em áreas com características diferenciadas (densidade, população, fluxo de veículos), o que possibilitou verificar os diferentes padrões de ruído associados para cada situação.

ABSTRACT

This work presents urban noise data obtained in a survey where sound pressure level (L_{eq}), for the 24 hours of a typical week day (work day), was collected in a number of selected points in the city of Porto Alegre, State of Rio Grande do Sul. The information was processed statistically, compared with other available data and with the results obtained through the application of prediction equations for urban noise.

The methodology is similar to one adopted for characterizing urban noise in several Spanish cities (García & Faus, 1991), where monitoring periods of 24 hours, allowed a high precision in prediction models and the visualization of hourly patterns for the selected urban space. Fourteen locations were monitored, in areas of the city with different densities of buildings, making possible the recognition of different patterns of noise associated with such areas.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas gerados pelo ruído tornam-se progressivamente mais graves, à medida que aumentam o tamanho das cidades, o volume do tráfego e a densidade da malha urbana. A Organização Mundial da Saúde considera que a poluição sonora é, nos dias de hoje, menos grave, apenas, que as poluições do ar e da água (NIEMEYER & SLAMA, 1998).

Em Porto Alegre o maior percentual de denúncias ambientais dirigidas pelos cidadãos, à Prefeitura Municipal, relaciona-se à degradação sonora. Isso porque os incômodos que ela gera são mais rapidamente percebidos do que os decorrentes de outras degradações ambientais. Além da surdez e da interferência na atividade, um longo tempo de exposição a ruído de nível intenso pode causar efeitos

que atuam sobre o funcionamento de todo o organismo, aumentando o estresse e prejudicando o desempenho no trabalho (SCHIMITT & ROTT, 1998).

O presente trabalho pretende intensificar estudos previamente realizados, no que se refere ao mapeamento de ruídos para a cidade de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul. Foi desenvolvido, a partir de comparação com dados de trabalhos anteriores e de um levantamento aprofundado dos níveis de pressão sonora (L_{eq}), para diversas zonas da cidade (Figura 1), através de monitoramento contínuo das 24 horas de um dia de semana típico: dia útil entre segunda e quinta-feira. As simulações e a avaliação dos resultados obtidos foram processadas com o auxílio de ferramentas computacionais (MAIA, 2003) e tratamentos estatísticos.

2. CARACTERÍSTICAS DO LOCAL

O cenário do presente trabalho é a capital do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Fundada em 1822, possui seu **marco zero** localizado a 30° 01' 59" de latitude sul e 51° 13' 48" de longitude oeste a uma altitude de 4 metros. Abrange uma região com cerca de 30 km longitudinais e 15 km de largura no sentido leste-oeste. A cidade possui área total de 476,30 km² e população de 1.360.590 habitantes (IBGE, 2000), distribuídos em 82 bairros (Figura 1). O traçado viário se desenvolve com vias no sentido centro-bairro, cortadas por radiais concêntricas à região do centro histórico. Possui 396 avenidas e 4.223 ruas e uma frota de veículos composta por 491.898 automóveis, 53.346 caminhonetes, 18.777 caminhões, 4.067 ônibus, 1.662 microônibus e 44.686 motos (DETRAN, 2002).

3. METODOLOGIA

As medições e o processamento dos dados foram efetuados no período de março a dezembro de 2002. Níveis de ruído foram medidos, continuamente, por períodos de 24 horas, em 14 pontos diferenciados, dentro da cidade de Porto Alegre, distribuídos em diferentes bairros, conforme metodologia proposta por García & Faus (1991) e comparativamente ao zoneamento adotado por Rott (1995), em um trabalho enfocando também o mapeamento do ruído na cidade de Porto Alegre. Parte dos locais escolhidos para medição estão localizados em áreas silenciosas ($L_{eq}(24h) < 65$ dB(A)) e o restante em áreas bastante ruidosas da cidade ($L_{eq}(24h) > 65$ dB(A)). Os dias em que ocorreram as medições, apresentavam: tempo bom, céu claro, umidade relativa e pressão atmosférica estabilizadas e ventos com baixa intensidade.

