

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**CONTRIBUIÇÃO AO MAPEAMENTO DO RUÍDO URBANO
NA CIDADE DE PORTO ALEGRE – RS**

– dissertação de mestrado –

Marco Antônio Lopes Maia

Orientador: Prof. PhD Miguel A. Sattler

Porto Alegre
abril 2003

MARCO ANTÔNIO LOPES MAIA

**CONTRIBUIÇÃO AO MAPEAMENTO DO RUÍDO URBANO
NA CIDADE DE PORTO ALEGRE – RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre
abril 2003

Catálogo-na-Publicação (CIP). UFRGS. Escola de Engenharia. Biblioteca

M217c

Maia, Marco Antônio Lopes

Contribuição ao Mapeamento do Ruído Urbano na
Cidade de Porto Alegre – RS / Marco Antônio Lopes
Maia; Orientador, Miguel Aloysio Sattler – Porto
Alegre, 2003.

Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do
Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil. Núcleo Orientado
para a Inovação da Edificação.

1. Ruído Urbano – Dissertação. I. Sattler, Miguel
Aloysio. II. Título

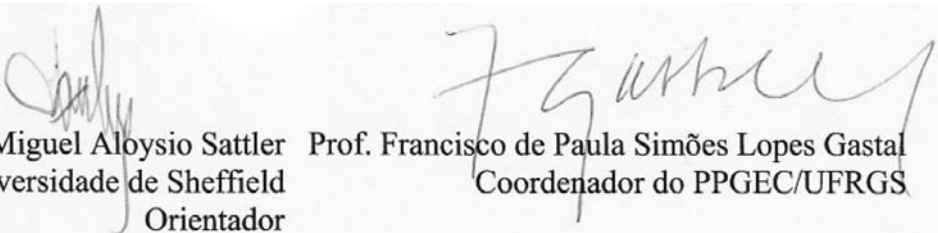
CDU 628.517.2 (043)

MARCO ANTÔNIO LOPES MAIA

**CONTRIBUIÇÃO AO MAPEAMENTO DO RUÍDO URBANO
NA CIDADE DE PORTO ALEGRE – RS**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 25 de abril 2003



Prof. Miguel Aloysio Sattler
PhD pela Universidade de Sheffield
Orientador

Prof. Francisco de Paula Simões Lopes Gastal
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jules Ghislain Slama (UFRJ)
Doutor (Dr.) pela Université d'Aix Marseille II

Prof. Flávio Maya Simões (Ritter dos Reis)
Doutor (Dr.) pela Universidade de Sevilla

Prof. Bernardo Liberman (ULBRA)
Doutor (PhD) pela UFRGS

Prof. Alberto Tamagna (UFRGS)
Doutor (Dr.) pela UFRGS

Dedico este trabalho aos meus avós Antônio Pereira Lopes
Jr. e João Gularte Maia, exemplos de vida e caráter,
certamente orgulhosos, onde quer que estejam, por esta
nova conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a FINEP e a Caixa Econômica Federal pela bolsa de estudos, no primeiro ano, que possibilitou minha total dedicação aos estudos durante o período para alcançar o objetivo final.

Ao Prof. Miguel Aloysio Sattler, orientador deste trabalho, pela amizade e dedicação dispensadas no decorrer do trabalho.

Aos professores do curso de pós-graduação em Engenharia Civil por contribuírem na minha formação acadêmica.

Aos funcionários do NORIE e do PPGEC por garantirem o correto funcionamento da estrutura necessária ao curso de pós-graduação.

Ao Prof. Alberto Tamagna e Eng. Rafael Laranja, do PROMEC – UFRGS, pela disponibilidade no esclarecimento de dúvidas e pelo empréstimo de equipamentos.

A todos os amigos e parentes moradores da cidade de Porto Alegre, que “emprestaram” suas residências possibilitando a aquisição dos dados necessários à realização deste trabalho.

Aos meus pais pelo amor, carinho, dedicação e por minha formação moral.

A Constance pelo amor, pelo carinho e pelo apoio.

Aos amigos de tantos anos: Rodrigo Peña, André Gomes, José Roberto Fehse, Marco Claser, Carlos Nicolini, Clarice Bleil de Souza pela amizade, companheirismo e pelo “empréstimo” de suas residências.

Nada me intriga tanto como o tempo e o espaço. E nada me preocupa menos do que o tempo e espaço, porque nunca penso neles.

Charles Lamb

Mostre-me algo novo e eu começarei tudo outra vez.

Erik Satie

RESUMO

MAIA, M. A. L. Contribuição ao Mapeamento do Ruído Urbano na cidade de Porto Alegre – RS. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

O presente trabalho apresenta dados referentes a um levantamento dos níveis de pressão sonora equivalente (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.

Palavras-chave: Acústica; Ruído Urbano; Poluição Sonora.

ABSTRACT

MAIA, M. A. L. A Contribution to the Urban Noise Mapping in the city of Porto Alegre, Brazil. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

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.

Keywords: Acoustics; Urban Noise; Noise Pollution.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE EQUAÇÕES

1 INTRODUÇÃO	p.1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	p.1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	p.3
1.3 OBJETIVOS.....	p.5
1.3.1 Objetivo Principal.....	p.5
1.3.2 Objetivos Secundários.....	p.8
1.4 HIPÓTESES.....	p.8
1.5 PRESSUPOSTOS.....	p.9
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	p.9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	p.11
2.1 SOM E RUÍDO.....	p.11
2.1.1 Classificação dos ruídos.....	p.23
2.1.2 Identificação das fontes de ruído na edificação e no ambiente.....	p.24
2.1.3 Níveis máximos permitidos.....	p.25
2.2 RUÍDO E SAÚDE – POLUIÇÃO SONORA.....	p.27
2.3 PROPAGAÇÃO DO SOM EM ZONAS URBANAS.....	p.32

2.4 RUÍDO DE TRÁFEGO.....	p.33
2.5 PROCEDIMENTOS PARA O CONTROLE DO RUÍDO URBANO.....	p.37
2.6 CONTROLE SONORO.....	p.38
3 METODOLOGIA.....	p.40
3.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL.....	p.40
3.2 PROCEDIMENTOS GERAIS.....	p.43
3.3 DELIMITAÇÕES.....	p.47
3.4 EQUIPAMENTOS.....	p.47
3.5 ANÁLISES ESPECTRAIS E DADOS DE FLUXO DE VEÍCULOS.....	p.49
3.6 LEVANTAMENTO DE DADOS POPULACIONAIS.....	p.50
4 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS.....	p.52
4.1 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	p.53
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS.....	p.54
4.2.1 Caracterização do ponto 01.....	p.55
4.2.2 Caracterização do ponto 02.....	p.59
4.2.3 Caracterização do ponto 03.....	p.63
4.2.4 Caracterização do ponto 04.....	p.67
4.2.5 Caracterização do ponto 05.....	p.71
4.2.6 Caracterização do ponto 06.....	p.75
4.2.7 Caracterização do ponto 07.....	p.79
4.2.8 Caracterização do ponto 08.....	p.83
4.2.9 Caracterização do ponto 09.....	p.87
4.2.10 Caracterização do ponto 10.....	p.91
4.2.11 Caracterização do ponto 11.....	p.95
4.2.12 Caracterização do ponto 12.....	p.99
4.2.13 Caracterização do ponto 13.....	p.103
4.2.14 Caracterização do ponto 14.....	p.107

4.2.15 Caracterização – Pontos localizados no bairro MENINO DEUS.....	p.111
4.2.16 Considerações gerais sobre as análises estatísticas.....	p.113
4.3 COMPARAÇÃO COM FÓRMULAS DE PREDIÇÃO DE RUÍDO.....	p.114
4.4 COMPARAÇÃO DE ANÁLISES ESPECTRAIS.....	p.117
4.5 COMPARAÇÃO COM RESULTADOS DE TRABALHOS ANTERIORES.....	p.120
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	p.122
5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	p.122
5.2 OBJETIVOS ALCANÇADOS.....	p.124
5.3 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	p.125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	p.127
APÊNDICE A.....	p.132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: reclamações de poluição sonora em 1997.....	p.4
Figura 2: localização da área de estudo.....	p.6
Figura 3: mapa da cidade de Porto Alegre: localização dos pontos selecionados.....	p.7
Figura 4: divisão do espectro sonoro em bandas de oitava.....	p.14
Figura 5: adicionando duas fontes sonoras.....	p.17
Figura 6: curvas balanceadas dB(A), dB(B) e dB(C) e suas características.....	p.18
Figura 6a: contornos padrão de audibilidade para tons puros.....	p.19
Figura 7: níveis sonoros excedidos por um determinado percentual.....	p.20
Figura 7a: curvatura dos raios sonoros pelos gradientes de vento (a) e temperatura (b)...	p.21
Figura 8: curvatura dos raios sonoros devido ao gradiente de temperatura.....	p.22
Figura 9: representação gráfica para ruído contínuo, intermitente e de impacto.....	p.24
Figura 10: níveis máximos de ruído para diferentes regiões urbanas.....	p.25
Figura 11: níveis de ruído nos espaços internos conforme a norma brasileira.....	p.26
Figura 12: níveis de pressão sonora x tempo de exposição.....	p.27
Figura 13: diferentes fontes de ruído.....	p.28
Figura 14: escala comparativa de níveis de pressão sonora.....	p.29
Figura 15: mapa geral dos bairros da cidade de Porto Alegre.....	p.41
Figura 16: exemplo de análise computacional de ruído de tráfego utilizando FFT.....	p.45
Figura 17: influência do corpo e posição do operador nas medições acústicas.....	p.45
Figura 18: métodos de posicionamento do equipamento de medição sonora conforme padrões internacionais.....	p.46
Figura 19: medidor de nível de pressão sonora, tripé, <i>DataLogger</i> e <i>Notebook</i> usados nos pontos de medição.....	p.48

Figura 20: espectro referencial (1/3 de banda de oitava) para ruído de tráfego rodoviário.....	p.52
Figura 21: dados de caracterização do PONTO 01.....	p.55
Figura 22: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.56
Figura 23: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.57
Figura 24: análise espectral para o PONTO 01 – $L_{Aeq}(24h)= 63,9 \text{ dB(A)}$	p.57
Figura 25: dados de caracterização do PONTO 02.....	p.59
Figura 26: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.60
Figura 27: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.61
Figura 28: análise espectral para o PONTO 02 – $L_{Aeq}(24h)= 58,5 \text{ dB(A)}$	p.61
Figura 29: dados de caracterização do PONTO 03.....	p.63
Figura 30: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.64
Figura 31: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.65
Figura 32: análise espectral para o PONTO 03 – $L_{Aeq}(24h)= 52,1 \text{ dB(A)}$	p.65
Figura 33: dados de caracterização do PONTO 04.....	p.67
Figura 34: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.68
Figura 35: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.69
Figura 36: análise espectral para o PONTO 04 – $L_{Aeq}(24h)= 59,4 \text{ dB(A)}$	p.69
Figura 37: dados de caracterização do PONTO 05.....	p.71
Figura 38: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.72
Figura 39: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.73
Figura 40: análise espectral para o PONTO 05 – $L_{Aeq}(24h)= 70,4 \text{ dB(A)}$	p.73
Figura 41: dados de caracterização do PONTO 06.....	p.75
Figura 42: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.76
Figura 43: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.77
Figura 44: análise espectral para o PONTO 06 – $L_{Aeq}(24h)= 71,0 \text{ dB(A)}$	p.77
Figura 45: dados de caracterização do PONTO 07.....	p.79
Figura 46: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.80

Figura 47: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.81
Figura 48: análise espectral para o PONTO 07 – $L_{Aeq}(24h)= 61,7 \text{ dB(A)}$	p.81
Figura 49: dados de caracterização do PONTO 08.....	p.83
Figura 50: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.84
Figura 51: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.85
Figura 52: análise espectral para o PONTO 08 – $L_{Aeq}(24h)= 67,0 \text{ dB(A)}$	p.85
Figura 53: dados de caracterização do PONTO 09.....	p.87
Figura 54: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.88
Figura 55: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.89
Figura 56: análise espectral para o PONTO 09 – $L_{Aeq}(24h)= 57,7 \text{ dB(A)}$	p.89
Figura 57: dados de caracterização do PONTO 10.....	p.91
Figura 58: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.92
Figura 59: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.93
Figura 60: análise espectral para o PONTO 10 – $L_{Aeq}(24h)= 60,3 \text{ dB(A)}$	p.93
Figura 61: dados de caracterização do PONTO 11.....	p.95
Figura 62: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.96
Figura 63: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.97
Figura 64: análise espectral para o PONTO 11 – $L_{Aeq}(24h)= 67,5 \text{ dB(A)}$	p.97
Figura 65: dados de caracterização do PONTO 12.....	p.99
Figura 66: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.100
Figura 67: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.101
Figura 68: análise espectral para o PONTO 12 – $L_{Aeq}(24h)= 53,8 \text{ dB(A)}$	p.101
Figura 69: dados de caracterização do PONTO 13.....	p.103
Figura 70: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.104
Figura 71: gráfico comparativo (15 min.) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$	p.105
Figura 72: análise espectral para o PONTO 13 – $L_{Aeq}(24h)= 60,1 \text{ dB(A)}$	p.105
Figura 73: dados de caracterização do PONTO 14.....	p.107

Figura 74: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.108
Figura 75: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.109
Figura 76: análise espectral para o PONTO 14 – $L_{Aeq}(24h)= 68,6$ dB(A).....	p.109
Figura 77: dados de caracterização dos pontos localizados no bairro MENINO DEUS....	p.111
Figura 78: Densidade Populacional x L_{eq} x L_{90}	p.120
Figura 79: espectro referencial (1/3 de banda de oitava) para ruído de tráfego rodoviário.....	p.123
Figura 80: espectro do ruído de tráfego rodoviário (1/3 de banda de oitava) em áreas urbanas.....	p.124
Figura 81: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.133
Figura 82: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.134
Figura 83: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.135
Figura 84: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.136
Figura 85: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.137
Figura 86: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.138
Figura 87: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.139
Figura 88: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.140
Figura 89: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.141
Figura 90: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.142
Figura 91: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.143
Figura 92: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.144
Figura 93: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.145
Figura 94: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}	p.146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: pressão sonora, intensidade e nível sonoro.....	p.16
Tabela 2: nível critério de avaliação NCA para ambientes externos em dB(A).....	p.26
Tabela 3: lista de bairros da cidade de Porto Alegre.....	p.42
Tabela 4: frota de Veículos por Tipo – jan/2002 – Município de Porto Alegre.....	p.42
Tabela 5: classificação em Zonas de diferentes Densidades Populacionais nos bairros de Porto Alegre.....	p.51
Tabela 6: medições de fluxo de veículos em períodos de 15 minutos.....	p.53
Tabela 7: níveis de pressão sonora L_{Aeq} (24h) para as 168h (7 dias) da semana de medição experimental, no ponto 01.....	p.53
Tabela 8: níveis de pressão sonora L_{Aeq} (24h) para os pontos medidos.....	p.54
Tabela 9: PONTO 01 – Rua 17 de junho (Menino Deus) – terça-feira.....	p.56
Tabela 10: síntese dos resultados obtidos para o ponto 01.....	p.58
Tabela 11: PONTO 02 – Rua Jacinto Gomes (Santana) – terça-feira.....	p.60
Tabela 12: síntese dos resultados obtidos para o ponto 02.....	p.62
Tabela 13: PONTO 03 – Rua Barão do Gravataí (Menino Deus) – terça-feira.....	p.64
Tabela 14: síntese dos resultados obtidos para o ponto 03.....	p.66
Tabela 15: PONTO 04 – Av. Ganzo (Menino Deus) – terça-feira.....	p.68
Tabela 16: síntese dos resultados obtidos para o ponto 04.....	p.70
Tabela 17: PONTO 05 – Av. Oswaldo Aranha (Centro) – terça-feira.....	p.72
Tabela 18: síntese dos resultados obtidos para o ponto 05.....	p.74
Tabela 19: PONTO 06 – Av. Farrapos (Navegantes) – quinta-feira.....	p.76
Tabela 20: síntese dos resultados obtidos para o ponto 06.....	p.78
Tabela 21: PONTO 07 – Rua Fernando Machado (Centro) – terça-feira.....	p.80

Tabela 22: síntese dos resultados obtidos para o ponto 07.....	p.82
Tabela 23: PONTO 08 – Av. Cristóvão Colombo (Floresta) –terça-feira.....	p.84
Tabela 24: síntese dos resultados obtidos para o ponto 08.....	p.86
Tabela 25: PONTO 09 – Rua Silveiro (Santa Teresa) – quarta-feira.....	p.88
Tabela 26: síntese dos resultados obtidos para o ponto 09.....	p.90
Tabela 27: PONTO 10 – Rua Castro Alves (Rio Branco) – quinta-feira.....	p.92
Tabela 28: síntese dos resultados obtidos para o ponto 10.....	p.94
Tabela 29: PONTO 11 – Rua Valparaíso (Jardim Botânico) – terça-feira.....	p.96
Tabela 30: síntese dos resultados obtidos para o ponto 11.....	p.98
Tabela 31: PONTO 12 – Rua Dna. Inocência (Jardim Botânico) – terça-feira.....	p.100
Tabela 32: síntese dos resultados obtidos para o ponto 12.....	p.102
Tabela 33: PONTO 13 – Rua Thomaz Flores (Bom Fim) – terça-feira.....	p.104
Tabela 34: síntese dos resultados obtidos para o ponto 13.....	p.106
Tabela 35: PONTO 14 – Rua Quintino Bocaiúva (Moinhos de Vento) – quinta-feira.....	p.108
Tabela 36: síntese dos resultados obtidos para o ponto 14.....	p.110
Tabela 37: síntese dos resultados obtidos para os pontos localizados no bairro Menino Deus.....	p.112
Tabela 38: comparação entre os resultados das medições e a aplicação das equações de predição de ruído selecionadas (em dB(A)).....	p.116
Tabela 39: grupo 1 (03 pontos).....	p.117
Tabela 40: grupo 2 (06 pontos).....	p.118
Tabela 41: grupo 3 (02 pontos).....	p.119
Tabela 42: grupo 4 (03 pontos).....	p.119
Tabela 43: comparação entre os valores de L_{eq} máximos e mínimos encontrados por Rott (1995).....	p.121
Tabela 44: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (segunda-feira) – $L_{eq} = 63,8$ dB(A).....	p.133
Tabela 45: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (terça-feira) – $L_{eq} = 63,6$ dB(A).....	p.135
Tabela 46: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (quarta-feira – $L_{eq} = 63,9$ dB(A).....	p.137
Tabela 47: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (quinta-feira – $L_{eq} = 63,9$ dB(A).....	p.139

Tabela 48: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (sexta-feira) – $L_{eq} = 64,2$ dB(A)..... p.141

Tabela 49: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (sábado) – $L_{eq} = 62,5$ dB(A)..... p.143

Tabela 50: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (domingo) – $L_{eq} = 60,7$ dB(A)..... p.145

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: movimento ondulatório.....	p.11
Equação 2: nível sonoro.....	p.15
Equação 3: nível sonoro.....	p.15
Equação 4: nível sonoro.....	p.15
Equação 5: nível sonoro para o dia e para a noite – L_{dn}	p.33
Equação 6: equação de predição de ruído de tráfego (DOT, 1988).....	p.35
Equação 7: relação entre L_{10} e L_{eq}	p.35
Equação 8: TNI – Traffic Noise Index.....	p.36
Equação 9: Nível de Poluição Sonora (LPS).....	p.36
Equação 10: Nível de Poluição Sonora (LPS).....	p.36
Equação 11: nível equivalente de ruído - L_{Aeq}	p.44
Equação 12: equação de predição de ruído de tráfego (Martins, 1984).....	p.114
Equação 13: equação de predição de ruído de tráfego (DOT, 1988).....	p.114
Equação 14: equação de predição de ruído de tráfego (García & Faus, 1991).....	p.114
Equação 15: equação de predição de ruído de tráfego (Chew, 1992).....	p.114
Equação 16: equação de predição de ruído de tráfego (Ego et al., 1995).....	p.114
Equação 17: equação de predição de ruído de tráfego (Chakrabarty et al., 1997).....	p.114
Equação 18: equação de predição de ruído de tráfego (Chakrabarty et al., 1997).....	p.114
Equação 19: equação de predição de ruído de tráfego (Sattler et al., 1998).....	p.115

1 INTRODUÇÃO

O estudo da acústica é uma das especializações dentro da área de conforto ambiental, com forte vinculação às áreas de arquitetura e engenharia, que possui muitas possibilidades de desenvolvimento, em diferentes linhas de pesquisa, no território brasileiro. Diversos trabalhos já foram produzidos, porém ainda não caracterizam uma base de dados de referência sólida para a área em questão. Muito se tem estudado em relação ao isolamento e condicionamento das partes que conformam o interior das edificações – materiais e revestimentos – mas pouca referência a uma política de controle e avaliação da poluição sonora nas áreas urbanas é encontrada em nosso país.

A acústica abrange diversas linhas de trabalho e pesquisa, muitas vezes tão díspares entre si que, pode-se dizer, quase poderiam constituir, cada uma, áreas totalmente independentes. Nos diferentes eventos nacionais e internacionais, vemos classificações tais como: oceanografia acústica, bioacústica animal, acústica arquitetônica, ultra-sonografia biomédica, engenharia acústica, acústica musical, ruído de aeronaves, ruído urbano, proteções auditivas, predição de ruído em interiores e exteriores, acústica física, processamento de sinais, processamento vocal, vibrações, acústica subaquática e outras.

No Brasil ainda existem poucos centros de pesquisa especializados especificamente na área de acústica arquitetônica e ruídos urbanos – foco especial para os profissionais vinculados à construção civil: engenheiros e arquitetos. Vemos aqui, no território brasileiro, um direcionamento mais concentrado na área de engenharia mecânica, que se ocupa mais diretamente do estudo das vibrações e seus efeitos.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Um ambiente ruidoso inclui todos os sons presentes no espaço ambiental (Instituto Obra Prima, 2001). Da mais grave à mais aguda tonalidade, dos sons graves aos agudos (baixas e altas frequências). Estes sons ou ruídos variam permanentemente de duração ao longo de um

dia, semana, mês e ano. A intensidade será notada diferentemente por cada indivíduo; em diferentes locais, em diferentes períodos do dia, nos diferentes momentos particulares.

Não existe uma clara definição que nos faça discernir ruído de som. É subjetivo, é uma questão de sensibilidade e intelecto, formação e educação, informação e escolhas. Uma boa música para um, poderá ser muito ruim para outro e daí então se tornar um ruído. Não existe um padrão estabelecido. Há indicativos para o que seja uma coisa e outra, por exemplo, todo som de elevada potência, mesmo que seja musical, de uma atividade criativa, etc., geralmente poderá ser considerado como ruído (Instituto Obra Prima, 2001). Isto porque ele já começa a interferir no metabolismo humano, proporcionando uma produção excessiva de hormônios, como a adrenalina, que é prejudicial à saúde e outros fatores como irritação, perda do sono e dor de cabeça. A sociedade torna-se progressivamente consumidora de ruídos. Estes, por sua vez, em níveis cada vez mais elevados.

Há uma relação direta da poluição sonora com a qualidade de vida das pessoas que habitam os centros urbanos. Quando os níveis de ruído se elevam, tendem a aparecer problemas de saúde de todo o tipo em partes da população ali existente (JANSEN, 1961 apud ROTT, 1995).

A Organização Mundial da Saúde considera que a um nível L_{eq} de 55 dB(A) – que é o nível de intensidade sonora equivalente, para um determinado período de tempo, em decibéis, ponderado de acordo com a curva “A”, criada para representar a sensibilidade do ouvido humano para as diferentes frequências do espectro sonoro – inicia-se um processo de estresse auditivo (World Health Organization, 1980).

O habitante dos grandes centros urbano tem, permanentemente, seus espaços social e privativo invadidos pelo ruído do tráfego, que mascara os sons cotidianos, dificulta a comunicação oral e destrói a identidade sonora dos ambientes. Para estabelecer um clima de confiança no lugar onde se vive é fundamental a familiaridade com os ruídos locais. A perda dessas referências pode ser um dos fatores do *stress* associado ao ambiente urbano (NIEMEYER & SLAMA, 1998).

“Os problemas sociais, as precárias condições de vida de grande parte da população e o nível desigual de esclarecimento dos brasileiros, fazem com que às questões relacionadas ao ruído sejam jogadas a um segundo plano” (ROTT, 1995).

1.2 JUSTIFICATIVA

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).

O maior percentual de denúncias ambientais dirigidas pelos cidadãos à Prefeitura Municipal de Porto Alegre 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).

A necessidade de maior conhecimento dos níveis de poluição sonora nas cidades e a preocupação com a melhoria da saúde da população, a partir de novas propostas e estudos dentro da área de pesquisa dos ruídos urbanos, são os fatores iniciais para a definição de uma temática de pesquisa no campo da acústica, mais especificamente: a problemática do ruído urbano.

Uma pesquisa de campo é sempre necessária, pois apresenta mais informações sobre o ruído do que as que encontramos nas diversas tabelas contendo níveis máximos e mínimos admissíveis produzidas para diferentes localidades pelos especialistas locais em acústica (BROWN & LAM, 1987).

A acústica não lida apenas com **equipamentos** de registro e reprodução sonora, ou mesmo com a resposta dos recintos aos sons neles produzidos, mas também investiga o comportamento dos **materiais, componentes, elementos** e até **sistemas construtivos**, quando excitados por *vibrações* capazes de serem transferidas para o ar na forma de variações de pressão e chegar aos ouvidos, provocando a sensação auditiva (Associação Brasileira de Construção Industrializada, 1991).

Do ponto de vista físico, ruído é a “mistura de tons cujas frequências diferem entre si por valor inferior à discriminação (em frequência) do ouvido humano” (Associação Brasileira de

Normas Técnicas, 1973). De um modo geral esta denominação é atribuída, subjetivamente, a todo sinal acústico indesejado (NIEMEYER & SLAMA, 1998).

Na cidade de Porto Alegre, a análise da origem da fonte emissora das reclamações de incômodos registradas pela Secretaria do Meio Ambiente – SMAM, no ano de 1997, mostra a predominância, em período noturno, de perturbações provenientes de bares, clubes e associações e, em período diurno, de estabelecimentos prestadores de serviços, conforme ilustra o gráfico abaixo (figura 1). Apesar de as ocorrências sonoras provenientes de tráfego serem bastante intensas, elas não são muito denunciadas. Isso se deve ao fato do ruído de tráfego ser do tipo intermitente (mais facilmente aceitável pela população urbana), não proporcionando, em curto prazo, os incômodos inerentes ao ruído contínuo, tal como o das fontes fixas e interiores (SCHIMITT & ROTT, 1998).

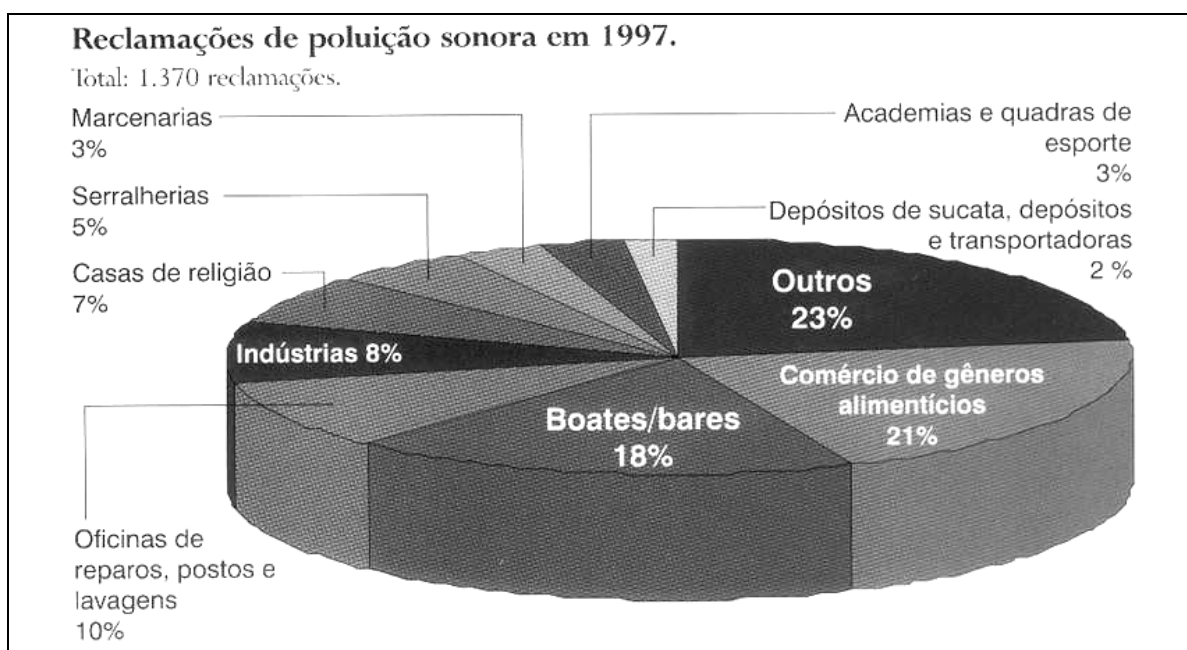


Figura 1: reclamações de poluição sonora em 1997 (Fonte: SCHIMITT & ROTT, 1998)

O presente trabalho pretende aprofundar 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 feito a partir de revisão bibliográfica, comparação com dados de trabalhos anteriores e de um levantamento aprofundado (medições) dos níveis de pressão sonora (L_{eq}), para diversas zonas

da cidade, através do monitoramento contínuo das 24 horas de um dia de semana típico: dia útil entre segunda e quinta-feira (figuras 2 e 3).

Para isso foram utilizados estudos comparativos sobre trabalhos já realizados, levantamento de dados em locais definidos, medições de campo (com auxílio de equipamento adequado), simulações e avaliação dos dados obtidos através do auxílio de softwares computacionais e tratamentos estatísticos.

1.3 OBJETIVOS

De forma a realizar um trabalho verdadeiramente relevante, obtendo um resultado satisfatório dentro da pesquisa, salienta-se a necessidade da definição clara dos objetivos principais e secundários a serem alcançados no decorrer do cronograma de atividades.

1.3.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é:

a) Disponibilização de dados de apoio aos projetistas, possibilitando a elaboração de projetos que levem em conta o “clima de ruídos” dos locais avaliados, suas características (frequências predominantes) e variações no período de 24 horas, decorrentes da proximidade ou não de vias expressas e do fluxo de veículos ali presente.

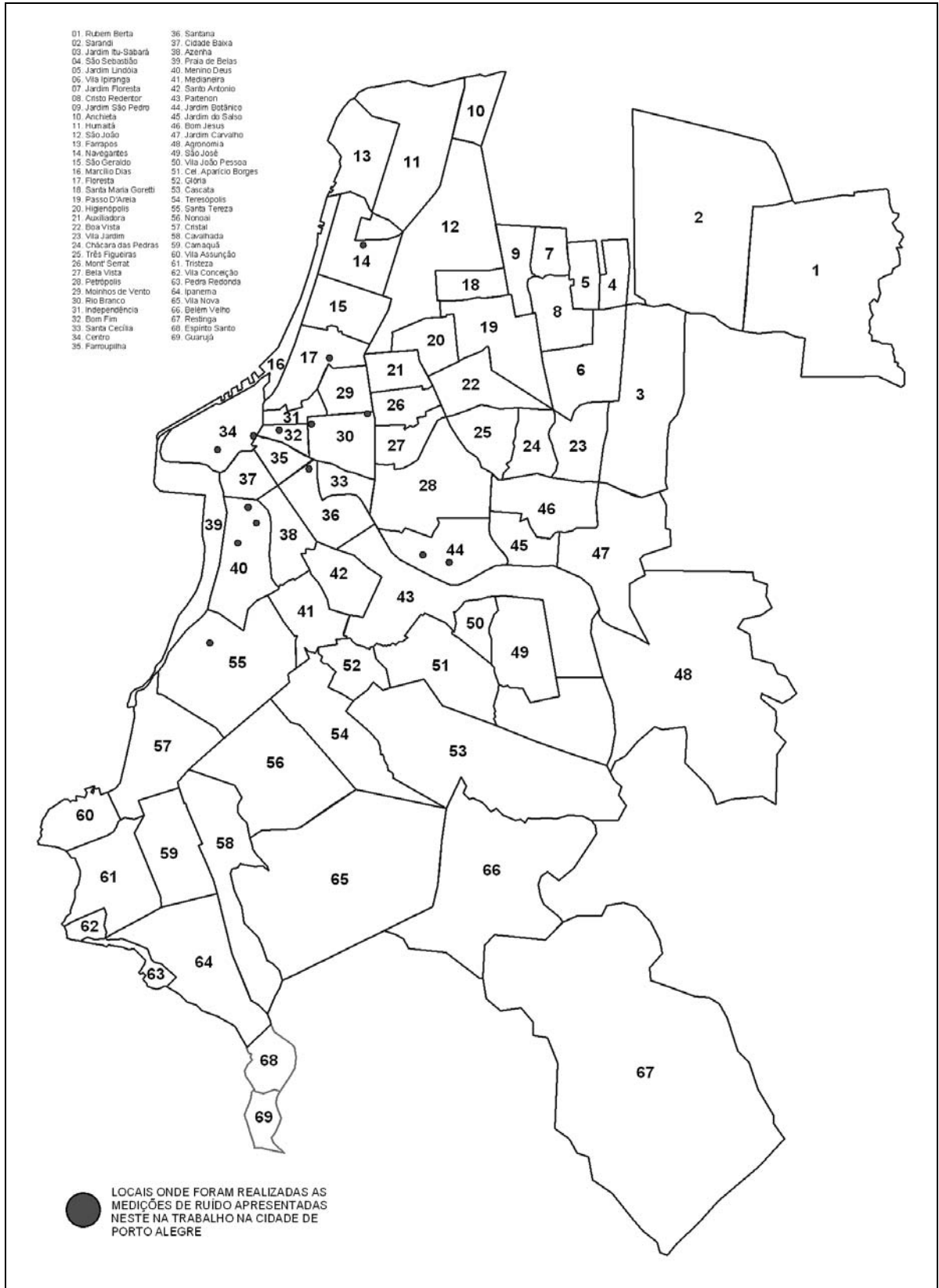


Figura 2: localização da área de estudo, Porto Alegre – RS, divisão dos bairros e pontos selecionados para medições (Fonte: THOFERN & KLETTNER, 1987)

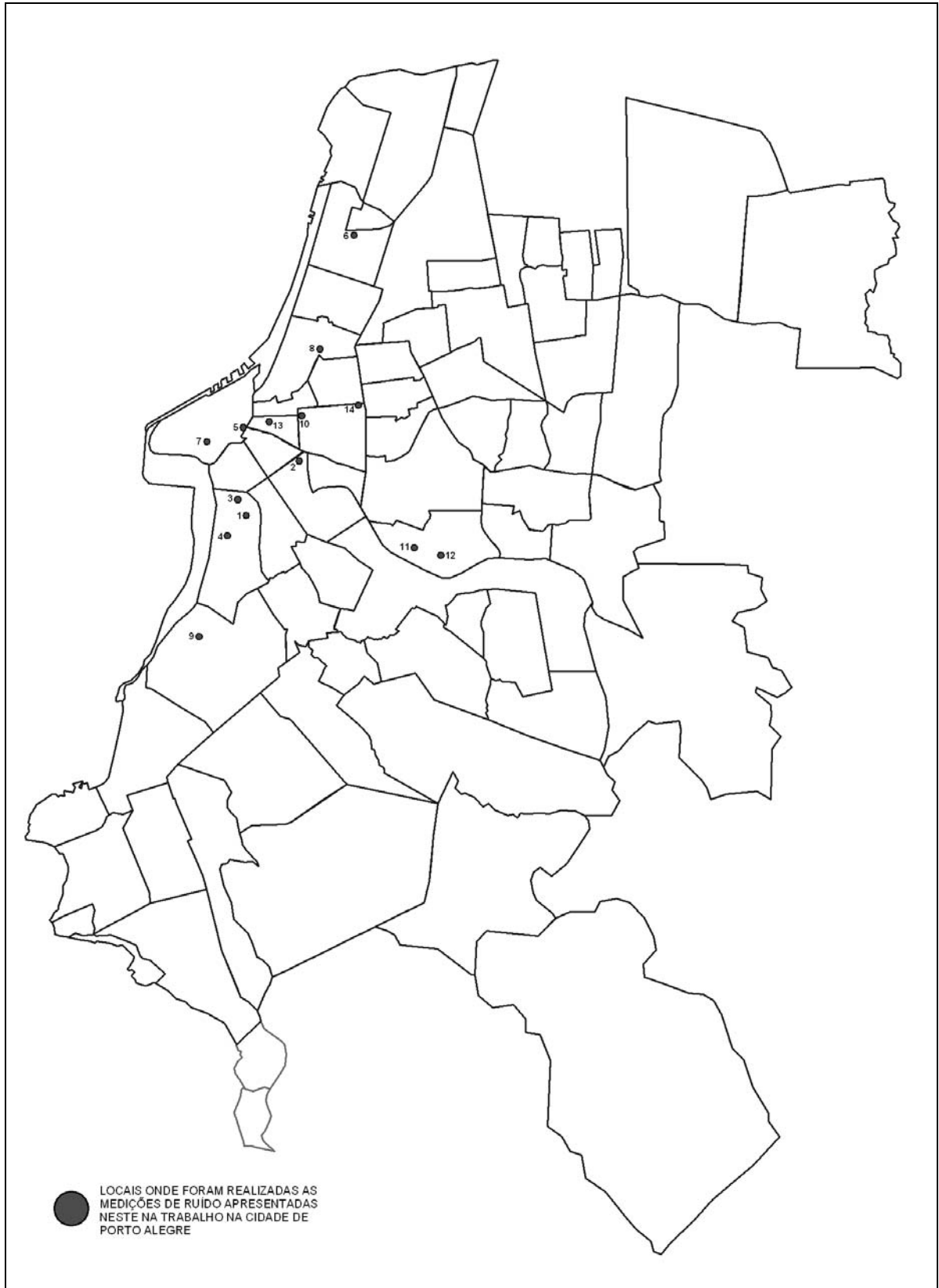


Figura 3: mapa da cidade de Porto Alegre: localização dos pontos selecionados para medição de nível de pressão sonora (Fonte: adaptado de ROTT, 1995)

1.3.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) aprofundamento do trabalho de mapeamento de ruídos dentro da cidade de Porto Alegre, realizado por Rott (1995) através do detalhamento de pontos de medição distribuídos na cidade (dados tomados hora a hora, para todas às 24 horas do dia, dos níveis de ruído locais e caracterização do espectro de freqüências predominante de cada ponto analisado);
- b) verificação da aplicabilidade de diferentes modelos de predição de ruído para a cidade de Porto Alegre;
- c) demonstração da importância de mapeamentos periódicos do “ambiente sonoro urbano”, em longos períodos de tempo, permitindo assim trabalhar com um referencial atualizado de apoio para a implementação de projetos (prevenção do ruído através da correta escolha de materiais e estratégias projetuais) e alterações na malha urbana, sempre levando em conta o problema da poluição sonora; ou da utilização de mapeamentos computadorizados e da aplicação de modelos teóricos devido ao custo elevado de manutenção e disponibilidade de pessoal para a realização de um levantamento de campo.

1.4 HIPÓTESES

Um levantamento criterioso e detalhado propicia um mapeamento eficiente para guiar as questões referentes à locação e gestão de projetos nas áreas urbanizadas da cidade, servindo de apoio legal, se usado em conjunto com as diretrizes projetuais (Plano Diretor, Código de Edificações e Legislação) vigentes na região.

Ocorrem alterações significativas no clima de ruídos da cidade – nas diferentes horas do dia e em locais com características diferenciadas – que justificam levantamentos periódicos.

É possível a utilização de equações consagradas (Martins, 1984; Department of Transport, 1988; García & Faus, 1991; Chew, 1992; Ego et al., 1995; Chakrabarty et al., 1997; Sattler et al., 1998; Marsh, 1998) para a predição de ruído de tráfego em avaliações do ruído ambiente

total incidente nas residências, mesmo que para tal sejam necessários alguns ajustes especiais para as características próprias do local investigado.

1.5 PRESSUPOSTOS

- Dados referenciais do trabalho de âmbito geral elaborado na dissertação de mestrado de João Antônio Rott (1995) – *Mapa simplificado de ruídos para a cidade de Porto Alegre*.
- Resultados do trabalho realizado pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA) e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAM) entre 1980 e 1984 – *estudo acústico para a cidade*, bem como dados atualizados de fluxo de veículos e densidade populacional referentes à área de estudo em questão.
- Metodologia semelhante à utilizada para as medições realizadas em cidades da Espanha por García & Faus (1991) e por Chakrabarty et al. (1997) em Calcutá, direcionada para a aquisição dos dados a partir do “enfoque” dos moradores de edificações selecionadas, em determinados locais de disponibilidade dentro da cidade, com características próprias.
- Equações e métodos para predição de ruído de tráfego propostos por Martins (1984), *Department of Transport HMSO* (1988), García & Faus (1991), Chew (1992), Ego et al. (1995), Chakrabarty et al. (1997), Sattler et al. (1998) e Marsh (1998).

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho apresenta uma divisão geral em 5 capítulos, organizados conforme descrição a seguir:

O **capítulo 1** procura mostrar a importância do desenvolvimento do tema, a caracterização inicial do local de estudo, os objetivos, hipóteses e pressupostos do trabalho.

No **capítulo 2** foi realizada uma revisão de literatura, que tem por objetivo criar uma base teórica para um fácil entendimento do trabalho, procurando identificar, também, estudos já existentes sobre o tema que sirvam de base e referência para a investigação.

No **capítulo 3** é descrita a forma como o trabalho foi conduzido, detalhando os procedimentos necessários para as medições e tratamento dos dados, materiais e equipamentos utilizados.

O **capítulo 4** concentra-se na apresentação e análise dos dados obtidos e os resultados do trabalho.

No **capítulo 5** serão apresentadas as conclusões do trabalho, com observações e contribuições para o tema tratado e sugestões para futuros trabalhos relacionados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SOM E RUÍDO

O **som** se caracteriza por **flutuações de pressão** em um determinado meio. Segundo a NBR 12.179 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992), é toda e qualquer vibração ou onda mecânica, que se propaga, na forma de ondas, num meio dotado de forças internas (por exemplo: elástico, viscoso, etc.), capaz de produzir no homem uma sensação auditiva. A velocidade das ondas sonoras varia conforme a elasticidade e a densidade do meio onde se propagam. No entanto, não são todas as flutuações de pressão que produzem a sensação de audição, quando atingem o ouvido humano. A sensação de som só ocorrerá quando a **amplitude** destas flutuações e a **frequência** com que elas se repetem estiver dentro de determinada faixa de valores (GERGES, 2000). Os sons variam de intensidade, conforme a fonte emissora e o meio onde são propagados, dissipados, refletidos ou absorvidos. A distância percorrida também influencia diretamente nos níveis de pressão sonora que chegam ao receptor

O movimento ondulatório pode ser descrito como:

$$V = f \times \lambda \quad (1)$$

Em que:

V = velocidade (m/s);

f = frequência (Hz)

λ = comprimento da onda (m).

A velocidade de tais ondas sonoras depende das características do meio onde elas se propagam: pressão, umidade e temperatura. Seu valor aproximado é de 344 m/s, no ar, a uma temperatura de 20°C (GARCÍA, 2001).

As ondas sonoras propagadas através dos diferentes meios, dentro da faixa de frequência de 20 Hz a 20.000 Hz (20 kHz), são percebidas pelo aparelho auditivo humano. Mesmo sem desejar ou perceber, estamos sempre ouvindo algum som. Impedir a audição não é tão fácil quanto fechar os olhos para não ver. Normalmente não se pode escolher entre ouvir ou não um determinado som. Até uma determinada intensidade e tempo de exposição, os sons não causam efeitos negativos nas pessoas (SCHIMITT & ROTT, 1998).

Em sua obra, *A Divina Comédia*, Dante Alighieri considerou o ruído como sendo uma invenção do demônio, imaginando que alguns dos habitantes do inferno seriam submetidos a ruídos inimagináveis, como uma forma de punição por seus pecados terrenos. Utilizando uma abordagem mais “realista”, alguns imperadores da dinastia *Liao* torturavam prisioneiros de guerra colocando-os sobre imensos sinos de bronze, que tocados continuamente acabavam matando-os. Por outra perspectiva, o *Oxford English Dictionary* inclui muitas referências, sobre ruídos, como sendo sons indesejados, datando de antes da idade média (GARCÍA, 2001).

Ruído é basicamente um som não desejado, que causa efeitos negativos sobre os ouvintes. Uma mistura de **tons** que não são facilmente discriminados pelo ouvido humano pode ser chamada de ruído ou barulho. Também os sons musicais podem tornar-se prejudiciais se emitidos em níveis elevados de pressão sonora, como ocorre em discotecas e casas de espetáculo. O ruído pode ser **instantâneo** ou **impulsivo**, como o causado por um tiro de canhão. Também pode ser prolongado, **intermitente** ou **contínuo** como o de um motor. Mesmo os sons considerados normais, que não apresentam desarmonia ou intensidade elevada, podem constituir-se em ruído, como o som da televisão ou a conversa animada de alguns vizinhos. A ação perturbadora de um som depende:

- a) da sua **intensidade e duração**;
- b) da **capacidade auditiva** das pessoas expostas ao som;
- c) da **fonte** causadora, que pode ser atrativa ou não – do ponto de vista da percepção;
- d) da **qualidade sonora**, se grave ou agudo;
- e) da **mensagem**, pelo tipo de informação que apresenta;

- f) da **melodia**, se evoca ou não emoções e recordações (SCHIMITT & ROTT, 1998).

O **ruído** pode ter um efeito significativo no ambiente e na qualidade de vida desejada pelos indivíduos e pela comunidade. Há então a necessidade de definir como implementar um sistema de planejamento que minimize os impactos do ruído sem restringir o desenvolvimento do processo e sem elevar os custos (PPG 24: Planning and Noise, 1994).

É fato que todos os novos empreendimentos podem produzir ruído, tanto em sua fase de implantação como na fase operacional, ou mesmo durante ambas. O ruído presente no decorrer de uma construção, por exemplo, pode ser causado por atividades tais como: terraplenagem, bate-estacas e transporte de materiais para o local da obra. Durante a fase operacional os níveis de ruído podem decrescer para alguns tipos de empreendimentos, tais como a implantação de um parque industrial ou de uma nova cidade, mas em muitos casos permanecem elevados, como no caso da implementação de trabalhos de extração mineral, novas rodovias ou processos industriais (THERIVEL & MORRIS, 1995). A demolição é outro fator gerador de ruído. Como resultado, os relatórios de impacto ambientais, para a maioria dos empreendimentos, sempre consideram o ruído.