O trabalho foi realizado usando-se um **decibelímetro** da marca APT Instruments, modelo Artisan® SL2100, Tipo II (conforme normas IEC 651, ANSI S1.4 e NBR 10.151), com precisão de $\pm 1,5$ dB, software "DataLogger" e cabo para transmissão de dados e **gravador de áudio digital** da marca SONY®, modelo MZ-R3, para gravação de amostras de ruído e análise posterior de espectro de frequências.

Em todos os casos, os níveis sonoros instantâneos foram amostrados a cada 0,5 segundos, resultando em um total aproximado de 7.200 amostras por hora. Todos os valores horários de L_5 , L_{10} , L_{20} , L_{30} , L_{40} , L_{50} , L_{60} , L_{70} , L_{80} , L_{90} , desvio padrão (das leituras instantâneas, horárias, em dB(A) a cada 0,5 segundos), $L_{m\acute{a}x}$ e $L_{m\acute{i}n}$ e L_{eq} foram obtidos, para o período completo de 24 horas, em cada ponto medido. Também foram calculados os valores de L_{eq} , L_{10} , L_{90} , $L_{m\acute{a}x}$ e $L_{m\acute{i}n}$, a cada quarto de hora (15 minutos).

Os valores encontrados para L_{eq} (24h), em cada ponto medido, foram posteriormente comparados aos valores de L_{eq} horários, durante todo o período do dia em que se realizou a medição, possibilitando avaliar o horário que apresenta uma melhor correlação com tal *valor médio* encontrado para todo o período.

Por razões práticas, o equipamento de medição não foi montado somente no nível da rua, mas também no peitoril e sacada de algumas residências. Tal posicionamento não acrescenta diferenças muito significativas, pois na maior parte dos centros urbanos, o ruído é confinado pelas edificações como em uma sala fechada, e a atenuação do nível de ruído, em função da altura em relação ao solo, é geralmente muito pequena (GARCÍA & FAUS, 1991). Normalmente, quando tal efeito "Canyon" encontra-se presente (áreas com concentração de edificações elevadas), nota-se que a atenuação dos sons é apenas em torno de 0,5 dB, para cada 30 m de elevação, em relação ao nível do solo (SCHULTZ, 1979).