O ruído é a maior e mais crescente forma de poluição. Pode interferir na comunicação, aumentar os níveis de stress e reclamações, causar raiva e invasão de privacidade, distúrbios do sono, levar à perda de concentração, irritabilidade e redução da eficiência. Isto pode contribuir ou agravar problemas de saúde relacionados com o stress, tais como aumento da pressão sangüínea. Estudos concluíram que o ruído pode também afetar os animais e que a exposição a níveis de pressão sonora constantes de cerca de 100 dB podem ter influência no surgimento de alguns tipos de câncer.

A exposição prolongada a altos níveis de ruído pode causar a surdez ou a perda parcial da audição. O ruído pode também afetar os valores de compra e venda das propriedades rurais e urbanas e a “atmosfera” de toda uma comunidade. Em 1990, os escritórios locais de saúde e meio ambiente, no Reino Unido, receberam quase três reclamações sobre ruído para cada grupo de cem pessoas. Mais do que o dobro do número referente à década anterior mesmo que isso signifique apenas uma modificação no padrão de percepção dos indivíduos envolvidos. No início da década de 1990, cerca da metade das edificações na Inglaterra e Wales foram

expostas a níveis diários de ruído mais elevados do que os desejados na prevenção efetiva de insatisfação da comunidade (THERIVEL & MORRIS, 1995).

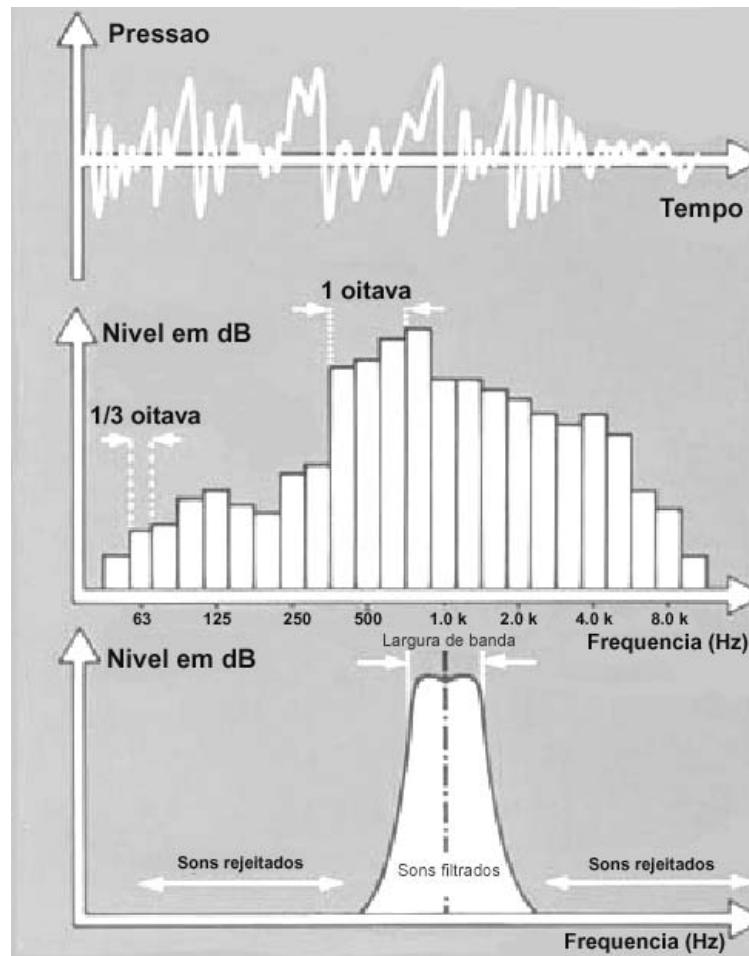


Figura 4: divisão do espectro sonoro em bandas de oitava (Fonte: adaptado de BRÜEL & KJÆR, 1984)

Ruído, como dito anteriormente, é basicamente definido como um som indesejado. **Som**, por sua vez, consiste em variações de pressão detectáveis pelo ouvido humano. Estas variações de pressão, no caso de um tom puro, possuem duas características: **freqüência** e **amplitude**. A **freqüência sonora** se refere à “rapidez” com que as moléculas contidas em um determinado meio (ar, água, metais, etc.) vibram, ou quão perto se encontra uma onda sonora em relação à outra (em ciclos por segundo ou Hertz (Hz)). Por exemplo: o som de um transformador possui um comprimento de onda de cerca de 3,5 m e ressona a uma freqüência de 120 Hz; uma onda portadora do sinal de uma emissora de televisão emite ondas de cerca de 0,03 m e freqüências de 10.000 Hz ou 10 kHz. O **conteúdo freqüencial** é subjetivamente sentido como o **timbre** do som. De forma mais ampla a freqüência mais baixa ouvida pelo ouvido humano é 20 Hz e

a mais elevada é 20.000 Hz. Para facilitar a análise, o **espectro** de frequências audíveis é quase sempre dividido em **bandas de oitava** padrão (figura 4) de 32, 63, 125, 250, 500, 1 k, 2 k, 4 k, e 8 kHz.

A **amplitude sonora** se refere à pressão exercida pelo ar, que é quase sempre expressa como a **altura** (gráfica) ou o **volume** das ondas sonoras e descrita em unidades de força por unidade de área, em N/m^2 ou micropascals (μPa). Quase sempre a amplitude é convertida para potência sonora, em picowatts (10^{-12} watts), ou intensidade sonora (em 10^{-12} watts/m^2). A **intensidade sonora** é subjetivamente sentida como o **volume** do som. Entretanto, nenhuma destas medidas é viável de se representar diretamente devido a enorme extensão que abrangem (ver tabela 1). Como resultado, é utilizada uma escala logarítmica de **decibels** (dB) – que apresenta uma correlação com a audibilidade humana muito melhor do que a escala absoluta (N/ m^2). O nível sonoro em decibels é dado por:

$$L_p = 10 \log_{10} (P / P_0)^2 \quad \text{dB}, \quad (2)$$

Onde P é a amplitude das flutuações de pressão e P_0 é 20 μPa , que é considerado como o limiar da audição a 1.000 Hz de frequência. O nível sonoro pode também ser descrito como:

$$L_I = 10 \log_{10} (I / I_0) \quad \text{dB}, \quad (3)$$

Onde I é a intensidade do som e I_0 é 10^{-12} watts/m^2 , ou por:

$$L_w = 10 \log_{10} (W / W_0) \quad \text{dB}, \quad (4)$$

Onde W é a potência sonora e w é 10^{-12} watts.

O padrão usado (amplitude, intensidade ou potência) deve ser explicitamente descrito em qualquer relatório de avaliação sonora. O intervalo do som audível é geralmente compreendido pela faixa que vai de 0 dB (limiar da audição) até 140 dB (limiar da dor), a 1.000 Hz de frequência de referência, como mostrado na tabela 1.

Tabela 1: pressão sonora, intensidade e nível sonoro

Pressão sonora (μPa)	Potência sonora (10^{-12} watt) ou Nível de intensidade sonora (10^{-12} watt/m ²)	Nível sonoro (dB)	Exemplo
200.000.000	100.000.000.000.000	140	Limiar da dor
	10.000.000.000.000	130	Rebite em uma chapa metálica
20.000.000	1.000.000.000.000	120	Martelo pneumático
	100.000.000.000	110	Buzina de carro a 1m
2.000.000	10.000.000.000	100	Alarme de relógio a 1m
	1.000.000.000	90	Interior de um metrô
200.000	100.000.000	80	Interior de um ônibus
	10.000.000	70	Ruído de tráfego em cruzamentos
20.000	1.000.000	60	Conversa normal
	100.000	50	Interior de um escritório
2.000	10.000	40	Sala de estar normal
	1.000	30	Quarto de dormir à noite
200	100	20	Estúdio de gravação
	10	10	Respiração normal
20	1	0	Limiar da audição

(Fonte: adaptado de THERIVEL & MORRIS, 1995)

Devido à natureza **logarítmica** da escala decibel, uma duplicação da força ou intensidade de um som, provoca um aumento de 3dB, não a duplicação do valor em decibel. Por exemplo, dois caminhões similares soam tão alto quanto um dos caminhões mais 3 dB. Multiplicando a força sonora por 10 (exemplo: 10 caminhões) leva a um incremento de 10 dB. A figura 5 mostra como calcular o aumento em dB se duas fontes de ruído forem adicionadas. Um aumento de 3 dB é pouco percebido pelo ouvido humano; um aumento de 10 dB é amplamente percebido como uma duplicação de **volume**.

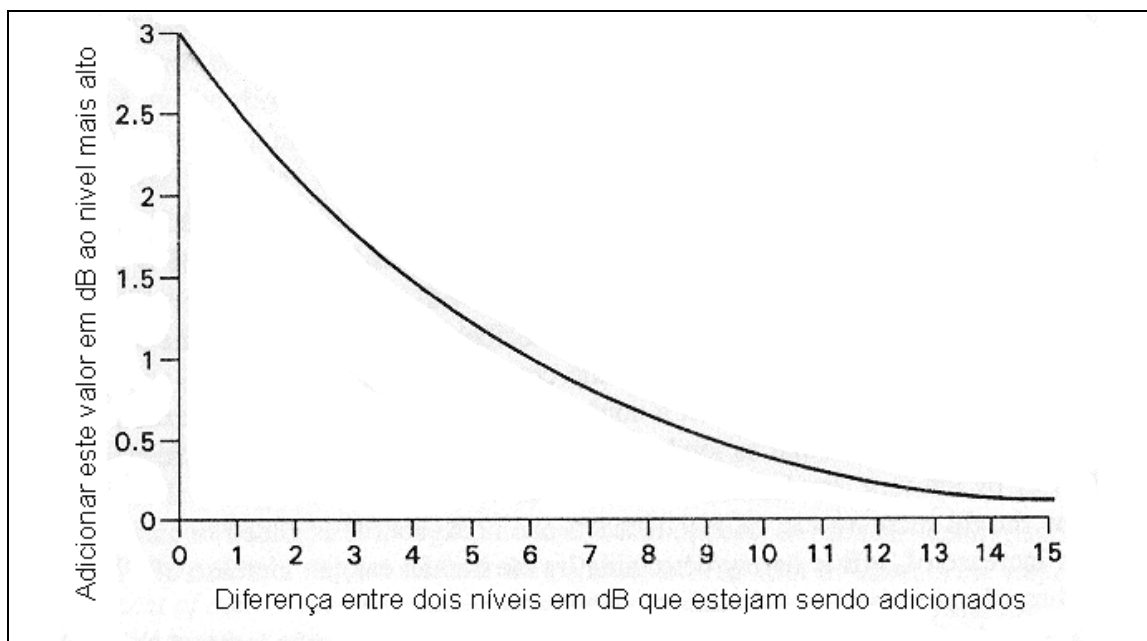


Figura 5: adicionando duas fontes sonoras (Fonte: adaptado de THERIVEL & MORRIS, 1995)

O nível físico do ruído não corresponde claramente ao fator de “incômodo” que ele proporciona, ainda que este incômodo seja o fato mais importante considerado nos relatórios de impacto sonoro. Por esta razão é importante distinguir os níveis de ruído objetivos (físicos), dos volumes subjetivos (percebidos). O ouvido humano é mais sensível a algumas frequências em detrimento de outras (GERGES, 2000): ele é mais sensível para as oitavas relativas a 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz e muito menos sensível para as frequências baixas ou altas audíveis.

Testes sobre a percepção humana ao ruído têm mostrado que um som de 70dB a 4kHz é sentido como cerca de 75 dB, e a 63 Hz soa como 45 dB.

Os especialistas de acústica têm proposto uma série de unidades e formas de cálculo para correção dos valores da leitura física, na tentativa de representar de uma forma objetiva os resultados decorrentes de uma sensação. Uma dessas formas baseia-se na possibilidade de inserir filtros ou circuitos corretores no interior do aparelho de medição sonora (decibelímetro), de modo a obter valores únicos para ruídos complexos, ao invés de uma série de valores dependentes das frequências analisadas (DE MARCO, 1982).

Como as análises sonoras, incluindo aquelas presentes nos relatórios sobre ruído, dizem respeito à sensação do volume de som pelas pessoas, ao invés da magnitude física real do

som, um sistema chamado de curva balanceada “A”, ou escala “A”, é usado para produzir um índice capaz de avaliar as variações na sensibilidade do ouvido humano (THERIVEL & MORRIS, 1995).

A maioria dos instrumentos de medição sonora incorpora tais circuitos, que fazem este balanceamento de forma automática, e todos os relatórios e estudos devem ser apresentados em valores balanceados para a escala “A”, em dB (usualmente dB(A)). Existem outras escalas (B, C e D), porém são muito raramente usadas por não apresentarem uma boa correlação em testes subjetivos (figura 6). A curva de compensação “D” foi padronizada para uso nas medições de ruído em aeroportos (GERGES, 2000). É importante observar que aqui, neste caso, os efeitos de mascaramento não são levados em conta.

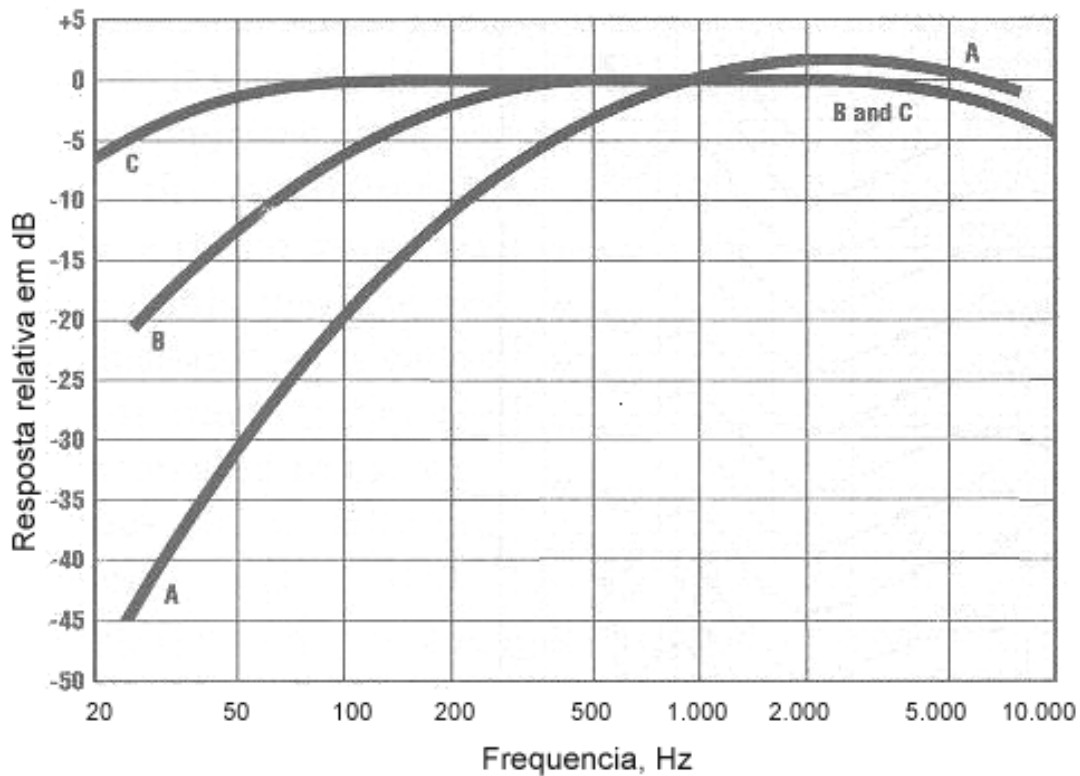


Figura 6: curvas balanceadas dB(A), dB(B) e dB(C) e suas características para as diferentes frequências (Fonte: LELAND & RICHARDS, 1998)

Essa sensação também varia com a intensidade do som ouvido. Daí a necessidade de um sistema que possa representá-la de uma forma mais específica: os *contornos padrão de audibilidade para tons puros*, ou curvas isofônicas de *Fletcher-Munson* (figura 6a).

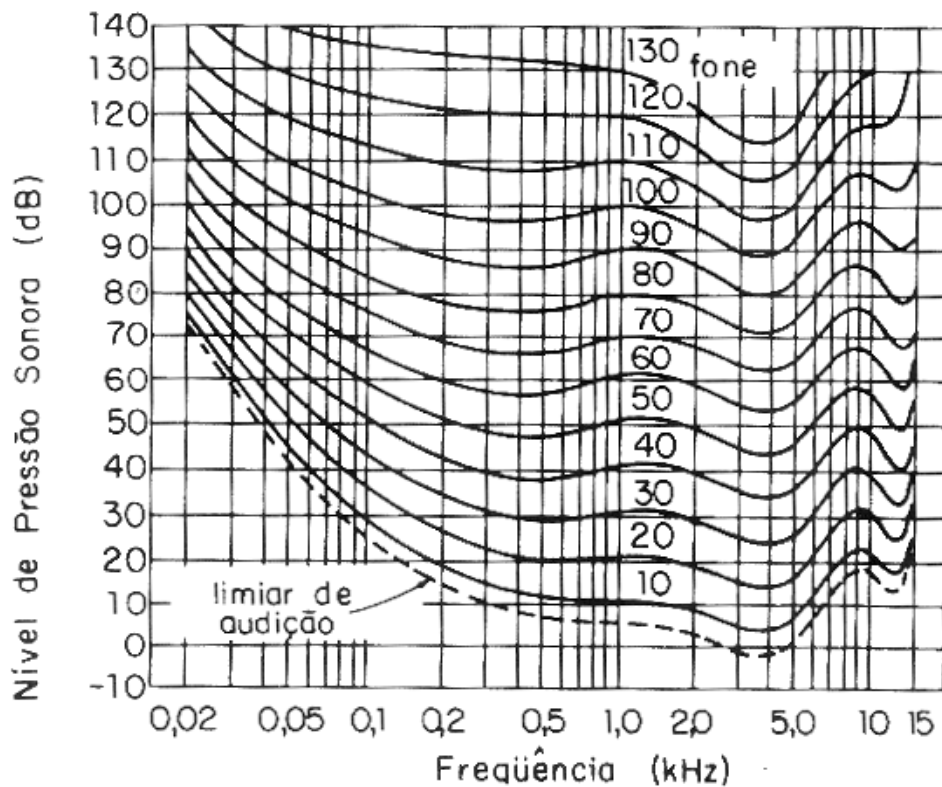


Figura 6a: contornos padrão de audibilidade para tons puros
(Fonte: GERGES, 2000)

Os níveis de ruído raramente são estáveis: eles sobem e descem, conforme o tipo de atividade que se desenvolve no local. Níveis de ruído podem ser descritos de diversas formas. Uma delas é através da distribuição estatística no tempo L_X (GERGES, 2000).

O nível L_{10} , que é o valor em dB(A) que é excedido em 10% do tempo; indica os sons mais ruidosos e é geralmente aplicado em verificações de níveis de **ruído de tráfego**. Outro nível utilizado é o L_{90} , que é o nível excedido em 90% do tempo; ele indica os níveis de ruído nos períodos mais silenciosos, ou o **ruído de fundo** durante uma medição. O L_1 , ruído excedido em 1% do tempo, é o indicador dos níveis mais altos ouvidos durante o período da medição; o $L_{máx.}$ pode também ser usado para este fim de forma alternativa (THERIVEL & MORRIS, 1995). Finalmente, define-se L_{eq} como sendo o nível de pressão sonora equivalente a energia sonora emitida em um dado intervalo de tempo, durante os processos de medição sonora (CREMONESI, 1985). A figura 7 mostra um exemplo destes níveis apresentados. A maioria das normas relacionada ao ruído especifica a quantidade de tempo a ser usada nos diferentes tipos e aplicações das medições de nível de pressão sonora ou ruído (THERIVEL & MORRIS, 1995).

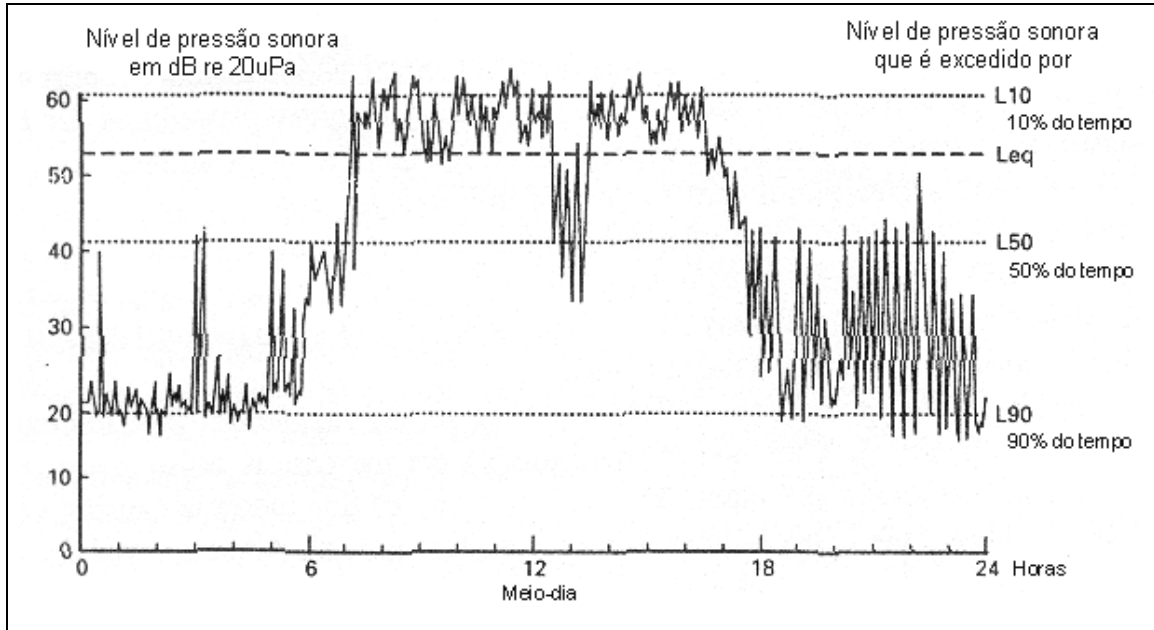


Figura 7: níveis sonoros excedidos por um determinado percentual relativo ao período de aquisição de dados (Fonte: adaptado de THERIVEL & MORRIS, 1995)

O nível de ruído, gerado por uma determinada atividade (ou fonte), ouvido pelo receptor é influenciado por uma gama de fatores, que podem ser divididos em três categorias:

- a) aqueles relacionados à própria **fonte sonora** (ex.: perfuratriz, caminhão de lixo);
- b) as situações encontradas no **caminho entre a fonte e o receptor** (som direto, som refletido vibrações transmitidas pelo solo);
- c) o próprio **receptor**.

Na fonte emissora, o nível sonoro é o principal determinante. A frequência do som é importante, tanto porque os seres humanos têm sensações diferentes para diferentes frequências, como porque as altas frequências são mais facilmente atenuadas através da distância do que as baixas. Os níveis de ruído tendem a ser mais fracos nas primeiras horas do dia e mais elevados na metade do dia, mais baixos nos fins de semana do que durante. O mesmo ruído será ouvido mais claramente quando o **ruído de fundo** estiver “baixo”, do que

quando o mesmo estiver “alto”. A duração do som e o fato de ele ser **intermitente** ou **contínuo** também influenciarão no impacto por ele proporcionado.

O **padrão direcional** da fonte tem grande importância. Onde a fonte sonora encontra-se livre para irradiar som em todas as direções (ex.: avião), a energia sonora recebida em qualquer ponto é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte. Conforme Therivel & Morris (1995), se a distância da fonte dobrar, a energia é reduzida a um quarto de seu valor inicial. Isto significa uma redução de 6 dB para cada duplicação de distância (com a metade de energia produzida o som é reduzido em 3 dB, com um quarto da energia ele é reduzido em 6 dB).

Muito frequentemente, as fontes sonoras estão localizadas em um plano reflexivo, tal qual o próprio solo (ex.: o som proveniente de um automóvel) ou uma parede (ex.: um alarme residencial), então duas vezes mais potência é irradiada em uma determinada direção: 3 dB são adicionados ao nível sonoro original, antes de subtrairmos os 6 dB, para cada duplicação de distância. Similarmente, quando uma fonte sonora localiza-se no solo e próxima a uma parede, quatro vezes mais potência é irradiada; 6 dB são adicionados. Variações durante as estações do ano também podem afetar o ruído na fonte.

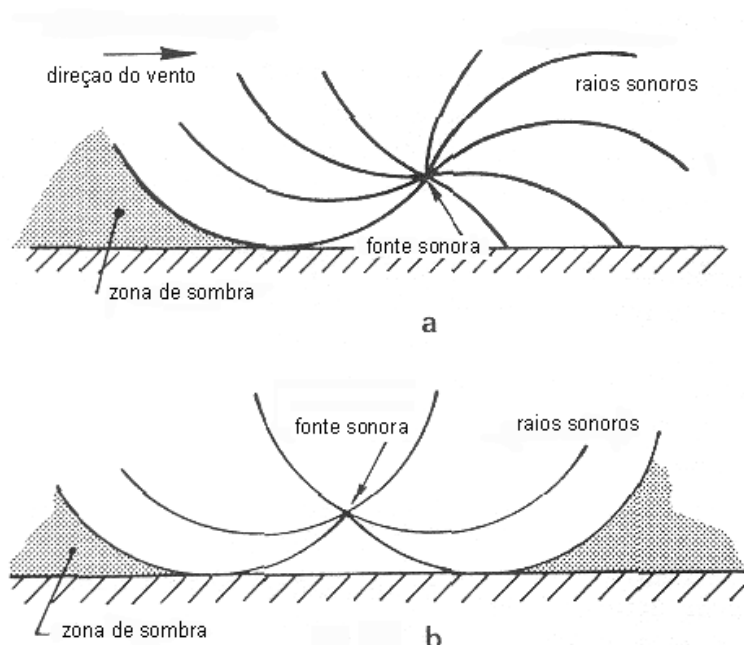


Figura 7a: curvatura dos raios sonoros pelos gradientes de vento (a) e temperatura (b) (Fonte: adaptado de JOSSE, 1975)

No caminho entre a **fonte sonora** e o **receptor** o determinante principal é a distância, como explicado anteriormente, e barreiras, que reduzem o som por reflexão e absorção. Outros determinantes incluem direção e intensidade do vento (figura 7a), topografia, umidade relativa, temperatura. Um ruído impulsionado pelo vento, em direção ao receptor, pode chegar a ser até 20 dB mais intenso do que aquele onde o outro o afasta do receptor. A atenuação sonora proporcionada pelo solo pode ocorrer através de longas distâncias se superfícies macias, como a grama, puderem servir como elementos de absorção. Por outro lado, superfícies duras refletem o som: esta reflexão pode tanto interferir com as ondas sonoras diretas, reduzindo-as, ou harmonizar-se com elas, atenuando-as. A absorção atmosférica atenua a intensidade sonora com o aumento da distância, em função da frequência do emissor (altas frequências são mais reduzidas através da distância do que baixas), da temperatura, da umidade e da pressão atmosférica. O gradiente de temperatura afeta a propagação do som, pois a velocidade do som aumenta com o aumento da temperatura (o som se propaga mais longe. Ex.: pela manhã, em um teatro a céu aberto, o som atinge maiores distâncias), que por sua vez varia com a altitude; onde a temperatura diminui com a altitude (ex.: durante o dia), o som se afasta de forma curvada em relação ao solo, então o ruído ao nível do solo se torna mais elevado (figura 8).

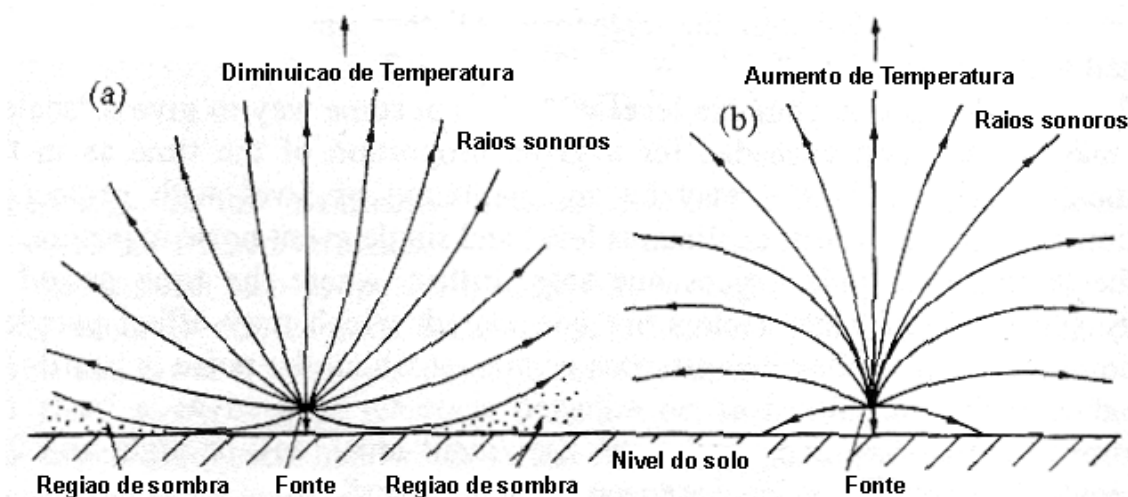


Figura 8: curvatura dos raios sonoros devido ao gradiente de temperatura (Fonte: adaptado de GARCÍA, 2001)

Finalmente, características dos receptores podem também afetar o impacto sonoro. Alguns receptores como escolas e hospitais, são mais sensíveis do que outros e tal sensibilidade pode sofrer variações no decorrer do dia. Diferentes níveis de ruído são então, aceitáveis para diferentes tipos de receptores (THERIVEL & MORRIS, 1995).

2.1.1 Classificação dos ruídos

A maior razão para falhas nas informações geradas a partir dos levantamentos e trabalhos que se referem a ruído, é que a natureza do campo acústico de uma área urbana não é algo totalmente compreendido, e isto acaba resultando em uma coleção de dados específicos do local, que não são aplicáveis a outras situações. Qualquer trabalho específico nesta área deve levar em conta **características e objetivos locais**. O **campo acústico urbano** é sempre o produto da **sobreposição de padrões de ruído** resultantes de diferentes fontes encontradas em zonas urbanas (BROWN & LAM, 1987).

Os dados referentes aos tipos de ruído levantados em trabalhos sobre diferentes centros urbanos podem classificar-se em (figura 9):

- a) **ruído contínuo:** com variações de nível desprezíveis durante o período de observação;
- b) **ruído intermitente:** cujo nível cai ao valor de fundo várias vezes durante o período de observação, sendo o tempo em que permanece em valor constante, acima do valor de fundo, da ordem de segundos ou mais;
- c) **ruído de impacto ou impulsivo:** quando apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, por intervalos superiores a um segundo.

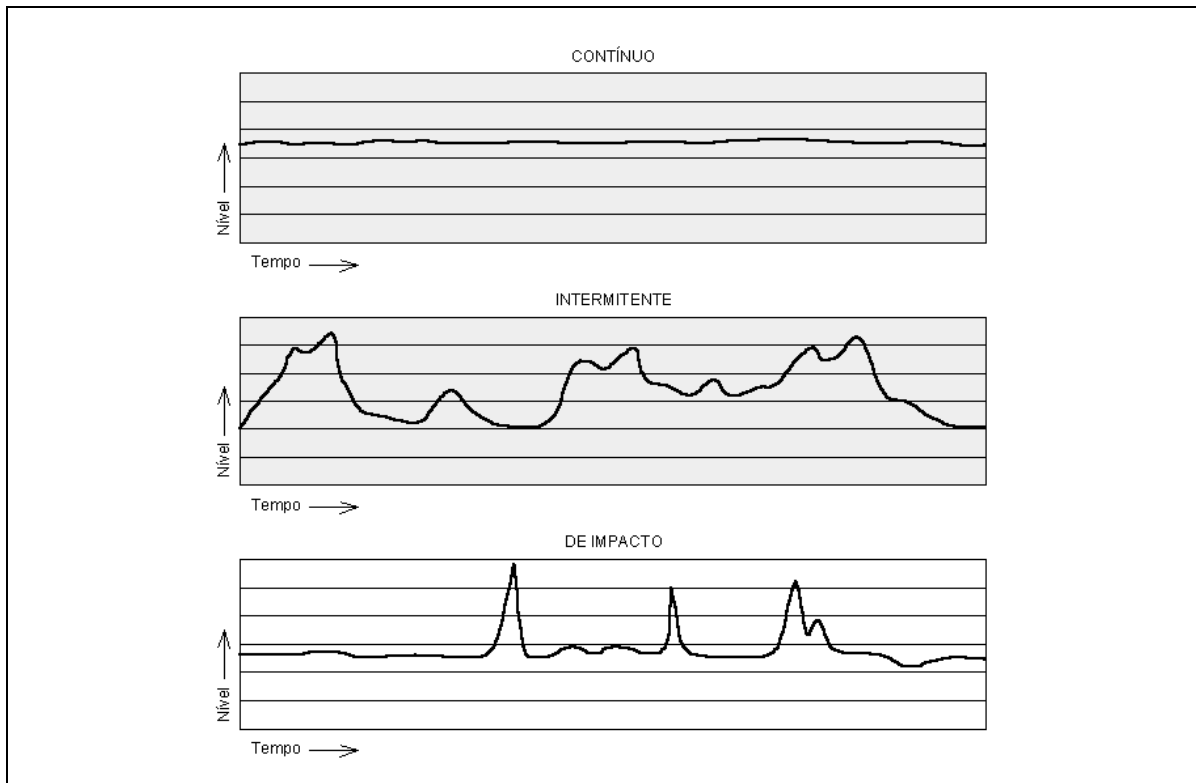


Figura 9: representação gráfica para ruído contínuo, intermitente e de impacto (Fonte: adaptado de LELAND & RICHARDS, 1998)

2.1.2 Identificação das fontes de ruído na edificação e no ambiente

As diferentes fontes geradoras de ruído no interior e exterior de edificações, que passam a se propagar de forma livre e constituir a base diversificada de ruídos presentes no ambiente urbano, identificam-se como ruídos provenientes de (Instituto Obra Prima, 2001):

a) serviços de engenharia mecânica:

- sistemas de ar condicionado e ventilação; sistemas de aquecimento; sistemas de drenagens e suprimento hidráulico.

b) serviços elétricos:

- iluminação fluorescente com reatores convencionais; iluminação acoplada à ventiladores de teto; iluminação proporcionada por geradores à óleo; transformadores.

c) serviços de circulação/deslocamento:

- elevadores; escadas rolantes; escadas mecânicas / ambientes duplex.

d) serviços de comunicação:

- telefones convencionais; telefones celulares; bip's; alarmes em geral.

e) pessoas:

- ruído de impacto de caminhada; abrir e fechar portas; movimento de cadeiras e deslocamento de móveis; serviços domésticos – ex. perfuração; aparelhos de reprodução sonora e vídeo; discussões.

f) fontes externas:

- ruído de tráfego; ruído aéreo; ruído ferroviário; máquinas de manutenção pública; fenômenos naturais.

2.1.3 Níveis máximos permitidos

As denominações de limites máximos sugeridos estão divididas por diferentes locais e períodos, diurnos e noturnos, de acordo com as áreas por ocupação. Sugestões internacionais destes valores padrões (figura 10) são recomendadas pela VDI-Recommendation 2058 – Alemanha (VDI, 1988):

Tipo de localização	Nível máx. dia / nível máx. noite
Somente instalações industriais	70 / 70 dB(A)
Bairros/Vizinhança de áreas predominantemente industrial	65 / 50 dB(A)
Bairros onde não há instalações industriais nem predominância de acomodação residencial	60 / 45 dB(A)
Bairros com predominância de acomodação residencial	55 / 40 dB(A)
Bairros exclusivamente residenciais	50 / 35 dB(A)
Locais com instalações/clínicas para recuperação da saúde e edificações hospitalares	45 / 35 dB(A)

Figura 10: níveis máximos de ruído para diferentes regiões urbanas
(Fonte: VDI, 1988)

A norma brasileira NBR-10.151 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000) também estabelece padrões de controle dos níveis sonoros nas áreas urbanas, através da verificação do nível máximo de ruído permitido para os períodos diurno e noturno nas diferentes áreas das cidades. Tal nível é chamado de nível critério de avaliação (NCA):

Tabela 2: nível critério de avaliação NCA, para ambientes externos em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	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

(Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000)

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987), seguindo orientação da Organização Mundial da Saúde (World Health Organization, 1980), também estabelece critérios e curvas para avaliação de ruído, que visam ao conforto em vários tipos de **ambientes**. Ela recomenda um nível de 40 dB(A), para o descanso e o sono, com variação entre 35 e 45 dB(A), conforme a figura 11 (SCHIMITT & ROTT, 1998).

Locais	dB(A)	Locais	dB(A)
HOTÉIS: apartamentos	35-45	AUDITÓRIOS: salas de concerto	30-40
Restaurantes, salas de estar	40-50	Teatros, salas de conferência	35-45
Portaria, recepção, circulação	45-55	Salas de cinema e de uso múltiplo	35-45
SERVIÇOS	45-55	RESTAURANTES	40-50
ESCOLAS: bibliotecas, salas de música	35-45	ESCRITÓRIOS: salas de reunião	30-40
Salas de desenho, salas de aula	40-50	Salas de gerência	35-45
Laboratórios, circulação	45-55	Salas de computadores	45-65
		Salas de mecanografia	50-60
HOSPITAIS: apartamentos	35-45	LOCAIS PARA ESPORTES:	
Áreas para uso público	40-50	pavilhões para espetáculos	45-60
RESIDÊNCIAS: dormitórios	35-45	IGREJAS E TEMPLOS	40-50
Salas de estar	40-50		

Figura 11: níveis de ruído nos espaços internos, conforme a norma brasileira NBR-10.152 (Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987)

Um projeto de conservação auditiva tem como objetivo prevenir danos no sistema auditivo, pela manutenção de níveis sonoros toleráveis no ambiente de trabalho. Estudos médicos mostraram que, acima de 80 dB(A), a saúde é afetada profundamente. Os efeitos são cumulativos e variam com o tempo que as pessoas ficam expostas ao ruído. Para um nível de 120 dB(A), equivalente ao ruído produzido ao lado de um martelo pneumático, ocorre dor e, até mesmo, a possibilidade de surdez irreversível, conforme o tempo de exposição. A

legislação de segurança do trabalho (figura 12), apresenta limites de tolerância para exposição diária a ruído contínuo e intermitente (Consolidação das Leis Trabalhistas, 1978).

Nível de pressão sonora em dB(A)	Máxima exposição diária permissível	Nível de pressão sonora em dB(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8h	98	1h15min
86	7h	100	1h
87	6h	102	45 min
88	5h	104	35 min
89	4h30min	105	30 min
90	4h	106	25 min
91	3h30min	108	20 min
92	3h	110	15 min
93	2h40min	112	10 min
94	2h15min	114	08 min
95	2h	115	07 min
96	1h45min		

Figura 12: níveis de pressão sonora x tempo de exposição (Fonte: Consolidação das Leis Trabalhistas, 1978)

Nosso ouvido cobre uma surpreendente e ampla variedade de pressões sonoras – em uma relação de mais de um milhão para um (figura 14). A escala logarítmica em dB – como já apresentada nos exemplos anteriores – faz com que esses números possam ser mais facilmente manipulados (BRÜEL & KJÆR, 2001).

2.2 RUÍDO E SAÚDE – POLUIÇÃO SONORA

A deterioração do ambiente é um dos mais sérios problemas que a humanidade enfrenta nos dias atuais. O desenvolvimento descontrolado das atividades humanas tem resultado na poluição do ar e da água, no efeito estufa, na devastação de áreas florestais, na “desertização” de solos e acúmulo de grandes quantidades de resíduos sólidos. Neste contexto, as sociedades modernas estão também experimentando um grande acréscimo nos níveis de poluição acústica. García (2001) esclarece que o ruído ambiental (figura 13) é atualmente uma das maiores fontes de incômodo em todos os países desenvolvidos.

Ao contrário de outras fontes de poluição (da atmosfera, da água), a poluição sonora é difícil de ser medida, uma vez que ela não deixa resíduos e é altamente variável no tempo.

A medição do ruído em uma comunidade requer a descrição de todo o ruído existente, ao ar livre, naquela zona. Sua análise física perfeita incluiria a descrição completa das amplitudes e dos espectros de frequência que ele assume (CREMONESI, 1985).



Figura 13: diferentes fontes de ruído (Fonte: BRÜEL & KJÆR, 1984)

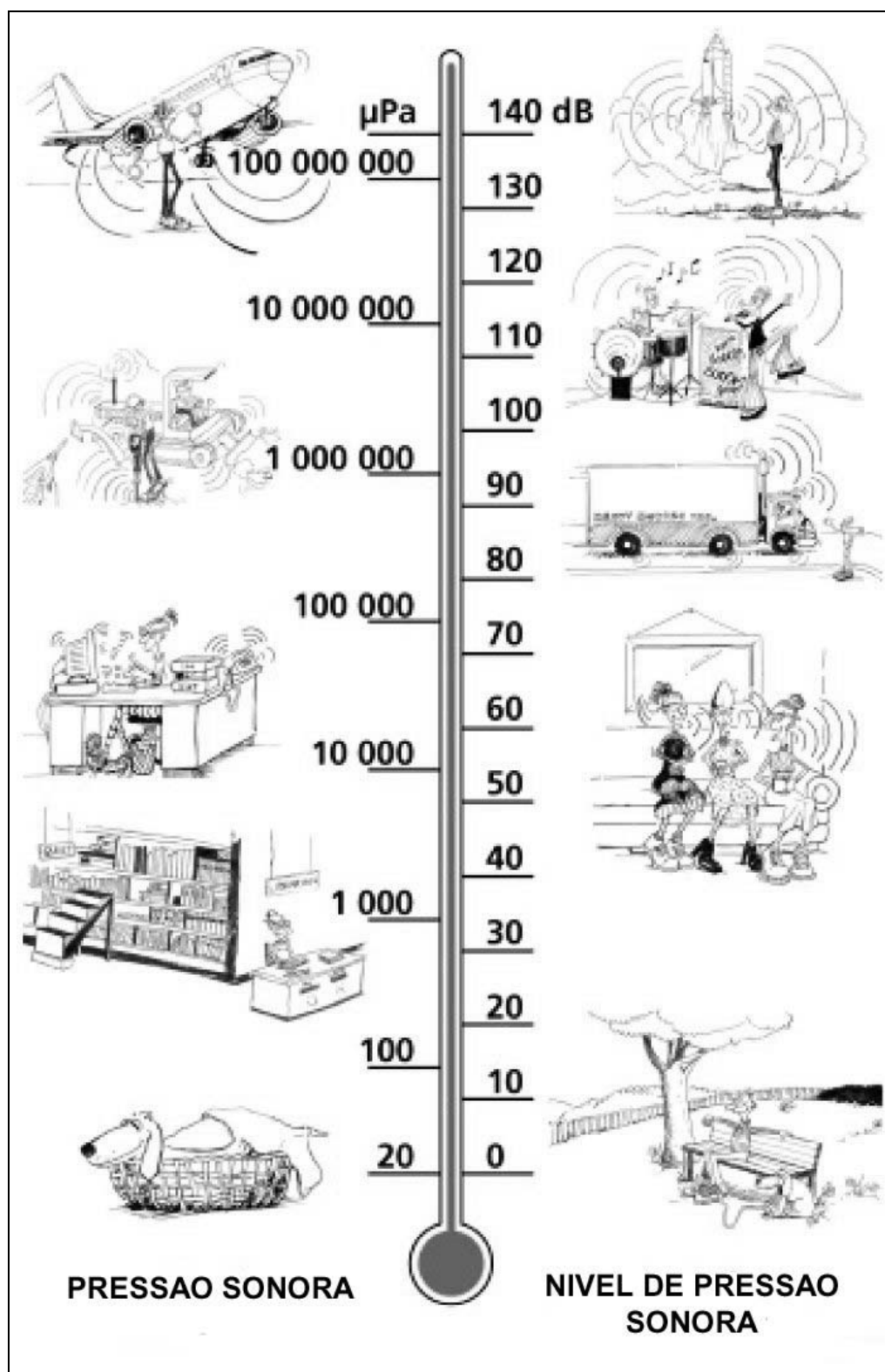


Figura 14: escala comparativa de níveis de pressão sonora (Fonte: BRÜEL & KJÆR, 2001)

O ruído preenche tudo e afeta a todos. As pessoas estão constantemente expostas a graus elevados de ruído em suas atividades cotidianas. Por exemplo, quando exercem trabalho em uma indústria, loja ou escritório (ruído ocupacional); usando qualquer sistema de transporte (carros particulares, ônibus, trens ou aviões); descansando em casa (ruído provocado por uma infinidade de fontes internas e externas); ou apenas exercendo atividades de lazer (bares, discotecas, ginásios de esportes). Para qualquer pessoa que viva em uma sociedade industrializada, a poluição sonora é um elemento absolutamente familiar, é algo com que essas pessoas aprendem a conviver, apesar de ser ocasionalmente o alvo de queixas e comentários adversos. Segundo García (2001), atualmente, a maioria dos habitantes dos centros urbanos está convencida de que ruído é um fator ambiental extremamente difícil de controlar e, em última instância, uma descuidada seqüela do progresso tecnológico das sociedades modernas.

Sugere-se também que o grau de insatisfação em qualquer tipo de ambiente ruidoso seja também influenciado por diversos outros fatores, além do próprio ruído (LANGDON, 1976).

Um dos efeitos mais negativos do ruído ambiental em zonas urbanas é, provavelmente, a interferência no sono. A exposição ao ruído pode induzir a distúrbios do sono, tais como a dificuldade para início do sono, alterações de padrões do sono ou mesmo a intensidade e profundidade do mesmo; estes efeitos são referenciados como distúrbios primários do sono. Outros efeitos psicológicos primários, que podem ser induzidos por ruídos elevados durante o período do sono, são o aumento da pressão sanguínea, aumento do ritmo cardíaco, mudanças na respiração, movimentos do corpo, etc. A exposição ao ruído noturno pode também induzir a efeitos secundários (efeitos que podem ser medidos no dia seguinte à exposição ao ruído), incluindo redução na percepção da qualidade do sono, aumento da fadiga e diminuição da performance no decorrer do dia (GARCÍA & ARANA, 1998).

Segundo Bishop & Schomer (1991) e García (2001) os itens a seguir, são aspectos típicos que devem ser levados em conta na realização de estudos e levantamentos na área de ruído urbano:

- a) **comparar os níveis sonoros com os limites** especificados pela legislação de ruído;

- b) **avaliar a questão de uso do solo para diferentes atividades**: comparação de ambientes ruidosos existentes ou futuros com critério definido e zoneamento para os níveis sonoros;
- c) obter **relatórios ambientais**, para verificar impactos presentes ou futuros;
- d) **determinar a necessidade de ampliação do controle de ruído** em fontes existentes ou a serem implementadas no local;
- e) **identificar as fontes de ruído externo ao experimento** e determinar a sua contribuição para o ambiente de ruídos;
- f) obter uma **descrição do ruído na comunidade**, para poder correlacionar com a resposta direta da comunidade a esse ruído;
- g) estimar a **exposição de ruído para as pessoas** individualmente;
- h) proporcionar uma **base de dados** para possibilitar a **formulação de leis** e planejamento de ações, para a redução do ruído comunitário.