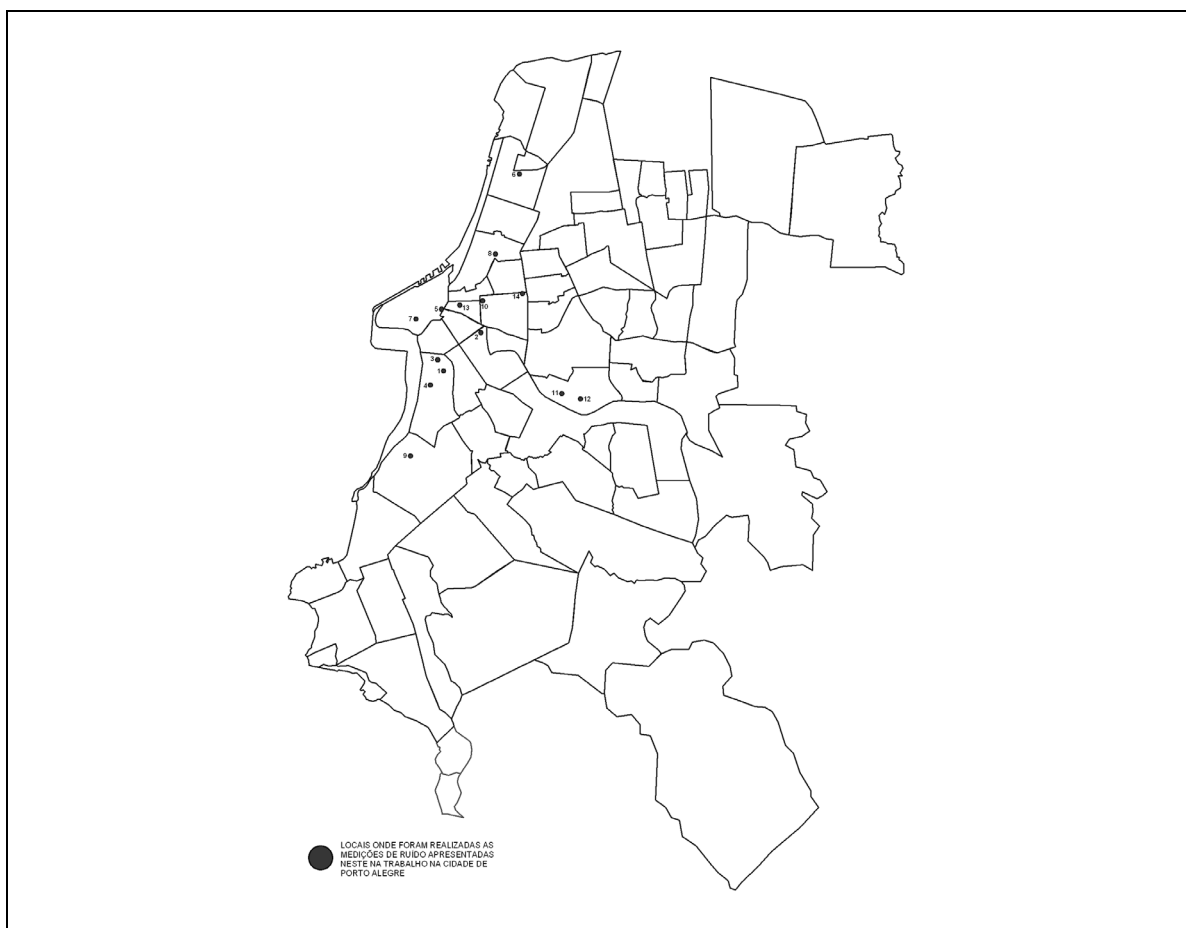


Figura 1 – Mapa da Cidade de Porto Alegre: localização dos pontos selecionados para medição de nível de pressão sonora (Fonte: adaptado de ROTT, 1995)

Considerou-se a influência dos fatores naturais: vento (requerendo a utilização de filtros nas medições), temperatura (não ultrapassando os limites entre -10°C e $+50^{\circ}\text{C}$, para garantir a eficiência do equipamento), umidade (inferior a 90% não compromete as medições), pressão atmosférica, vibrações e de campos magnéticos (efeito normalmente desconsiderado) (BRÜEL & KJÆR, 1984).

Para possibilitar uma correlação entre os dados de nível de pressão sonora e as diferentes áreas da cidade, foi utilizada a mesma classificação dos bairros em zonas diferenciadas pela densidade populacional (Tabela 1) proposta por Rott (1995).

Tabela 1 – Classificação em Zonas de diferentes Densidades Populacionais nos bairros de Porto Alegre

Zonas de Dens. Pop. (ROTT, 1995)	Área (ha) (PMPA, 2002)	População (hab) (IBGE, 2000)	Densidade (hab/ha)	Número de pontos medidos
DP1 (acima de 250) <i>01 bairro (Bom Fim)</i>	38,12	11.351	297,71	01
DP3 (entre 160 e 200) <i>02 bairros (Centro)</i>	214,53	36.862	171,82	02
DP4 (entre 130 e 160) <i>04 bairros (Menino Deus)</i>	223,07	29.577	132,59	03
DP4 (entre 130 e 160) <i>04 bairros (Rio Branco)</i>	145,65	19.069	130,92	01
DP4 (entre 130 e 160) <i>04 bairros (Santana)</i>	154,11	21.221	137,70	01
DP6 (entre 70 e 100) <i>15 bairros (Floresta)</i>	174,61	14.941	85,56	01
DP6 (entre 70 e 100) <i>15 bairros (Moinhos de Vento)</i>	92,10	8.067	87,59	01
DP6 (entre 70 e 100) <i>15 bairros (Santa Teresa)</i>	484,34	47.175	97,40	01
DP7 (entre 40 e 70) <i>14 bairros (Jardim Botânico)</i>	200,11	11.494	57,43	02
DP8 (entre 10 e 40) <i>14 bairros (Navegantes)</i>	190,78	4.475	23,45	01

4. RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 Análises Espectrais e Medições de Fluxo de Veículos

As amostras dos dados referentes ao **espectro de frequências**, armazenadas no formato digital *wave* (compatível com o sistema operacional Microsoft Windows™), foram analisadas no software *VSI – Virtual Sound Instrument* (LINGSONG, 2000).

Para cada uma das gravações de 5 minutos de áudio adquiridas, conforme procedimento padrão contido nas normas nacionais e internacionais, inicialmente gravou-se o **signal de referência** gerado pelo calibrador do equipamento. Em paralelo as gravações de áudio, necessárias para a confecção dos gráficos de espectro sonoro, foram realizadas verificações do fluxo de veículos (Tabela 2), em cada um dos locais de medição: de modo a possibilitar a aplicação de fórmulas de predição de ruído de tráfego.

Tabela 2 – Medições de fluxo de veículos em períodos de 15 minutos.

Ponto	Total veíc./h	% veíc. pesados
01	592	6,08
02	172	4,65
03	-	-
04	880	2,27
05	1.320	7,27
06	1.900	15,57
07	496	2,42
08	912	9,64
09	432	13,88
10	1.256	5,73
11	496	10,48
12	68	5,88
13	32	0
14	1.364	2,34

4.2 Análises Estatísticas

Seguem abaixo as tabelas (3 e 4) contendo os dados estatísticos (L_{eq} (24h)) já finalizados, do ponto usado para análise de **padrões de ruído** (medição experimental, contínua, durante o período de uma semana completa, no local correspondente ao primeiro ponto selecionado para análise) e dos pontos utilizados nas medições finais. É apresentada também, a seguir: a caracterização dos locais escolhidos, os valores horários e a cada 15 minutos de L_{eq} , níveis máximos e mínimos horários, níveis percentil L_{10} , L_{50} e L_{90} e desvio padrão (relativo aos valores instantâneos ponderados na curva “A” para cada intervalo de 0.5 s) e os gráficos das análises espectrais (frequências predominantes) referentes às gravações do ruído em cada um dos pontos.

Tabela 3 – Níveis de pressão sonora L_{Aeq} (24h) para as 168h (7 dias) da semana de medição experimental, no ponto 01

DIA DA SEMANA	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA L_{Aeq} (24h)	Média do desvio padrão para os dados coletados nas 24 horas
Segunda	63,8	5,02
Terça	63,6	5,16
Quarta	63,9	5,03
Quinta	63,9	4,84
Sexta	64,2	4,95
Sábado	62,5	5,15
Domingo	60,7	5,26

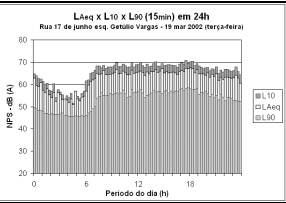
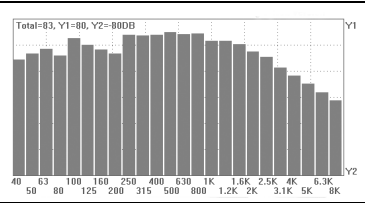
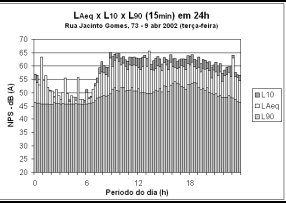
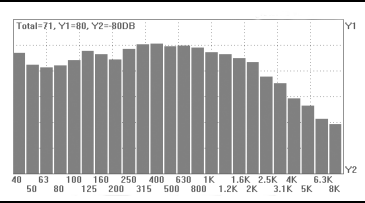
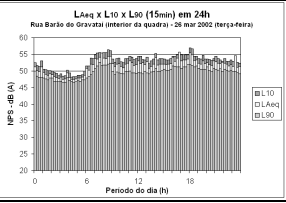
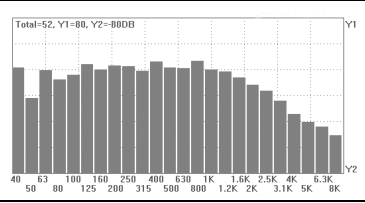
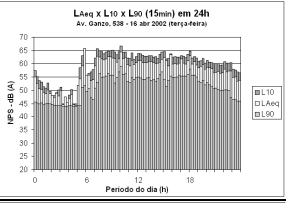
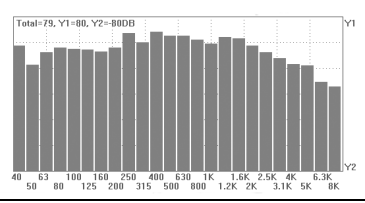
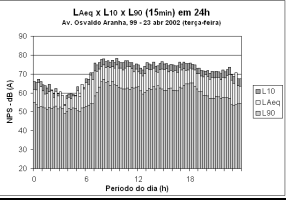
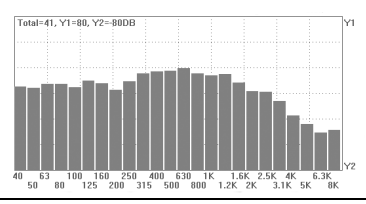
Tabela 4 – Níveis de pressão sonora L_{Aeq} (24h) para os pontos medidos