No Brasil têm sido realizados, recentemente, alguns importantes trabalhos nas áreas de ruído urbano e poluição sonora. O que demonstra uma crescente preocupação com o aumento nos níveis de ruído nas metrópoles e com a necessidade de controle da poluição sonora.

Em 1998, foi realizado um mapa acústico para a cidade de Belo Horizonte (PIMENTEL-SOUZA e ALVARES, 1998), como consequência de um trabalho que procurou verificar a influência da poluição sonora, nas atividades de trabalho e nos moradores da área urbana.

Em 2002, Campos, Cerqueira e Sattler, trabalharam na investigação e classificação dos diferentes tipos de reclamação, sobre os incômodos proporcionados pelo ruído, na cidade de Feira de Santana, na Bahia.

Bortoli e Krüeger (2002) realizaram um trabalho de diagnóstico da poluição sonora, de forma simplificada, no centro da cidade de Curitiba, no estado do Paraná. Utilizaram cinco monitores acústicos, instalados de forma permanente, em pontos estratégicos da região central da cidade, para a realização de medições de ruído simultâneas em longos períodos de tempo.

Zannin et al. (2002), também em trabalho realizado na cidade de Curitiba, mapearam 1.000 pontos diferentes, no período de duas horas ($L_{eq}(2h)$) – compreendido entre as 18:00 e 19:00 h – encontrando, em 93,3% dos locais estudados, níveis superiores a 65 dB(A) e concluindo que a poluição sonora em Curitiba e, portanto, nas grandes cidades do Brasil, passa a ser um problema primordial, devendo ser imediatamente considerado pela administração pública.

Cabe citar, também, as mais novas pesquisas em andamento: A professora Stelamaris Rolla Bertoli, do Departamento de Arquitetura e Construção (FEC – UNICAMP), está desenvolvendo o trabalho intitulado: “*Mapeamento acústico do distrito de Barão Geraldo em Campinas: perspectivas futuras para o ambiente sonoro da região*” e, também, a professora do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNAMA (Universidade da Amazônia, 2002), Elcione Lobato, e a coordenadora do curso de Fonoaudiologia, na mesma instituição, Neyla Arroyo Lara, coordenam uma pesquisa que traça o mapa acústico de Belém. Elas pretendem elaborar a representação visual da distribuição do ruído na região urbana, buscando uma visão global do clima de ruído, identificando e caracterizando as principais fontes e as zonas de maior e menor intensidade do nível sonoro. Além disso, existe a intenção de avaliar a percepção que têm os habitantes da cidade, da sonoridade e do grau de moléstia que lhes produzem as fontes de ruído urbano. A previsão de término deste trabalho é no mês de janeiro de 2004.

2.3 PROPAGAÇÃO DO SOM EM ZONAS URBANAS

A documentação sobre ruído em comunidades possui dois propósitos básicos. O primeiro refere-se ao planejamento urbano: adequar áreas e usos de acordo com os níveis de exposição. O segundo refere-se ao projeto de edificações, onde se pretende evitar a entrada dos ruídos gerados no ambiente externo.

Diferentes medidas são utilizadas para a descrição do **clima de ruído** em zonas urbanas. Tais medidas dividem-se, basicamente em duas classes (SZOKOLAY, 1980):

- a) **índices:** medidos com uma base física, na qual outros fatores são sobrepostos e usualmente alcançados através de métodos de enquetes sociais;

- b) **escalas:** nas quais os parâmetros físicos, que afetam a resposta das pessoas, são combinados ao longo de um período de tempo.

O índice mais comum, usado no planejamento urbano para descrição de ruídos, é o **nível de ruído para dia e noite**, L_{dn} . O L_{dn} é um único número, obtido através da média dos valores de L_{eq} horários com ponderação da curva “A”, com adição de 10 dB(A) para cada valor de L_{eq} contido no período de nove horas, entre às 22:00 h da noite e 7:00 h da manhã. Este valor é compensado devido à alta sensibilidade ao ruído no período noturno. O L_{dn} é amplamente usado em diretrizes e normas sobre ruído nos Estados Unidos (LELAND & RICHARDS, 1998).

$$L_{dn} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{1}{24} \cdot (15 \cdot 10^{(L_{eqd} / 10)} + 9 \cdot 10^{(L_{eqn} + 10) / 10}) \right] \text{ dB(A)} \quad (5)$$

Outro método bastante utilizado e adotado como forma de análise estatística em zonas urbanas é a adoção dos níveis estatísticos (L_x), que especificam aqueles valores de nível de pressão sonora excedidos “X” por cento do tempo, para um período de tempo especificado. Por exemplo, o L_{50} representa o nível sonoro excedido em 50% do tempo, o L_{10} , 10% do tempo, e assim por diante. O L_1 ou $L_{0,1}$ é normalmente um valor próximo ao L_{max} , e o L_{99} próximo ao L_{min} . O L_{eq} é normalmente um valor entre o L_{50} e o L_{10} . Para um ambiente estável em termos de ruído, L_1 e L_{99} se encontram bastante próximos. Quanto mais eles se apresentam afastados, maiores as flutuações nos níveis de ruído de uma determinada sessão de medição (LELAND & RICHARDS, 1998).

Ambos os métodos apresentados acima, foram utilizados na avaliação dos dados registrados no decorrer deste trabalho, como poderá ser verificado no Capítulo 4: Resultados e Análise dos Dados.

2.4 RUÍDO DE TRÁFEGO

O campo acústico urbano é o resultado cumulativo de padrões de ruído de diferentes tipos e fontes encontrados na comunidade. A lista de tais fontes é bastante conhecida: ruído de

tráfego rodoviário, aéreo e ferroviário, pessoas e seus animais e, em menor escala, ruído industrial, fontes mecânicas pontuais e fontes naturais, tais como: insetos, pássaros, vento e chuva (BJÖRK, 1994).

Segundo Hickling (1998), o ruído de tráfego rodoviário (carros, ônibus, caminhões e motos) é, certamente, a mais importante e generalizada fonte de ruído em todas as áreas urbanas dos países industrializados. Esta afirmação é baseada, tanto nos resultados dos níveis correspondentes de medições de ruído, como na intensidade da perturbação que esta fonte produz nos moradores locais. O ruído produzido pelos veículos rodoviários é, principalmente, gerado pelo motor e pelo contato do veículo com o chão.

O ruído de veículos nas ruas e auto-estradas, provavelmente, afeta mais pessoas do que qualquer outra fonte de ruído comunitário. Edificações localizadas a centenas de metros de vias de tráfego pesado devem considerar a exposição ao ruído, na fase de projeto, de suas áreas externas (LELAND & RICHARDS, 1998).

Muitas atividades sensíveis aos ruídos aparecem próximas a locais de tráfego extremamente pesado, devido à necessidade de exposição comercial e facilidade de acesso. Exemplos claros desse fato são: motéis, edifícios de escritórios, teatros e hospitais. O desenvolvimento de conjuntos habitacionais próximos às auto-estradas ocorre com grande frequência, pois locais isolados e silenciosos estão cada vez mais escassos nas grandes cidades e o rápido acesso às vias expressas é considerado um benefício por muitas pessoas.

Sancho e Senchermes (1982) consideram que, ao contrário do trânsito em estradas e rodovias, nas áreas urbanas os veículos dificilmente se movimentam com fluidez. A maior intensidade de tráfego aparece nos cruzamentos sinalizados, cuja variedade de destinos e as características das vias por onde circulam, fazem com que um veículo em determinado itinerário mova-se com uma série de acelerações e desacelerações, com pequenos períodos de movimento fluido e outros períodos completamente parados. Este tipo de tráfego é chamado de pulsante. As velocidades são baixas e médias, com veículos em marcha lenta e motores com altas rotações dominando claramente o ruído produzido pelo motor e pelo escapamento. Geralmente, tanto automóveis, como veículos pesados, transitam em regime próximo à máxima potência e, conseqüentemente, com nível sonoro elevado.

A publicação do *Department of Transport* do Reino Unido (Department of Transport HMSO, 1988) fornece um procedimento de **predição de ruído** nas áreas onde há predominância de ruído de tráfego, para afastamento de 1 m de fachadas relevantes, e a uma determinada altura em relação ao solo; isto pode ser aplicado para distâncias de até 300 m da rodovia em questão. Os cálculos utilizados incorporam as informações referentes à (THERIVEL & MORRIS, 1995):

- a) **volume de tráfego**;
- b) **velocidade** dos veículos;
- c) percentual de **veículos pesados**;
- d) **gradiente** da via;
- e) **rugosidade** da superfície da via;
- f) **distância da fonte** sonora até o receptor.

Uma das equações, utilizada para tal cálculo, se apresenta na seguinte forma:

$$L_{10} = 10 \log q + 33 \log (v + 40 + 500/v) + 10 \log (1 + 5p/v) - 26,6 \text{ dB(A)} \quad (6)$$

Onde q = **volume de tráfego**, em veículos por hora; v = **velocidade média**, em km/h, durante o período relevante; p = **percentual de veículos pesados** no fluxo de tráfego, durante o período relevante e distância do centro da via fixada no cálculo em 13,5 m.

A partir da obtenção de uma *previsão* do L_{10} , na aplicação de tal equação, podemos encontrar o L_{eq} através da seguinte relação empírica entre ambos (ALEXANDRE et al., 1975):

$$L_{10} = L_{eq} + 3 \text{ dB(A)} \quad (7)$$

Outras formas de avaliar o transtorno causado pelo ruído de tráfego, assim como o ruído urbano, de forma indireta, são analisadas a seguir.

O **índice de ruído de tráfego** (TNI) é uma expressão empírica do clima de ruído de 24 horas, a qual é usada por propiciar a melhor correlação com o efeito de incômodo provocado pelo ruído:

$$\text{TNI} = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad \text{dB(A)} \quad (8)$$

Onde L_{10} e L_{90} são o 90º e o 10º percentis do nível de ruído, como definido anteriormente, e a diferença ($L_{10} - L_{90}$) é tomada como uma indicação da variabilidade dos picos do ruído. Devido a complexidade deste índice, a legislação do Reino Unido está baseada no valor L_{10} (18h). A amostragem é feita entre as 06:00 e 24:00 h apenas. As medidas em dB(A) são analisadas e o 90º percentil (L_{10}) é estabelecido para cada hora. A média dos 18 valores é então o resultado desejado (SZOKOLAY, 1980).

O **nível de poluição sonora** – outro método de avaliação do ruído urbano – é dado por (ROBINSON, 1969):

$$L_{ps} = L_{eq} + 2,56\sigma \quad \text{dB(A)} \quad (9)$$

Onde σ = desvio padrão do nível de ruído, em dB.

Na maioria dos casos (quando é apresentado um comportamento gaussiano) o valor de L_{ps} pode ser aproximado para (GERGES, 2000):

$$L_{ps} = L_{eq} + L_{10} - L_{90} \quad \text{dB(A)} \quad (10)$$

Diversos outros modelos e índices, para cálculo e avaliação do ruído urbano e proveniente do tráfego veicular, podem ser encontrados na bibliografia e nos documentos legais e normativos sobre poluição sonora em todo o mundo (LANG, 1986). Apenas foram abordados os que mais se adequam ao presente trabalho e à política de controle de ruído existente em nosso país.

2.5 PROCEDIMENTOS PARA O CONTROLE DO RUÍDO URBANO

Quando se necessita controlar o ruído que incide sobre uma determinada área (edificada ou urbana), é necessário conhecer exatamente a fonte ou as fontes emissoras responsáveis por tal emissão, de forma a se estabelecer uma possível solução para o bloqueio dos sons indesejados presentes (GERGES, 2000). O ruído presente no meio urbano possui diversas classificações e categorias. Podemos destacar alguns grupos, e suas formas de controle, como os que incluem ruídos provocados por:

- a) **engenharia:** redução do ruído no ponto de geração (ex: usar máquinas e métodos de trabalho silenciosos); contenção do ruído gerado (isolamento dentro das edificações); proteção das edificações sensíveis ao ruído do ambiente (barreiras e isolamento ao exterior);
- b) **layout (arquitetônico e urbanístico):** distância adequada entre a fonte de ruído e a área sensível da edificação; posicionamento entre edificações, zoneamento, localização de atividades na cidade, rua em “L”, rua em “U”, janelas recuadas, janelas alinhadas na fachada, sacadas na fachada, etc.;
- c) **administração:** limitação e restrição de atividades, por período de tempo ou por áreas, especificando um nível aceitável de ruído.

Devem ser analisadas também as diferentes classificações do ruído, conforme normas nacionais e internacionais – onde cada categoria apresenta diferentes níveis na intensidade de ruído gerada (seleção do tipo de controle necessário):

- a) tráfego de rodovias;
- b) tráfego urbano;
- c) tráfego aéreo;
- d) fontes variadas (indústria, comércio, construções).

2.6 CONTROLE SONORO

Em Porto Alegre, o controle e prevenção da poluição sonora são feitos a partir de uma legislação específica – o *Decreto Regulamentar n. 8.185/83 da lei complementar 65/81* (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 1983). A Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAM) atua com base nas disposições dessa legislação, que estabelece critérios limites de ruídos e de avaliação de incomodidade, com base no zoneamento do I Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. O conceito de **som incômodo** é o mais empregado em medições de controle e prevenção de ruído. Ele é definido como sendo toda e qualquer emissão de som medido, dentro dos limites reais da propriedade da parte supostamente incomodada, que ultrapasse em mais de 5 dB(A) o valor do ruído de fundo local.

O **ruído de fundo**, ou nível de ruído ambiente L_{RA} , segundo a NBR-10.151 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000) é o nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão. Essa legislação estabelece ainda, que o nível máximo permitido nas *unidades territoriais residenciais*, em período diurno, é de 55 dB(A), sendo permitidas correções para as demais zonas urbanas.

Ao constatar infração da legislação, a SMAM: (a) elabora **planos e medidas de controle e prevenção** de ruídos oriundos de fontes fixas e móveis, fiscalizando a execução em colaboração com os demais órgãos responsáveis; (b) emite **parecer técnico** sobre solicitações de licenciamento para construção ou instalação de atividades industriais, comerciais e prestadoras de serviço, que apresentem potencialidade de poluição sonora (SCHIMITT & ROTT, 1998).

A Norma NBR-12.179 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992), no item 4 - Condições Gerais, páginas 2 e 3, reforça que, ao considerarmos o tratamento acústico para o conforto humano, deveremos adquirir o conhecimento das condições locais, que implicará em todo o conjunto de condições do recinto, tais como:

- a) nível sonoro exterior;
- b) nível sonoro do recinto (em função do gênero de atividades deste recinto);
- c) planta de situação do imóvel onde se acha o recinto a ser tratado;

- d) plantas e cortes longitudinal e transversal do recinto;
- e) especificações dos materiais empregados no recinto: de construção (pisos, paredes, etc.) e de utilização (mesas, poltronas, cortinas, etc.).

Princípios básicos para prevenção de problemas decorrentes da presença de ruídos.

- a) **proteção da edificação** em relação às fontes de ruído externo;
- b) assegurar que a construção vise a **proteção contra os aborrecimentos** devido ao ruído proporcionado pelos vizinhos e vizinhança;
- c) ser capaz de **controlar o ruído proporcionado pelo seu interior**.

Padrões e diagnósticos a serem utilizados para estas situações

- a) averiguar as **características da fonte**, direção/caminho de propagação até o receptor;
- b) estabelecer a **diferença entre a fonte e o receptor**, quanto aos critérios acústicos especificados pelo projeto;
- c) estabelecer **limites máximos permissíveis** para o interior do imóvel.

3 METODOLOGIA

Após apresentação do embasamento teórico e revisão bibliográfica apropriada ao desenvolvimento do trabalho, de modo a possibilitar um entendimento claro da importância dos problemas gerados pelo ruído nas áreas urbanas, define-se, a seqüência de trabalho – levantamento e comparação de dados.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL

O cenário do presente trabalho é a capital do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Fundada em 1822 (criação do município em 07 de outubro de 1809), 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. Possui uma área total abrangendo cerca de 30 km longitudinais e 15 km de largura no sentido leste-oeste. Seus limites extremos são:

- **NORTE** – Continente: 29° 57' 14" S, Foz do arroio Brigadeiro no Rio Gravataí. Delta do Jacuí: 29° 55' 56" S, Ilha do Serafim.
- **SUL** – 30° 16' 05" S, Ponta das Canoas.
- **OESTE** – Continente: 51° 16' 00" W, Ponta do Dionísio. Delta do Jacuí: 51° 17' 53" W, Ilha do Lage.
- **LESTE** – 51° 01' 08" W, nascentes do Arroio Chico Barcelos (Fonte: MENEGAT et al., 1998).

Apresenta espaços de planícies, mas está circundada por 40 morros que abrangem 65% da área, limitada por uma orla fluvial de 72 km (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2002). A cidade possui uma área total de 476,30 km² e população de 1.360.590 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000), distribuídos em 82 bairros, conforme apresentado na figura 15 e descrito na tabela 3 (Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2002).

O traçado viário se desenvolve com vias no sentido centro-bairro, cortadas por radiais concêntricas à região do centro histórico. Possui cerca de 396 avenidas e 4.223 ruas e uma frota de veículos composta por 491.898 automóveis (tabela 4), 53.346 caminhonetes, 18.777 caminhões, 4.067 ônibus, 1.662 microônibus e 44.686 motos (DETRAN, 2002).

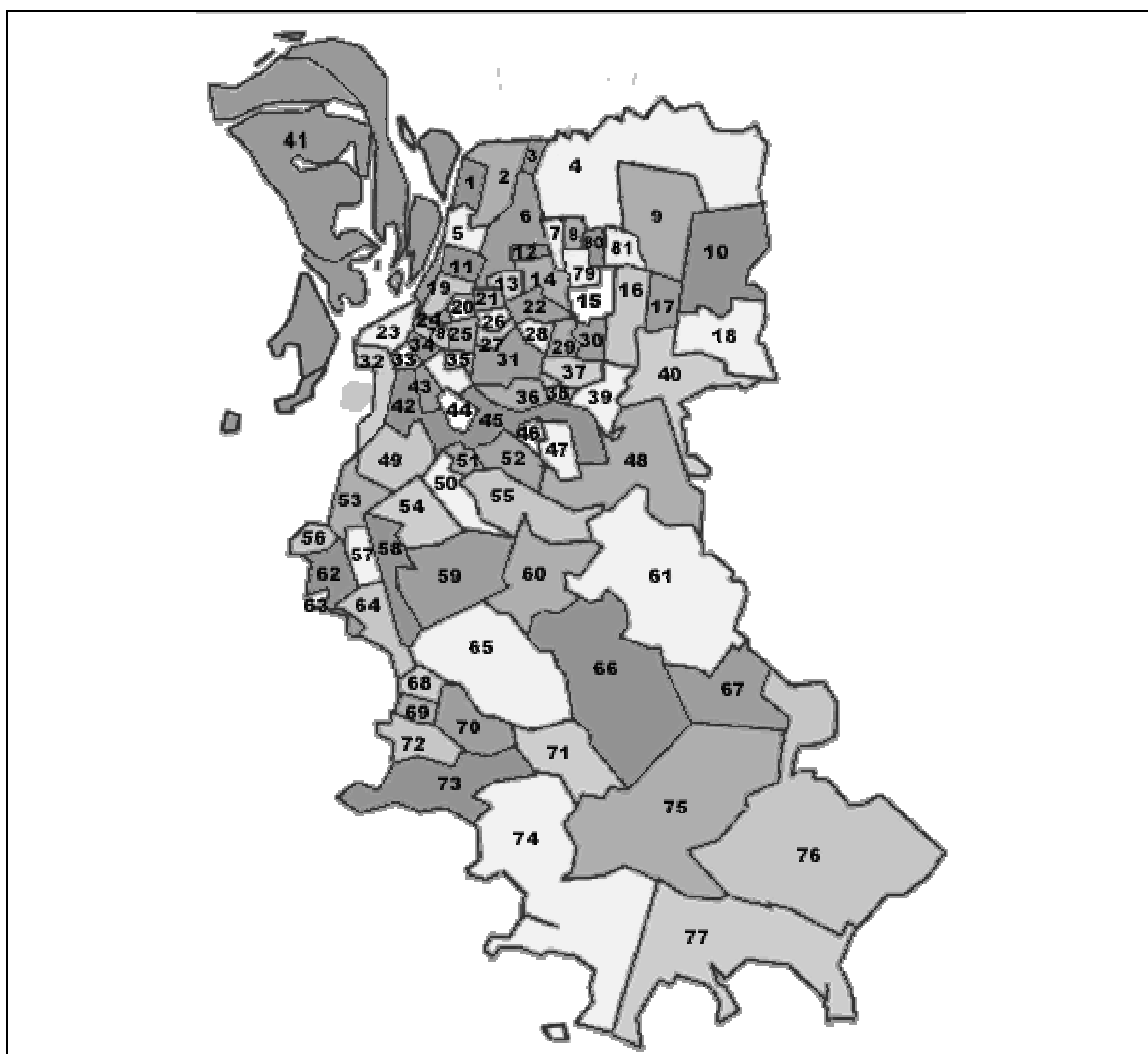


Figura 15: mapa geral dos bairros da cidade de Porto Alegre
(Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2002)

Tabela 3: lista de bairros da cidade de Porto Alegre

1. Farrapos	22. Boa Vista	43. Azenha	64. Ipanema
2. Humaitá	23. Centro	44. Santo Antônio	65. Aberta dos Morros
3. Anchieta	24. Independência	45. Partenon	66. Restinga
4. não cadastrado	25. Rio Branco	46. Vila João Pessoa	67. não cadastrado
5. Navegantes	26. Mont Serrat	47. São José	68. Espírito Santo
6. São João	27. Bela Vista	48. Agronomia	69. Guarujá
7. Jardim São Pedro	28. Três Figueiras	49. Santa Teresa	70. Hípica
8. Jardim Floresta	29. Chácara das Pedras	50. Teresópolis	71. Chapéu do Sol
9. Sarandi	30. Vila Jardim	51. Glória	72. Serraria
10. Rubem Berta	31. Petrópolis	52. Cel. Aparício Borges	73. Ponta Grossa
11. São Geraldo	32. Praia de Belas	53. Cristal	74. Belém Novo
12. Santa Maria Goretti	33. Cidade Baixa	54. Nonoai	75. Lageado
13. Higienópolis	34. Farroupilha	55. Cascata	76. não cadastrado
14. Passo da Areia	35. Santa Cecília	56. Vila Assunção	77. Lami
15. Vila Ipiranga	36. Jardim Botânico	57. Camaquã	78. Bom Fim
16. Jardim Itu - Sabará	37. Bom Jesus	58. Cavalhada	79. Cristo Redentor
17. Passo das Pedras	38. Jardim do Salso	59. Vila Nova	80. Jardim Lindóia
18. Mario Quintana	39. Jardim Carvalho	60. Belém Velho	81. São Sebastião
19. Floresta	40. Protásio Alves	61. Lomba do Pinheiro	82. Santana
20. Moinhos de Vento	41. Arquipélago	62. Tristeza	
21. Auxiliadora	42. Menino Deus	63. Vila Conceição	

(Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2002)

Tabela 4: frota de veículos por tipo – jan/2002 – Município de Porto Alegre

Tipo	Quantidade
Automóvel	491.898
Caminhão	18.777
Caminhão-trator	1.786
Caminhonete	6.518
Camioneta	53.346
Ciclomotor	936
Microônibus	1.662
Motocicleta	44.686
Motoneta	3.904
Ônibus	4.067
Outros	408
Quadriciclo	26
Reboque	16.527
Semi-reboque	3.090
Trator de rodas	637
Trator de esteiras	11
Trator misto	40
Triciclo	47
Utilitário	64
TOTAL:	648.430

(Fonte: DETRAN, 2002)

3.2 PROCEDIMENTOS GERAIS

Os dados, referentes às medições de nível de pressão sonora, foram coletados a partir de residências particulares (apartamentos), com o equipamento colocado em uma janela (ou sacada) voltada para o ambiente externo, na altura aproximada do observador.