PONTO MEDIDO	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA L_{Aeq} (24h)	Média do desvio padrão para os dados coletados nas 24 horas
01 (Rua 17 de junho)	63,9	4,94
02 (Rua Jacinto Gomes)	58,5	4,17
03 (Rua Barão do Gravataí)	52,1	1,65
04 (Av. Ganzo)	59,4	3,69
05 (Av. Oswaldo Aranha)	70,4	4,91
06 (Av. Farrapos)	71,0	4,49
07 (Rua Fernando Machado)	61,7	3,81
08 (Av. Cristóvão Colombo)	67,0	4,95
09 (Rua Silveiro)	57,7	3,91
10 (Rua Castro Alves)	60,3	3,27
11 (Rua Valparaíso)	67,5	5,32
12 (Rua Dona Inocência)	53,8	3,48
13 (Rua Thomaz Flores)	60,1	3,27
14 (Rua Quintino Bocaiúva)	68,6	5,77

4.3 Caracterização dos pontos medidos

A seguir (Tabela 5) são apresentados os dados relativos ao L_{Aeq} , L_{10} e L_{90} (a cada 15 minutos), máximos e mínimos valores de L_{Aeq} , conteúdo relativo à análise espectral e horário equivalente ao L_{Aeq} (24h), para os pontos analisados em dB(A).

Tabela 5 – Resumo da caracterização para os pontos medidos

#	L_{eq} x L_{10} x L_{90}	Análise Espectral	Máx L_{eq}	Mín L_{eq}	L_{90}	L_{10}	L_{eq} (24)
01			66,7	54,0	45,6	69,8	20h 22h
02			61,8	47,9	45,7	64,5	20h 22h
03			54,3	47,9	46,8	55,9	21h 23h
04			62,4	46,4	43,8	65,0	18h 20h
05			73,9	58,0	49,7	77,2	18h 20h

06			73,6	61,8	47,9	77,1	20h 22h
07			66,1	49,4	46,4	68,0	19h 21h
08			70,4	54,1	45,7	73,2	19h 21h
09			61,7	48,7	46,0	61,9	17h 18h
10			66,3	51,5	46,9	65,7	19h 20h
11			70,5	49,2	45,3	72,0	20h 22h
12			60,1	45,4	44,5	59,7	19h 21h
13			63,1	48,7	45,5	65,7	19h 20h
14			71,2	58,4	46,1	74,5	19h 21h

* Os gráficos de análise espectral apresentados, devido a limitações no software utilizado (LINGSONG, 2000), foram aqui utilizados apenas para ilustrar a predominância de determinadas frequências em detrimento de outras em cada local de medição: *análise qualitativa do ruído*.

4.5 Comparação com Resultados de Trabalhos Anteriores

Após a etapa completa de levantamento dos dados, realizou-se uma análise comparativa com trabalho realizado anteriormente (ROTT, 1995), através da verificação dos níveis sonoros nos bairros e zonas caracterizados.

A Figura abaixo mostra a relação, dos valores em dB(A) para cada ponto medido com sua classificação em Zona de Densidade Populacional (DP). Os níveis sonoros verificados aparentemente independem da densidade populacional. Eventualmente, encontram-se, em Porto Alegre, zonas com alta densidade populacional, característica predominantemente de zonas residenciais, porém com uma menor incidência de vias com elevado fluxo de veículos e, como consequência, um baixo nível de ruído proveniente do tráfego.