As medições e processamento dos dados coletados foram efetuados no período de março a dezembro do ano 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 sua dissertação de mestrado, enfocando também o mapeamento do ruído na cidade de Porto Alegre. Parte dos locais escolhidos para medição estão localizados em áreas menos críticas ($L_{eq}(24h) < 65 \text{ dB(A)}$) e o restante em áreas realmente ruidosas e críticas da cidade ($L_{eq}(24h) > 65 \text{ dB(A)}$). Cabe ressaltar que o limite diurno estabelecido pela NBR-10.151 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000), já comentado anteriormente, é de 55 dB(A) em áreas de predominância residencial. Os dias em que ocorreram as medições, apresentavam: tempo bom, céu claro, umidade relativa e pressão atmosférica estabilizadas e ventos de baixa intensidade.

Devido ao fato do ruído ambiente ser proveniente de várias direções, o aparelho de medição deve ser *omnidirecional*, ou seja, deve ter uma resposta uniforme independente da localização das fontes sonoras (BRÜEL & KJÆR, 1984). As medições contidas no presente trabalho foram executadas usando-se um microfone condensador *omnidirecional* padrão, de ½ polegada (presente no equipamento usado nas medições). 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), $L_{máx}$ e $L_{mín}$ e L_{eq} , foram obtidos para o período completo de 24 horas, em cada ponto medido (ver gráficos e tabelas no Capítulo 4). Também foi executado o cálculo dos valores de L_{eq} , L_{10} , L_{90} , $L_{máx}$ e $L_{mín}$, a cada quarto de hora (15 minutos).

Os valores encontrados para o L_{eq} (24h), em cada ponto medido, são posteriormente comparados aos valores de L_{eq} horários, durante todo o período do dia em que se realizou a

medição, mostrando o horário que apresenta a melhor correlação com tal valor médio encontrado para todo o período.

A norma brasileira NBR-10.151 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000) recomenda efetuar tais medições com o auxílio de um decibelímetro devidamente calibrado pelo órgão competente, operando – para medições de ruído ambiente – no modo FAST e com a ponderação da curva “A” (compensada para o ouvido humano). Se possível, tal aparelho deverá efetuar o processamento interno do L_{eq} (nível equivalente de ruído), através de algoritmo de cálculo (presente em seu circuito interno) para integração. Caso contrário, é necessária a aplicação da fórmula de cálculo sugerida por esta norma.

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (11)$$

Por razões práticas, o decibelímetro não foi montado somente no nível da rua, mas no peitoril de algumas residências (geralmente, casas e apartamentos de parentes e amigos). Cerca de 60% dos locais medidos estavam localizados ao nível do solo, primeiro e segundo pavimentos. O total remanescente localizou-se do terceiro ao sétimo pavimento. Tal condição não deve acrescentar 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).

Foi também realizado um levantamento do número e tipo dos veículos que circulam nos locais escolhidos, caracterizando o tráfego local e visando a aplicação, em paralelo, de equações de predição de ruído de tráfego.

A gravação de amostras do ruído local, em períodos de 5 minutos nos horários que apresentaram valores estáveis (região central dos períodos da manhã e tarde), foi também utilizada em paralelo, para melhor caracterizar os pontos escolhidos de forma *qualitativa*, através da análise espectral dos dados (FFT ou transformadas rápidas de Fourier, que mostram

o ruído decomposto em faixas de freqüência, de forma a possibilitar a verificação das freqüências locais predominantes (figura 16)).

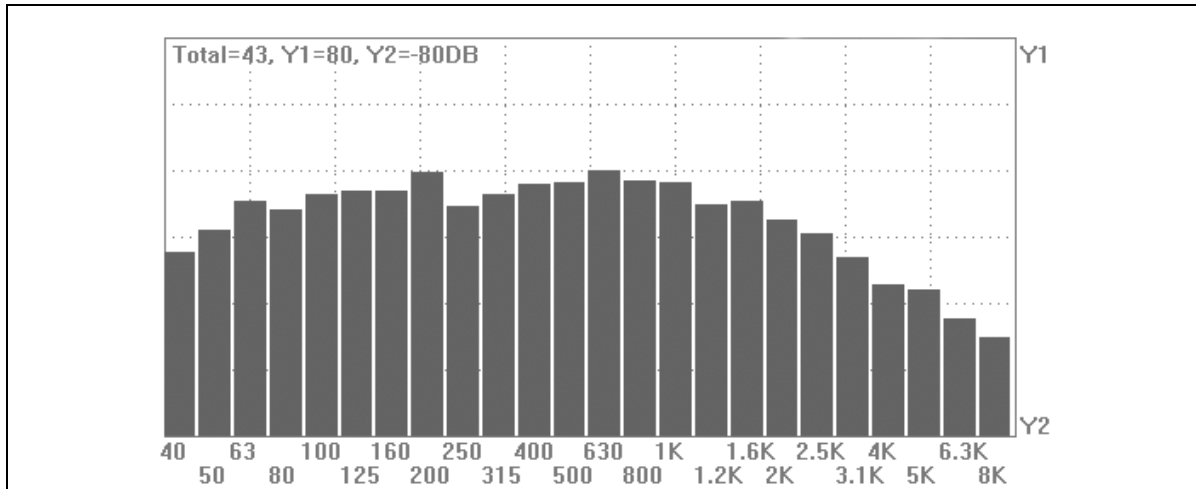


Figura 16: exemplo de análise computacional de ruído de tráfego utilizando FFT

O ruído ambiental envolve a medição do ruído total no ambiente (independente da fonte), em um determinado local. Este ruído pode estar sendo gerado por uma ou mais fontes e pode também incluir reflexões de paredes, tetos e máquinas (BRÜEL & KJÆR, 1984).



Figura 17: influência do corpo e posição do operador nas medições acústicas (Fonte: BRÜEL & KJÆR, 1984)

Considera-se também 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 (até 90% não afeta o equipamento, não comprometendo as medições), pressão atmosférica, vibrações, campos magnéticos (efeito normalmente desconsiderado).

Na medição de ruídos, algumas precauções devem ser tomadas para garantir que o operador e o aparelho não interfiram nas medições. Como, por exemplo: o corpo do instrumento e a presença do operador (figura 17) podem bloquear sons vindos de uma determinada direção, podendo provocar reflexões que causariam erros nas medições (BRÜEL & KJÆR, 1984). Os métodos de posicionamento nas medições também podem variar: medições no padrão IEC (aparelho voltado diretamente para a fonte) ou ANSI (orientado 70 a 80 graus da fonte), dependendo do tipo de análise que se pretende realizar com os dados obtidos (figura 18). É sempre necessário um aprendizado cuidadoso para a correta utilização dos recursos do equipamento utilizado e estar atento às necessidades de calibragem e cuidados especiais com o mesmo.

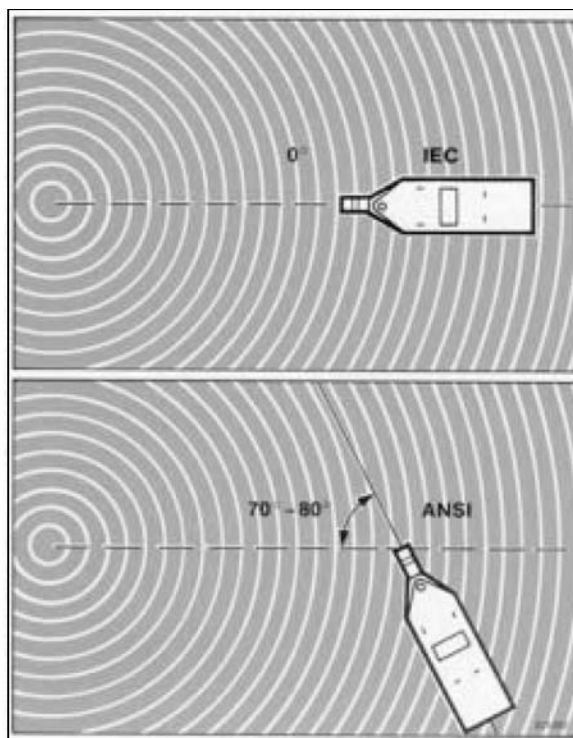


Figura 18: métodos de posicionamento do equipamento de medição sonora conforme padrões internacionais (Fonte: BRÜEL & KJÆR, 1984)

3.3 DELIMITAÇÕES

O trabalho foi realizado em pontos escolhidos, de acordo com a **proposta metodológica**, dentro da cidade de Porto Alegre – RS (conforme figuras 2 e 3, apresentadas anteriormente na seção Justificativa). Abrange diversos bairros da cidade, com características diferenciadas, do ponto de vista de densidade populacional e fluxo de veículos. As medições são realizadas em períodos de 24 horas, abrangendo um “dia de semana típico”, escolhido a partir da análise dos valores encontrados para uma semana inteira, medidos na fase de medição experimental (ver os dados coletados no Apêndice A), para a validação do modelo, tanto para uma região com densidade e fluxo de veículos elevado, como para uma região com incidência de níveis baixos de pressão sonora. Os dados da semana inteira foram analisados e, através de comparações com tais valores, medidos sempre em um mesmo ponto, chegou-se a conclusão que o dia típico para as medições poderia ser “*qualquer um dos dias entre a terça-feira e a quinta-feira*”. Sábado e domingo encontram-se fora da tipicidade semanal, por ocorrer nestes dias uma inversão nos padrões sonoros: os níveis diurnos são reduzidos e os níveis noturnos se elevam.

As medições de nível de pressão sonora acontecem a partir de apartamentos e casas, previamente selecionados (conforme Metodologia), obtendo-se assim o *ponto de vista* dos moradores, em relação ao ruído urbano exterior.

3.4 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados no desenvolvimento do trabalho foram:

- **decibelímetro** da marca QUEST Technologies, modelo 2800, com filtro de 1/3 de oitava, modelo OB-300, pertencente Departamento de Engenharia Mecânica da UFRGS, devidamente calibrado pelo órgão competente;
- **calibrador** da marca QUEST, padrão 1/2”, também pertencente ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFRGS e devidamente calibrado pelo órgão competente;

- **decibelímetro** da marca APT Instruments (figura 19), 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 (APT Instruments, 2001);



Figura 19: medidor de nível de pressão sonora, tripé, *DataLogger* e *Notebook* usados nos pontos de medição

- **tripé**, para apoio do equipamento de medição e controle do posicionamento do mesmo;
- **gravador de áudio digital** da marca SONY®, modelo MZ-R3, para gravação de amostras de ruído e análise posterior de espectro de frequências;
- **notebook** da marca DAEWOO®, Pentium 233 MMX, modelo CN-530, para armazenamento e pós-processamento do LOG de dados (figura 19);
- **software** Microsoft Excel®, para processamento dos gráficos e estatísticas;

- **softwares** de aplicação de equações de predição de ruído de tráfego, avaliação de ruído urbano e “DataLogger”, desenvolvidos especificamente para a pesquisa (MAIA, 2003).

3.5 ANÁLISES ESPECTRAIS E DADOS DE FLUXO DE VEÍCULOS

Os dados referentes à análise do **espectro de freqüências**, característico de cada local, foram coletados com um gravador digital (especificado no capítulo 3: Metodologia), conectado à saída “A/C” do decibelímetro, conforme procedimento padrão das normas nacionais e internacionais (ISO, ANSI, IEC, ABNT).

Posteriormente as amostras, armazenadas no formato digital *wave* (compatível com o sistema operacional Microsoft Windows™), foram processadas e analisadas no software *VSI – Virtual Sound Instrument* (LINGSO, 2000). O equipamento de medição de níveis de pressão sonora envia o sinal já condicionado para a saída “A/C”, com os valores já ponderados em dB(A).

O software utilizado, devido a sua concepção funcional original, possui algumas limitações que devem ser devidamente esclarecidas: o gráfico final de análise espectral, não apresenta uma referência explícita de intervalo no eixo “Y” (eixo correspondente aos níveis em dB(A)), servindo, portanto, apenas para uma avaliação “*qualitativa*” do material de áudio analisado. Isto significa que tais gráficos irão mostrar, claramente, a **predominância** de faixas de freqüência graves, ou agudas, para cada local analisado, sem a possibilidade de uma **quantificação precisa dos níveis** apresentados, em cada uma das bandas de 1/3 de oitava ali descritas.

A amostragem do gravador de áudio digital é de 44.1 kHz. Desta forma, convém analisar os gráficos até um limite de 22.05 kHz, já que no processo de digitalização do sinal analógico há uma perda no conteúdo amostrado (no decorrer do processo de conversão A/D - D/A), em relação ao sinal original (EVEREST, 2001). Assim, os gráficos são visualizados nas bandas de freqüência de 40 Hz até 8 kHz (faixa mais importante para avaliação do ruído perceptível pelos seres humanos), em um total de 24 sub-divisões.

Para cada uma das gravações de 5 minutos de áudio adquiridas, inicialmente grava-se o **sinal de referência** gerado pelo calibrador do equipamento – 94 dB na frequência de 1.000 Hz conforme referência a norma IEC 60.942 contida na NBR-10.151 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000). A partir daí consegue-se estabelecer um padrão que permite a análise dos dados em paralelo, sem prejudicar a leitura direta e comparativa dos gráficos gerados.

3.6 LEVANTAMENTO DE DADOS POPULACIONAIS

Para possibilitar uma correlação entre os dados de nível de pressão sonora encontrados e as diferentes áreas da cidade, foi utilizada a mesma classificação dos bairros em zonas diferenciadas pela densidade populacional, presentes no trabalho de Rott (1995).

Tal classificação divide a cidade de Porto Alegre em nove zonas distintas (DP1 a DP9), conforme listagem abaixo:

- **Zona DP1** – acima de 250 hab/ha (01 bairro)
- **Zona DP2** – entre 200 e 250 hab/ha (01 bairro)
- **Zona DP3** – entre 160 e 200 hab/ha (02 bairros)
- **Zona DP4** – entre 130 e 160 hab/ha (04 bairros)
- **Zona DP5** – entre 100 e 130 hab/ha (12 bairros)
- **Zona DP6** – entre 70 e 100 hab/ha (15 bairros)
- **Zona DP7** – entre 40 e 70 hab/ha (14 bairros)
- **Zona DP8** – entre 10 e 40 hab/ha (14 bairros)
- **Zona DP9** – até 10 hab/ha (06 bairros)

Os dados referentes à população dos bairros abrangidos no trabalho foram revisados, de acordo com os últimos resultados, da contagem populacional, divulgados pelo Censo de 2000 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000), permitindo, desta forma, uma atualização na classificação entre as zonas de densidade (DP's) acima mencionadas (tabela 5).

Tabela 5: classificação em Zonas de diferentes Densidades Populacionais nos bairros de Porto Alegre

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

Não foram avaliados, neste trabalho, pontos localizados em bairros com classificação **DP2** (constatou-se tardiamente que o bairro identificado nesta zona não apresentava a densidade populacional dentro da faixa especificada), **DP5** (devido à falta de residências disponíveis em tal zona) e **DP9** (devido à precariedade de segurança nos bairros classificados como pertencentes a esta zona, normalmente de difícil acesso).

4 RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

Em paralelo às gravações de áudio, necessárias para a confecção dos gráficos de espectro sonoro, foram realizadas verificações do fluxo de veículos (tabela 6) em cada um dos locais onde se realizaram as medições. Tal material faz-se necessário para a posterior aplicação e verificação dos dados através das **fórmulas de predição de ruído de tráfego**, como análise complementar do conteúdo deste trabalho, permitindo uma verificação da possibilidade de utilização de modelos para a predição do ruído urbano global.

A figura 20 (GARCÍA, 2001) apresenta um gráfico padronizado, que simula o comportamento do ruído, presente em áreas urbanas com a presença de tráfego rodoviário (de 100 a 7.200 veículos / hora), em cada uma das bandas de frequência. Para comparação com os gráficos gerados neste trabalho, deve ser utilizada a curva correspondente gerada com a ponderação “A” (mesma utilizada pelo decibelímetro no momento da captação dos dados), que apresenta grande redução dos níveis de pressão sonora na região entre 100 Hz e 1.000 Hz.

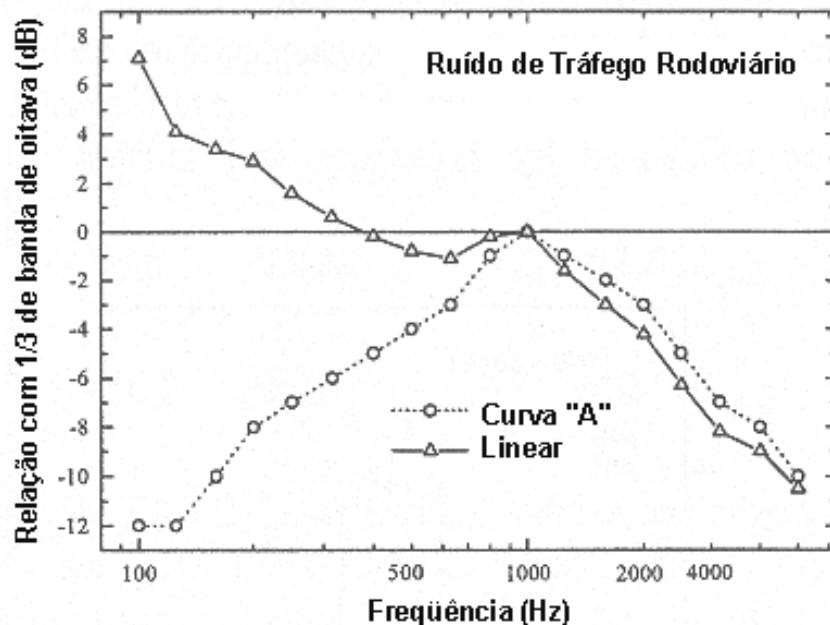


Figura 20: espectro referencial (1/3 de banda de oitava) para ruído de tráfego rodoviário (Fonte: adaptado de GARCÍA, 2001)

Tabela 6: medições de fluxo de veículos, em períodos de 15 minutos.

Ponto	Dist. até o centro da via (m)	Nº carros (15 min.)	Nº veíc. pesados (15 min.)	Nº motos (15 min.)	Total veíc./h	% veíc. pesados
01	9,5	127	9	12	592	6,08
02	8,0	37	2	4	172	4,65
03	-	-	-	-	-	-
04	30,0	200	5	15	880	2,27
05	13,0	300	24	6	1.320	7,27
06	7,0	354	74	47	1.900	15,57
07	12,0	107	3	14	496	2,42
08	9,5	178	22	28	912	9,64
09	20,0	78	15	15	432	13,88
10	13,0	282	18	14	1.256	5,73
11	12,0	104	13	7	496	10,48
12	18,0	13	1	3	68	5,88
13	12,0	8	0	0	32	0
14	8,5	305	8	28	1.364	2,34

Os valores presentes na tabela são utilizados diretamente como parte da alimentação de dados necessários ao processamento das fórmulas (utilizando softwares apropriados), na seção 4.3 do presente trabalho.

4.1 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Seguem abaixo as tabelas (7 e 8) contendo os dados estatísticos (L_{eq} (24h)) referentes ao 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.

Tabela 7: 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 das medidas horárias coletadas em cada período de 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 8: níveis de pressão sonora L_{Aeq} (24h) para os pontos medidos

PONTO MEDIDO	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA L_{Aeq} (24h)	Média do desvio padrão das medidas horárias coletadas em cada período de 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

Nas próximas páginas, é feita a caracterização sonora detalhada dos locais escolhidos, apresentando-se 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. Para cada ponto documentado é feita uma análise sumária dos resultados obtidos.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS

Neste item são apresentados os resumos dos dados referentes aos pontos selecionados para as medições de nível de pressão sonora na área urbana da cidade de Porto Alegre. Cada um dos pontos é localizado, caracterizado e analisado através de estatísticas e avaliação das características espectrais locais.

4.2.1 Caracterização do ponto 01

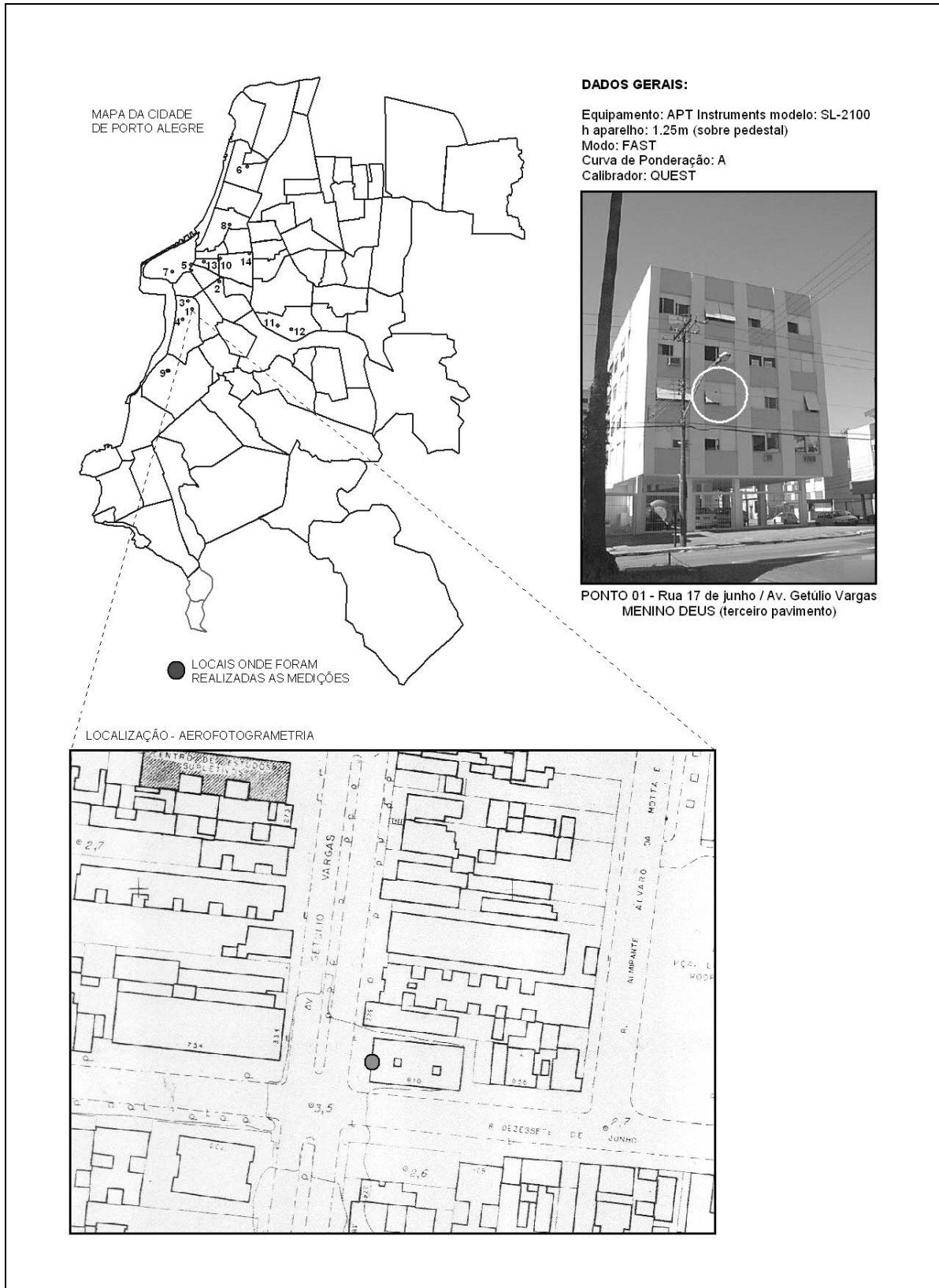
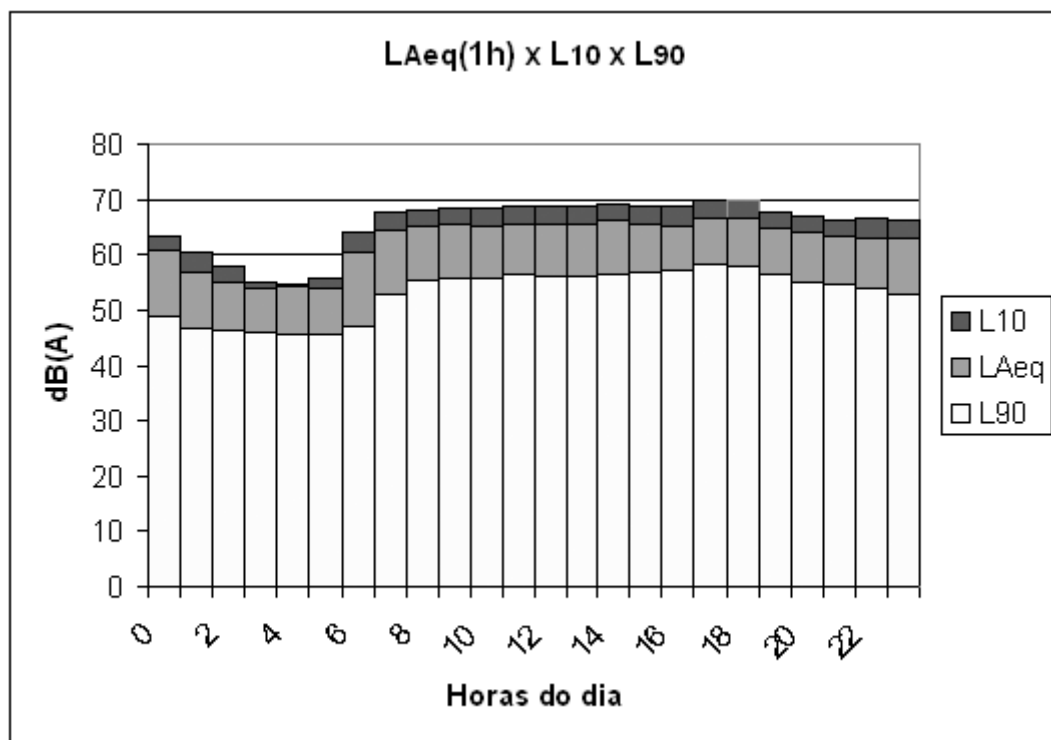