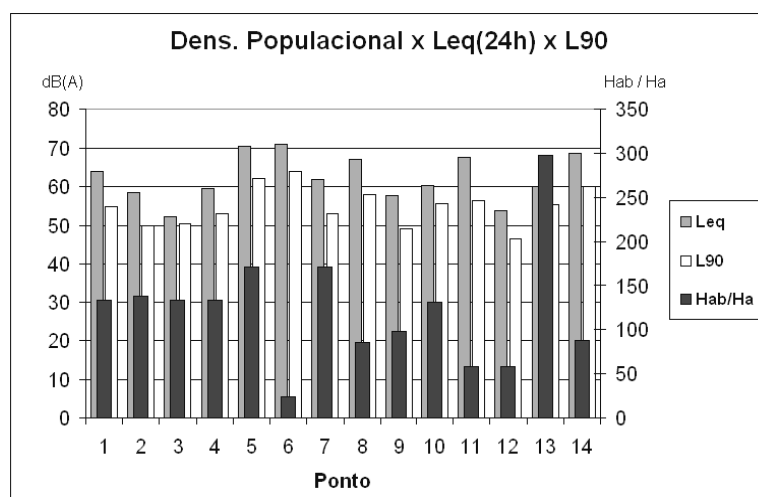


Figura 2: Densidade Populacional x L_{eq} x L_{90}

A Tabela 6, a seguir, apresenta um paralelo entre os valores obtidos no trabalho de Rott (1995) e os encontrados através da presente base de dados.

Tabela 6 – Comparação entre os valores de L_{eq} máximos e mínimos encontrados por Rott (1995)

Zona	Densidade (Hab/Ha)	Rott (1995) – L_{eq} mín e L_{eq} máx (dB(A)) 18:00 a 19:00 h		Maia (2003) – L_{eq} mín e L_{eq} máx (dB(A)) 18:00 a 19:00 h		Maia (2003) – L_{eq} mín e L_{eq} máx (dB(A)) período de 24 h	
DP1	acima de 250	72,0	78,9	58,3	60,4	48,7	64,4
DP2	200 a 250	69,7	80,6	-	-	-	-
DP3	160 a 200	68,2	82,6	62,3	72,1	49,4	73,9
DP4	130 a 160	59,9	80,7	54,3	66,6	46,4	66,7
DP5	100 a 130	59,6	79,4	-	-	-	-
DP6	70 a 100	59,0	81,5	58,0	70,3	48,7	71,2
DP7	40 a 70	57,6	79,4	55,4	69,3	45,4	70,5
DP8	10 a 40	61,2	81,6	73,1	73,8	61,8	73,6
DP9	até 10	59,1	79,4	-	-	-	-

Pode-se notar, de forma imediata, que os níveis de pressão sonora característicos para L_{eq} mín são inferiores aos encontrados por Rott, devido ao fato do presente trabalho ter sido desenvolvido para as 24 horas do dia – influência do período noturno no processo de análise dos dados.

5. CONCLUSÕES

Na maior parte dos locais selecionados para as medições de nível de pressão sonora, verificou-se uma grande divergência entre o valor encontrado, para o ruído real incidente nas edificações, frente aos níveis máximos permitidos pela legislação vigente (regional, nacional e internacional) no que se refere a valores limites de poluição sonora nas cidades – acima de 55 dB, conforme a *World Health Organisation* (1980). Apenas nos períodos noturnos e nos pontos isolados da presença de ruído de tráfego direto o valor do L_{eq} atinge níveis inferiores a 55 dB.

Os valores encontrados possuem uma relação direta com uma maior ou menor presença de **tráfego** nos locais onde foram realizadas as medições. Os pontos onde foram verificados os menores níveis de intensidade sonora são, justamente, os que se localizam nos lugares mais afastados das vias de distribuição de tráfego veicular (interior de quarteirão) ou nas proximidades de vias secundárias (menor incidência de veículos pesados e menor intensidade no fluxo de veículos horário).

Os dados de **desvio padrão** podem ser utilizados, em paralelo, para verificar o real incômodo causado pelo ruído nos locais selecionados para estudo. Foi verificado que zonas com altos valores de desvio padrão possuem localização próxima a vias com uma elevada presença de situações de “*stop and go*” o que acaba por gerar uma alternância muito grande entre períodos com baixos e altos níveis de pressão sonora e, como consequência, eleva os padrões de incômodo locais.