Figura 21: dados de caracterização do PONTO 01

Tabela 9: PONTO 01 – Rua 17 de junho (Menino Deus) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	60,9	86,1	46,4	63,5	53,6	48,7	5,85
01-02	57,0	78,2	45,3	60,4	49,5	46,8	5,46
02-03	55,2	76,8	44,9	58,0	48,4	46,5	4,87
03-04	54,0	75,8	44,6	55,2	47,9	46,1	4,33
04-05	54,1	81,0	44,4	54,8	47,0	45,6	4,42
05-06	54,0	72,9	44,7	55,7	46,8	45,7	4,75
06-07	60,5	79,3	45,3	63,9	52,3	46,9	6,68
07-08	64,4	81,4	47,9	67,7	60,9	52,7	5,67
08-09	65,0	85,4	49,9	67,9	62,0	55,4	4,87
09-10	65,5	84,3	50,0	68,5	62,4	55,9	4,96
10-11	65,2	81,9	50,9	68,5	62,5	55,6	4,91
11-12	65,4	80,2	49,8	68,9	62,5	56,3	4,82
12-13	65,4	81,3	50,5	68,8	62,5	56,0	4,89
13-14	65,5	81,1	50,6	68,6	62,2	56,0	4,93
14-15	66,3	86,0	50,6	69,0	62,8	56,6	4,91
15-16	65,4	79,1	51,4	68,8	62,6	56,9	4,59
16-17	65,3	79,2	52,4	68,6	62,7	57,2	4,43
17-18	66,7	82,9	52,4	69,7	63,7	58,1	4,59
18-19	66,6	84,9	52,2	69,8	63,2	58,0	4,64
19-20	64,7	82,5	50,8	67,7	62,0	56,4	4,43
20-21	64,2	82,0	49,9	67,0	61,2	54,9	4,71
21-22	63,2	79,7	49,9	66,2	60,5	54,6	4,61
22-23	63,1	79,8	48,8	66,5	59,9	53,9	4,89
23-24	62,9	81,6	47,9	66,2	58,7	52,7	5,28
							4,94

Figura 22: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

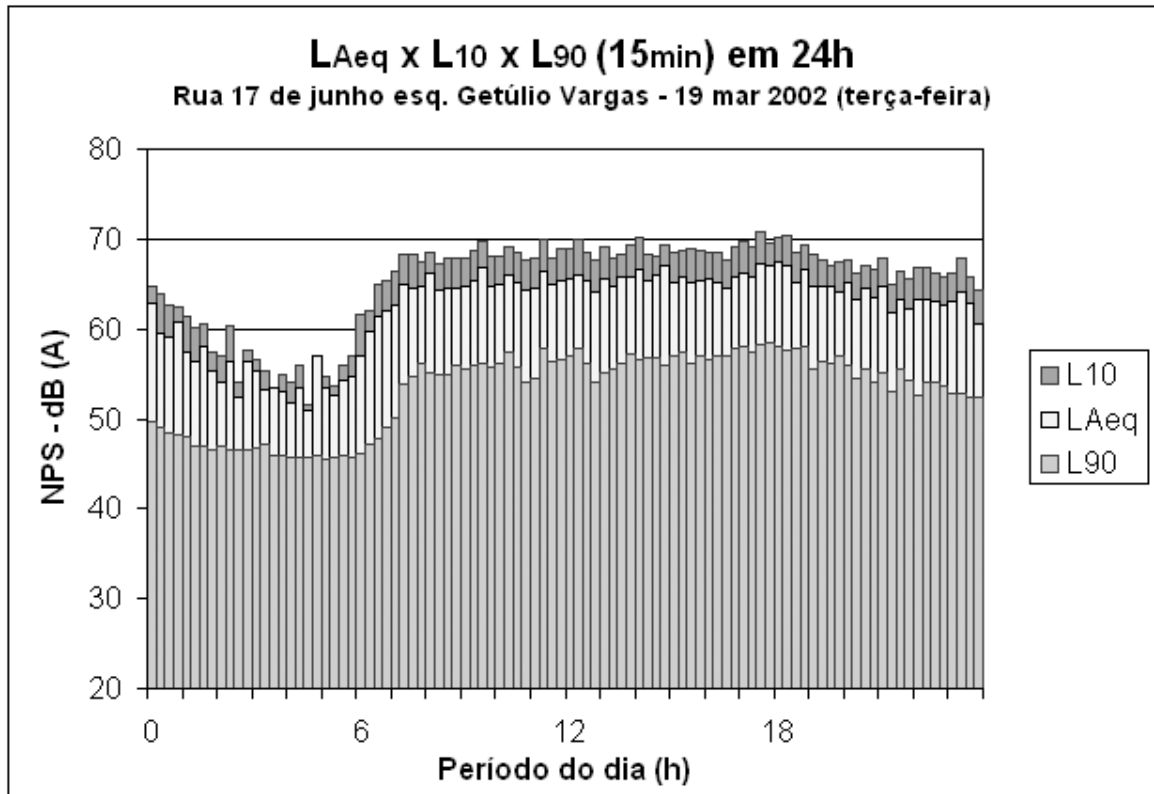


Figura 23: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

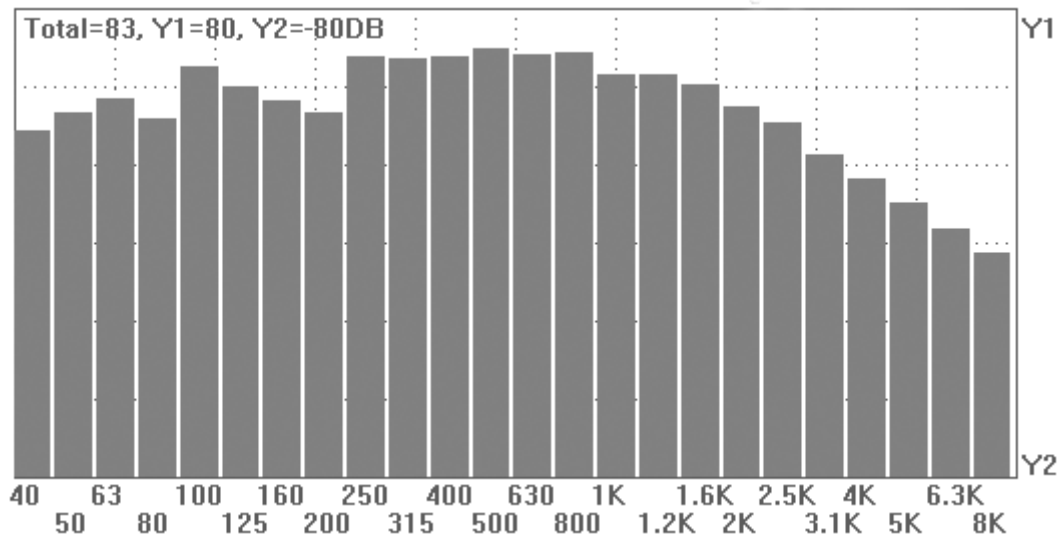


Figura 24: análise espectral para o PONTO 01 – $L_{Aeq}(24h) = 63,9$ dB(A)

Tabela 10: síntese dos resultados obtidos para o ponto 01

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	17:00 – 18:00 h	66,7
Horário de mínimo L_{eq}	03:00 – 04:00 h	54,0
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	20:00 – 22:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	04:00 – 05:00 h	45,6
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	18:00 – 19:00 h	69,8

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **4,94**. Valor relativamente elevado e característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído.
- **Análise espectral:** mostra um nível elevado na faixa correspondente a 100 Hz e de modo geral um padrão típico de ruído proveniente de tráfego em áreas urbanas, com níveis elevados nas frequências graves (aparecendo mais baixos no gráfico, devido à ponderação da curva “A”), uniformes nas frequências médias, baixando nas frequências agudas.
- **Tráfego:** há uma frequência moderada de tráfego de linhas de ônibus e lotação no local.
- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 22:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 03:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

4.2.2 Caracterização do ponto 02

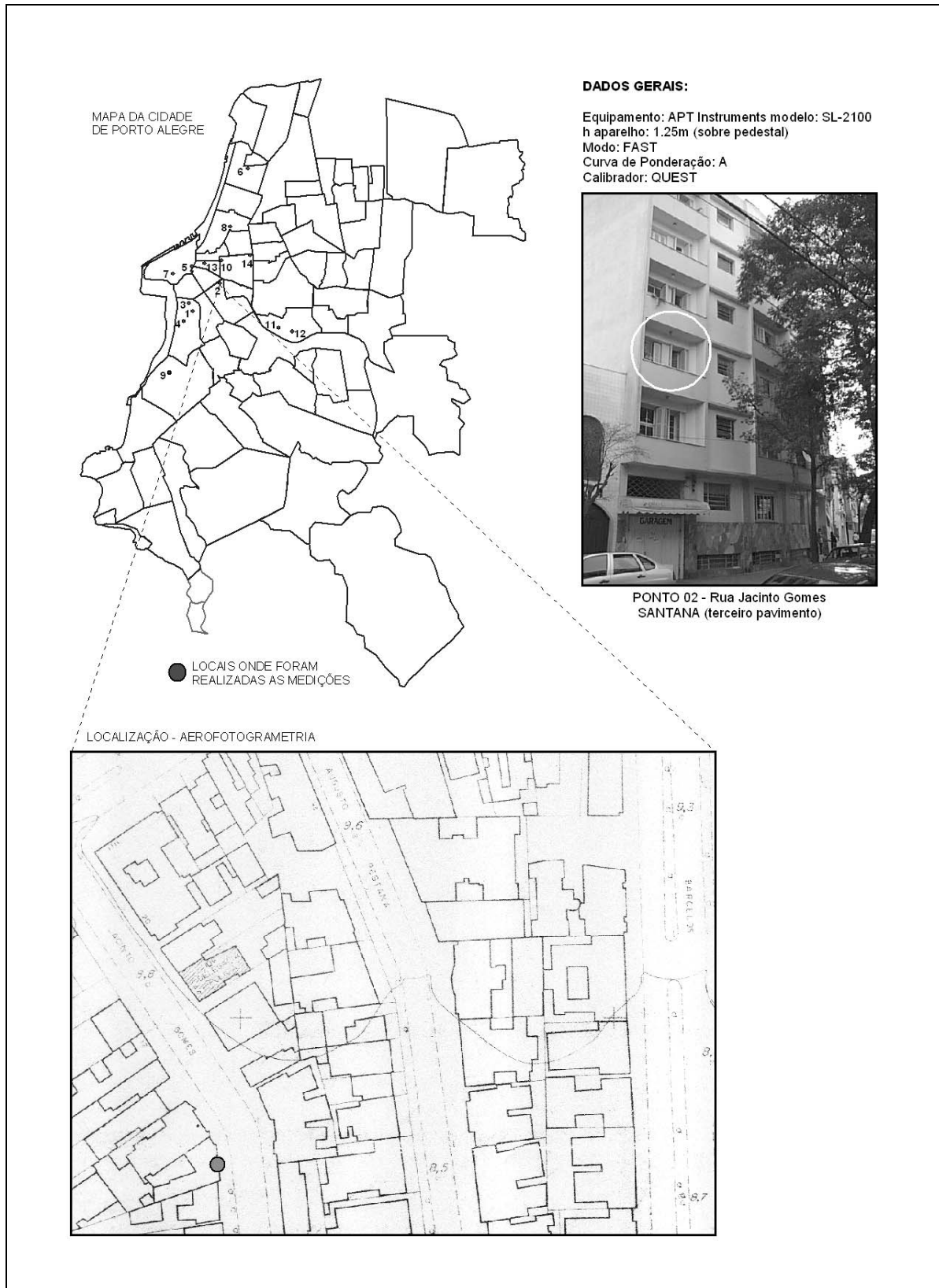
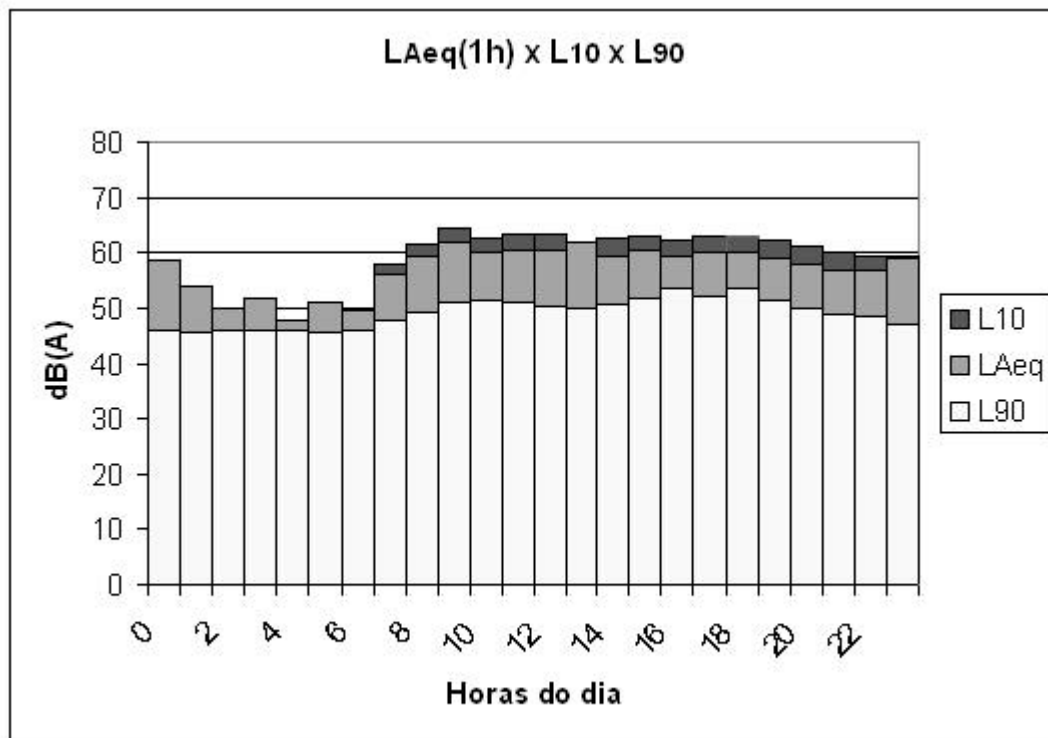


Figura 25: dados de caracterização do PONTO 02

Tabela 11: PONTO 02 – Rua Jacinto Gomes (Santana) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	58,6	93,1	44,7	55,0	47,4	46,1	4,49
01-02	54,0	84,0	44,4	51,5	46,7	45,7	3,81
02-03	49,9	72,6	44,6	49,0	46,7	45,9	2,66
03-04	51,9	77,7	44,8	48,4	46,4	45,8	2,88
04-05	47,9	67,1	44,8	47,7	46,4	45,8	1,79
05-06	51,2	80,6	44,5	47,5	46,3	45,7	2,22
06-07	49,7	70,2	44,6	49,7	46,8	45,9	2,68
07-08	55,9	77,1	45,3	58,0	50,1	47,8	4,54
08-09	59,3	79,8	47,1	61,4	52,4	49,1	5,14
09-10	61,8	81,4	47,9	64,5	55,9	51,1	5,42
10-11	60,1	83,3	48,5	62,7	55,1	51,3	4,69
11-12	60,3	85,9	49,0	63,2	54,6	51,0	4,91
12-13	60,6	86,0	47,1	63,2	54,2	50,2	5,16
13-14	61,8	94,4	47,5	61,9	53,3	49,9	4,95
14-15	59,3	79,5	48,4	62,6	54,3	50,8	4,64
15-16	60,6	81,8	49,0	63,0	56,2	51,8	4,58
16-17	59,4	79,4	50,3	62,4	55,9	53,6	3,64
17-18	60,0	80,3	48,8	62,9	55,7	52,1	4,35
18-19	60,2	77,0	51,0	63,1	56,1	53,6	4,00
19-20	58,9	79,6	34,2	62,3	55,2	51,3	4,36
20-21	58,0	78,6	47,1	61,0	53,4	49,8	4,49
21-22	56,8	76,9	46,6	60,1	51,5	48,8	4,55
22-23	56,8	79,3	46,4	59,5	50,9	48,5	4,57
23-24	58,8	80,5	45,2	59,3	49,6	46,9	5,46
							4,17

Figura 26: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

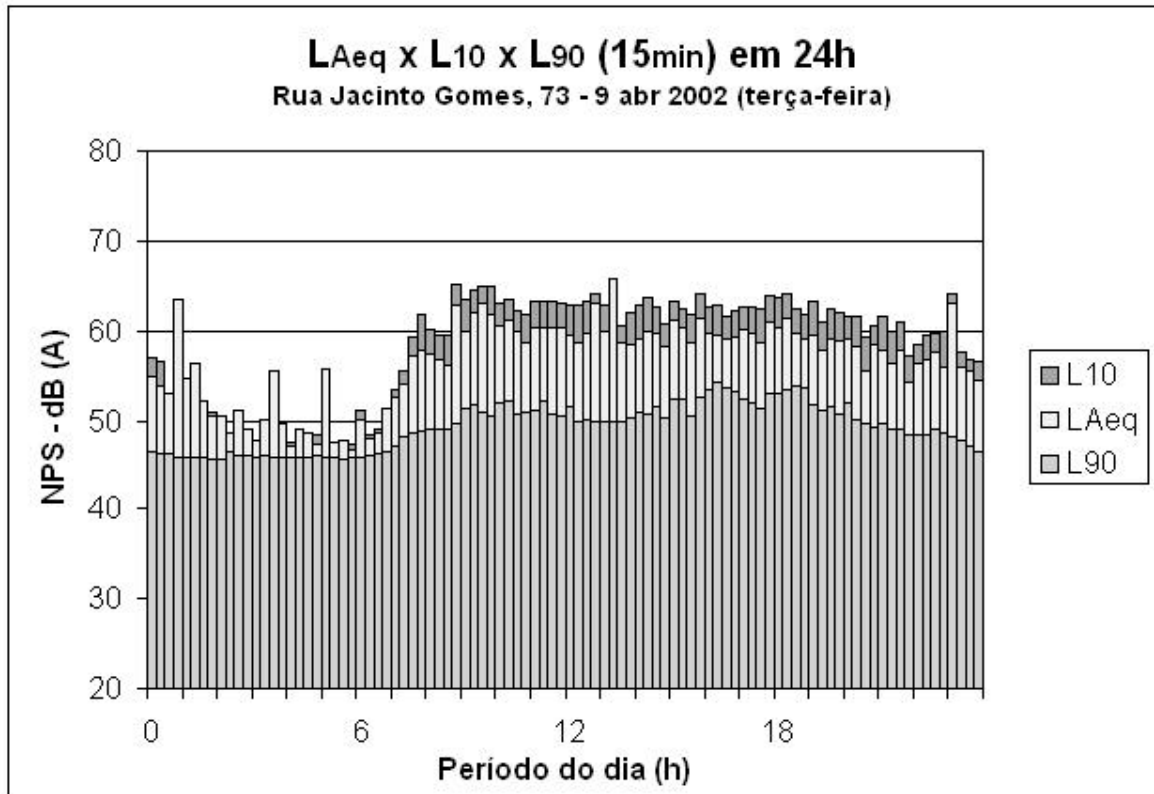


Figura 27: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

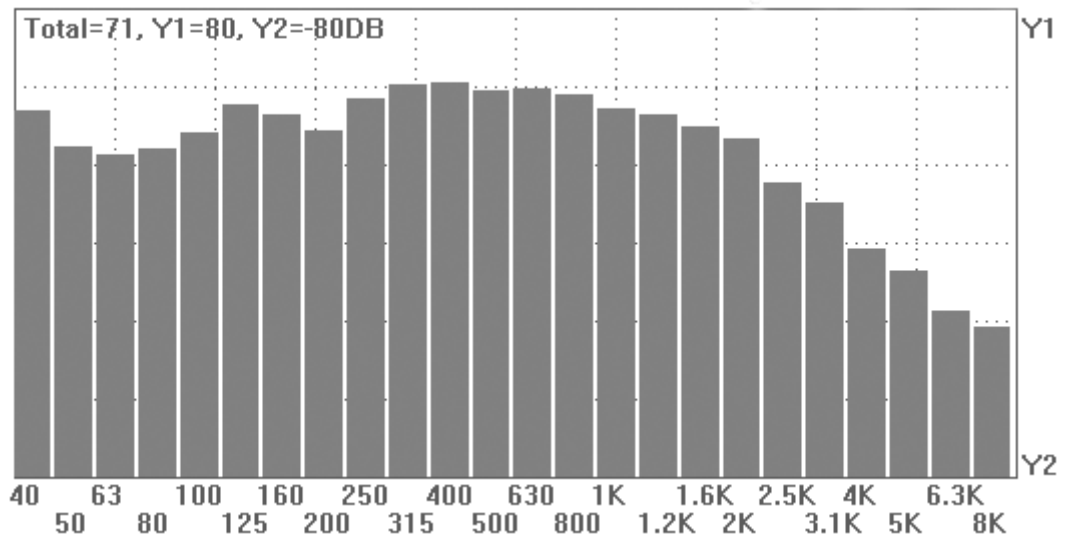


Figura 28: análise espectral para o PONTO 02 – $L_{Aeq}(24h)=58,5$ dB(A)

Tabela 12: síntese dos resultados obtidos para o ponto 02

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	09:00 – 10:00 e 13:00 – 14:00 h	61,8
Horário de mínimo L_{eq}	04:00 – 05:00 h	47,9
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	20:00 – 22:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	01:00 – 02:00 e 05:00 – 06:00 h	45,7
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	09:00 – 10:00 h	64,5

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **4,17**. Valor considerado relativamente elevado e característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído.