Tabela 7 – Comparação entre $L_{eq(24h)}$, L_{dn} e L_{ps} para os pontos avaliados.

Ponto	$L_{eq(24h)}$	L_{dn}	L_{ps}
01	63,9	67,3	76,5
02	58,5	62,4	69,2
03	52,1	57,1	56,3
04	59,4	62,8	68,8
05	70,4	73,0	83,0
06	71,0	74,7	82,5
07	61,7	64,0	68,1
08	67,0	69,4	79,7
09	57,7	62,5	67,7
10	60,3	63,9	68,7
11	67,5	70,1	81,1
12	53,8	56,8	62,7
13	60,1	62,6	68,5
14	68,6	72,1	83,4

Na comparação entre $L_{eq(24h)}$, L_{dn} (nível de ruído para dia e noite: utiliza peso nos níveis noturnos para compensar os valores encontrados nas 24 horas do dia) e L_{ps} (nível de poluição sonora) (ver Tabela 7), foi verificado que o uso conjunto de tais índices, para a avaliação do ruído urbano, nos permite uma maior flexibilidade na leitura dos resultados e, por consequência, uma maior precisão na avaliação das condições reais do ruído presente nos locais avaliados. A avaliação deste conjunto de dados, juntamente com os gráficos de análise espectral, gera uma base de dados completa sobre o clima de ruídos do local avaliado.

Nas comparações realizadas com os valores de campo e os obtidos através da aplicação de diferentes equações de predição de ruído selecionadas, obteve-se uma melhor correlação nos modelos propostos pelo *Department of Transport* do Reino Unido (DOT, 1988) e por Ego et al. (1995)

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade: procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
- _____. **NBR 10152**: níveis de ruído para conforto acústico: procedimento. Rio de Janeiro, 1987.
- BRÜEL & KJÆR SOUND & VIBRATION MEASUREMENT A/S. **Measuring Sound**. Denmark: K Larsen & Son, 1984.
- DEPARTMENT OF TRANSPORT (DOT) – Welsh Office. **Calculation of Road Traffic Noise**. London: HMSO, 1988.
- DETRAN. **Estatísticas sobre a frota veicular da cidade de Porto Alegre – RS**. Disponível em: <<http://www.detran.rs.gov.br>> Acesso em: 10 jun. 2002.
- EGO, A. Ç. et al. **Ankara city traffic impact assessment study**. Disponível em: <<http://www.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to600/pap551/p551.html>> Acesso em: 12 jun. 2001.

- GARCÍA, A.; FAUS, L. J. **Statistical Analysis of Noise Levels in Urban Areas**. Applied Acoustics. England: Elsevier Science Publishers Ltd, 1991.
- GARCÍA, A. **Environmental Urban Noise**. England: WIT Press, 2001.
- GERGES, S. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 2 Ed. Florianópolis: NR Editora, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados populacionais da cidade de Porto Alegre – RS**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/default.php>> Acesso em: 11 jun.. 2002.
- LINGSONG, H. **VSI – Virtual Sound Instrument v1.1**. China: Huazhong University, 2000.
- MAIA, M. A. **Traffic and Urban Noise Equations v2.0** (Software) Porto Alegre: NORIE-UFRGS, 2003.
- NIEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. O Ruído na Cidade: Elementos do Ruído Urbano. In: **Arquitetura: Pesquisa & Projeto**. Rio: Pró Editores. UFRJ, 1998.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Dados gerais sobre a cidade e seu sistema viário**. Disponível em: <<http://www.portoalegre.rs.gov.br/dadosger/dados.htm>> Acesso em: 10 jun. 2002.
- ROTT, J. A. **Mapa simplificado de ruídos para a cidade de Porto Alegre**. 1995. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.
- SCHIMITT, N. I.; ROTT, J. A. O Impacto do Som. Organizado por: MENEGAT, R. et al. **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.
- SCHULTZ, T. J. **Variation of the outdoor noise level and the sound attenuation of windows with elevation above the ground**. Applied Acoustics. England: Applied Science Publishers Ltd., 1979.
- WHO. **Noise**. World Health Organization, Genève, 1980.