- **Análise espectral:** mostra um nível elevado nas faixas correspondentes a 40 e 125 Hz e de modo geral um padrão típico de ruído proveniente de tráfego em áreas urbanas, com níveis elevados nas frequências graves (aparecendo mais baixos no gráfico, devido à ponderação da curva “A”), uniformes nas frequências médias, baixando nas frequências agudas.

- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:30 até, aproximadamente, às 21:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 03:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:30 h.

- Neste ponto a amostragem apresentou valores menos estabilizados para o L_{eq} no decorrer das 24 horas.

4.2.3 Caracterização do ponto 03

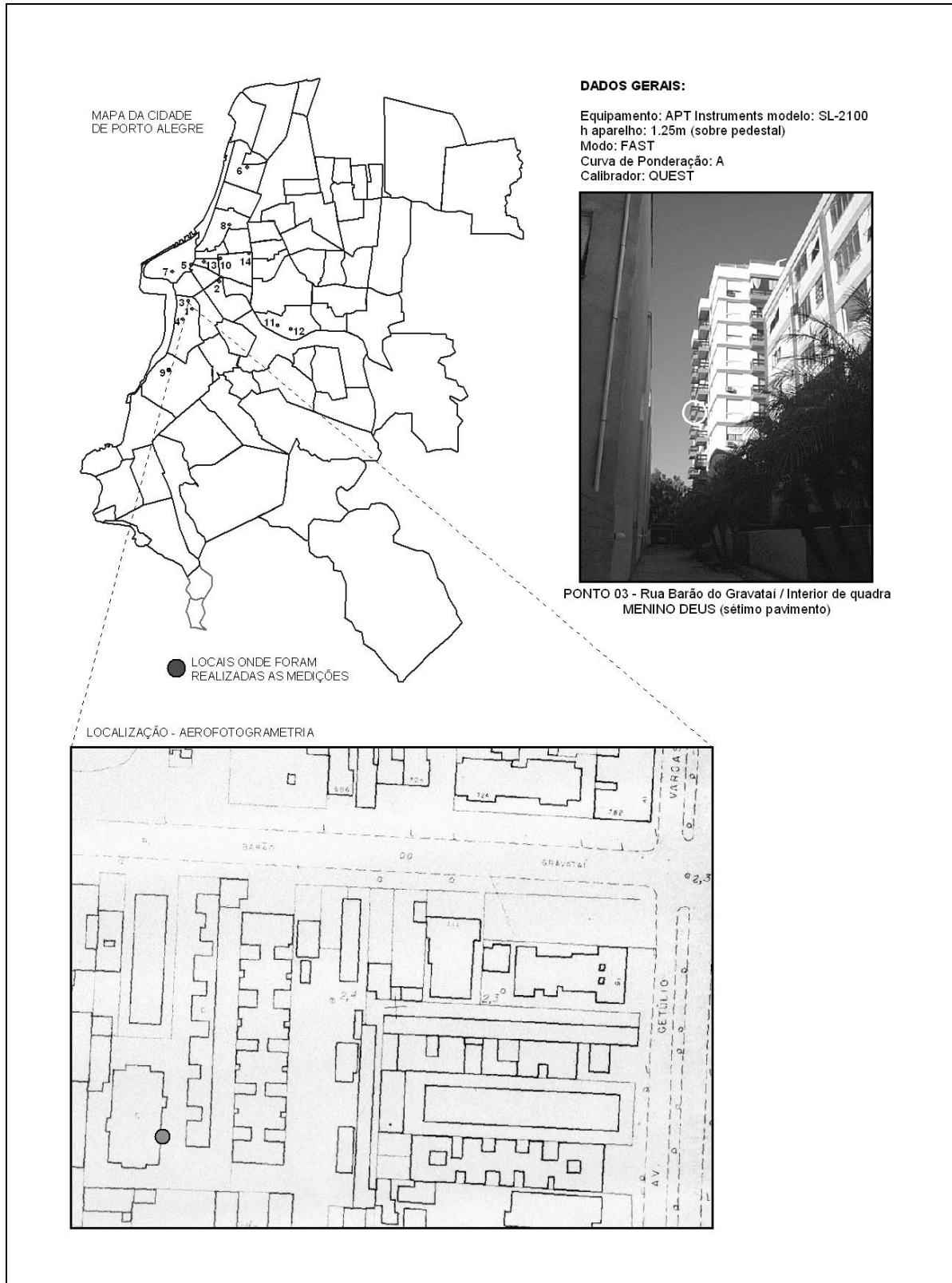
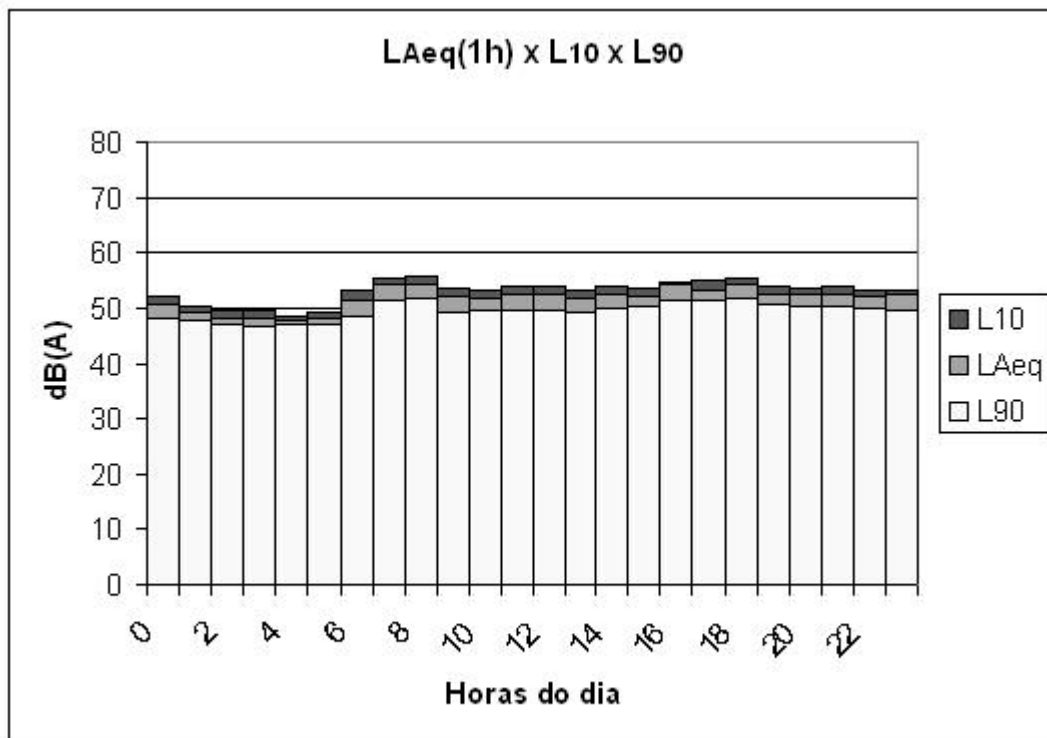


Figura 29: dados de caracterização do PONTO 03

Tabela 13: PONTO 03 – Rua Barão do Gravataí (Menino Deus) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	50,7	66,5	47,2	52,2	49,8	48,3	1,81
01-02	49,1	59,5	46,7	50,3	48,6	47,7	1,26
02-03	48,3	56,6	46,1	49,5	47,9	46,9	1,17
03-04	48,3	58,0	45,7	49,6	47,6	46,8	1,27
04-05	47,7	55,5	45,8	48,6	47,4	46,9	0,85
05-06	48,2	57,1	46,6	49,1	47,8	47,2	1,01
06-07	51,4	68,6	47,0	53,1	50,0	48,4	2,19
07-08	54,3	73,9	49,3	55,4	53,0	51,5	1,90
08-09	54,1	66,9	50,2	55,9	53,5	51,9	1,66
09-10	52,0	67,7	47,4	53,6	50,9	49,4	1,94
10-11	51,7	66,1	47,3	53,2	50,9	49,5	1,74
11-12	52,4	65,9	47,9	54,0	51,2	49,5	2,11
12-13	52,4	67,7	48,0	53,9	51,0	49,5	2,19
13-14	51,8	70,3	47,6	53,3	50,9	49,4	1,76
14-15	52,6	68,0	48,5	54,0	51,6	50,1	1,88
15-16	52,1	61,9	48,4	53,5	51,7	50,3	1,38
16-17	54,3	80,7	49,4	54,8	52,6	51,3	1,84
17-18	53,3	62,8	49,6	54,9	52,8	51,3	1,60
18-19	54,3	69,7	49,7	55,5	52,8	51,6	2,14
19-20	52,4	62,5	48,7	53,9	51,8	50,6	1,51
20-21	52,3	67,5	48,9	53,5	51,7	50,4	1,46
21-22	52,5	71,9	48,8	53,8	51,5	50,3	1,71
22-23	52,0	68,5	48,4	53,2	51,3	50,1	1,52
23-24	52,4	79,1	48,1	53,1	50,8	49,5	1,84
							1,65

Figura 30: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

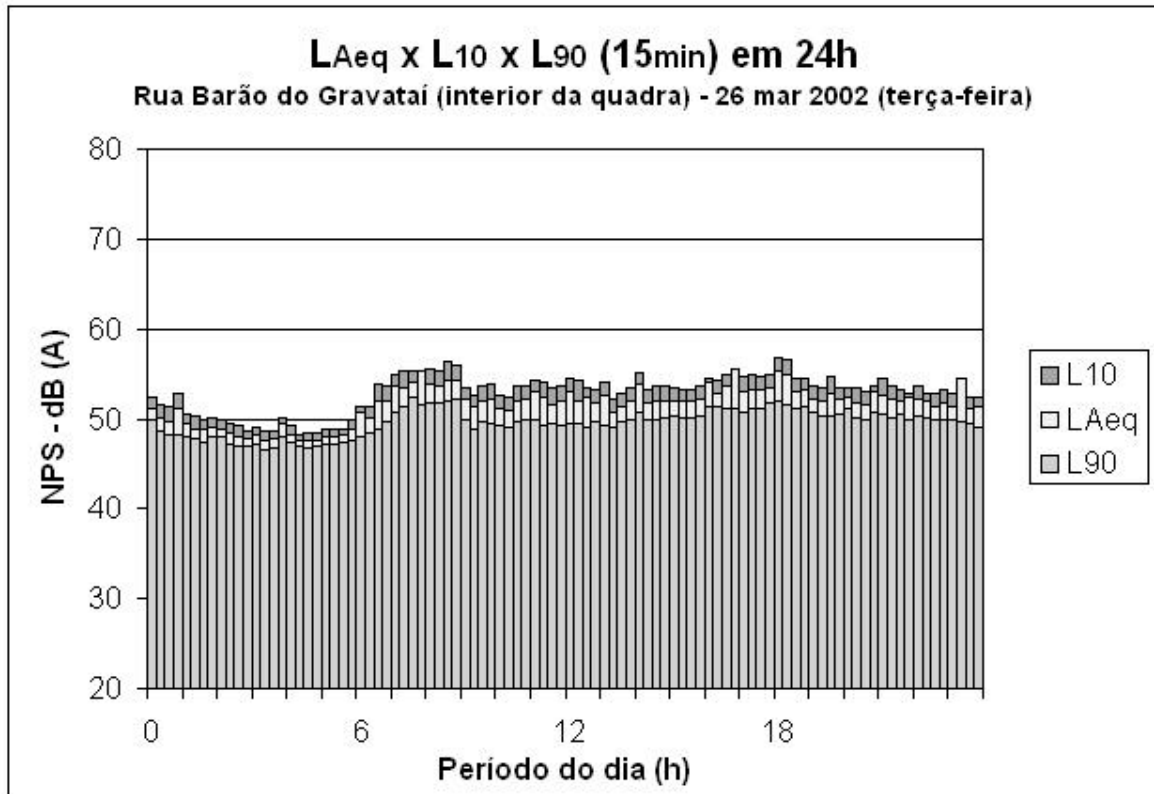


Figura 31: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

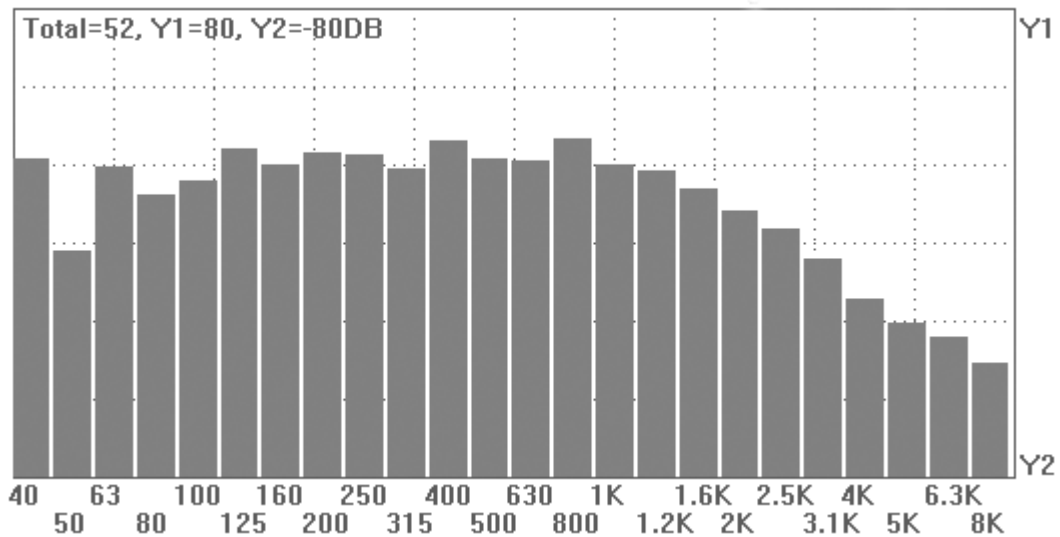


Figura 32: análise espectral para o PONTO 03 – $L_{Aeq}(24h) = 52,1$ dB(A)

Tabela 14: síntese dos resultados obtidos para o ponto 03

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	07:00 – 08:00 e 16:00 – 19:00 h	54,3
Horário de mínimo L_{eq}	04:00 – 05:00 h	47,9
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	21:00 – 23:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	03:00 – 04:00 h	46,8
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	08:00 – 09:00 h	55,9

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **1,65**. Valor considerado extremamente estabilizado e característico de um ambiente com níveis satisfatoriamente moderados de ruído.

- **Análise espectral:** mostra um nível bastante reduzido na faixa correspondente a 50 Hz e em toda a faixa grave do espectro. De modo geral apresenta também um padrão considerado normal para a avaliação de ruído predominantemente proveniente de tráfego veicular, mesmo com elevadas distâncias em relação as fontes geradoras (via expressa a cerca de 100 m).

- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 06:30 até, aproximadamente, às 23:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 04:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 06:30 h.

4.2.4 Caracterização do ponto 04

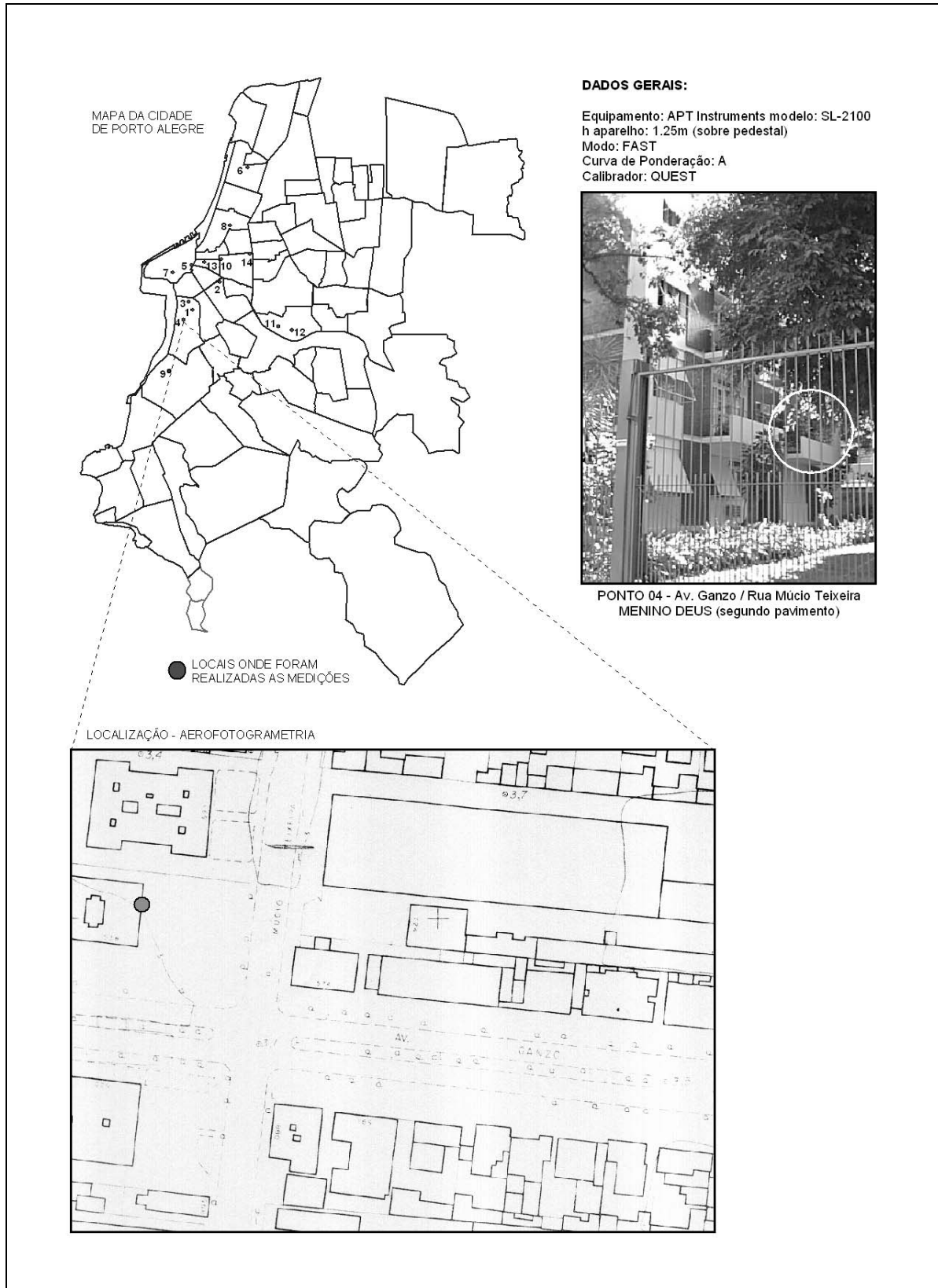
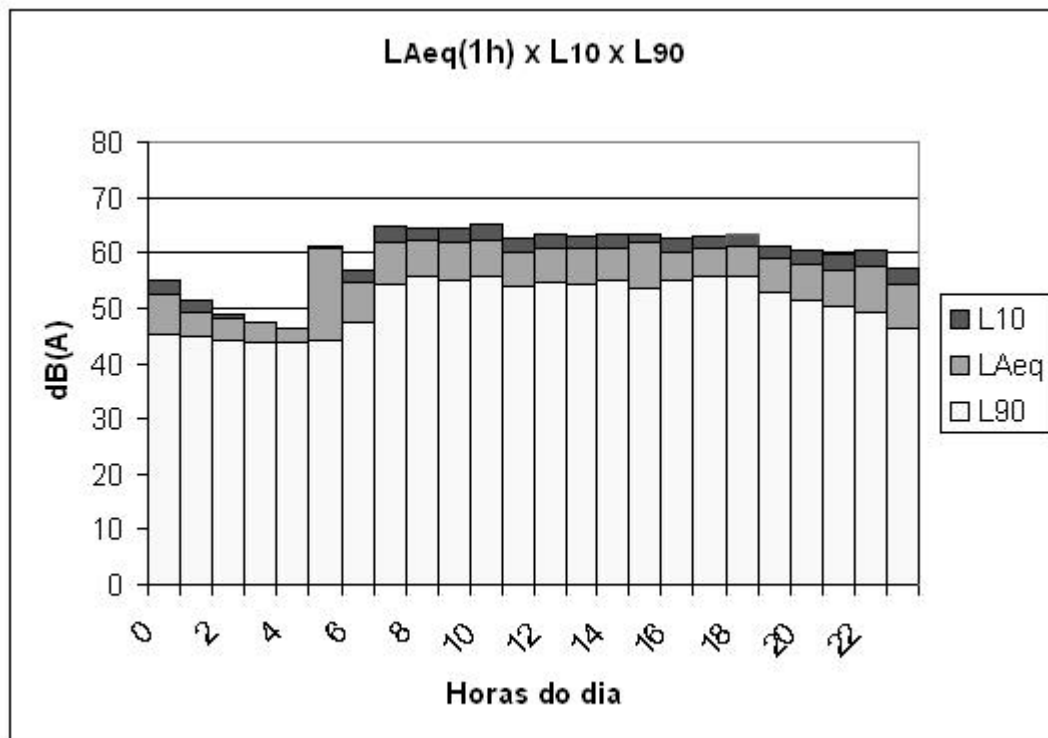


Figura 33: dados de caracterização do PONTO 04

Tabela 15: PONTO 04 – Av. Ganzo (Menino Deus) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	52,6	73,8	43,6	55,2	47,1	45,3	4,26
01-02	49,2	66,0	43,8	51,3	45,8	44,9	3,18
02-03	48,1	68,0	43,2	49,0	45,1	44,3	2,81
03-04	47,4	70,1	42,9	46,9	44,4	43,8	2,54
04-05	46,4	63,8	42,8	46,5	44,4	43,9	2,27
05-06	61,0	95,9	43,1	61,3	52,0	44,3	6,82
06-07	54,8	77,4	44,8	56,7	51,9	47,3	3,84
07-08	61,8	76,3	47,4	64,8	60,1	54,2	4,34
08-09	62,2	79,1	48,8	64,5	60,3	55,7	3,66
09-10	61,8	77,2	49,2	64,6	59,9	54,9	3,87
10-11	62,4	84,6	49,8	65,0	60,4	55,6	3,82
11-12	60,2	81,4	49,1	62,8	58,2	54,1	3,47
12-13	60,8	76,7	49,7	63,4	58,8	54,5	3,65
13-14	60,6	79,9	47,9	62,9	58,6	54,4	3,62
14-15	60,7	81,5	49,3	63,3	58,9	55,0	3,38
15-16	61,7	88,7	48,6	63,5	58,5	53,4	4,10
16-17	60,0	75,8	51,4	62,5	58,4	55,1	3,07
17-18	60,8	80,4	51,5	62,9	59,0	55,6	3,12
18-19	61,0	83,3	50,4	63,4	59,2	55,9	3,12
19-20	58,9	80,5	48,5	61,1	57,0	52,9	3,39
20-21	58,1	81,1	47,0	60,6	56,0	51,5	3,62
21-22	56,8	72,6	46,8	59,7	54,4	50,2	3,77
22-23	57,4	74,1	44,3	60,4	54,2	49,3	4,40
23-24	54,3	75,1	44,4	57,3	50,1	46,2	4,49
							3,69

Figura 34: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

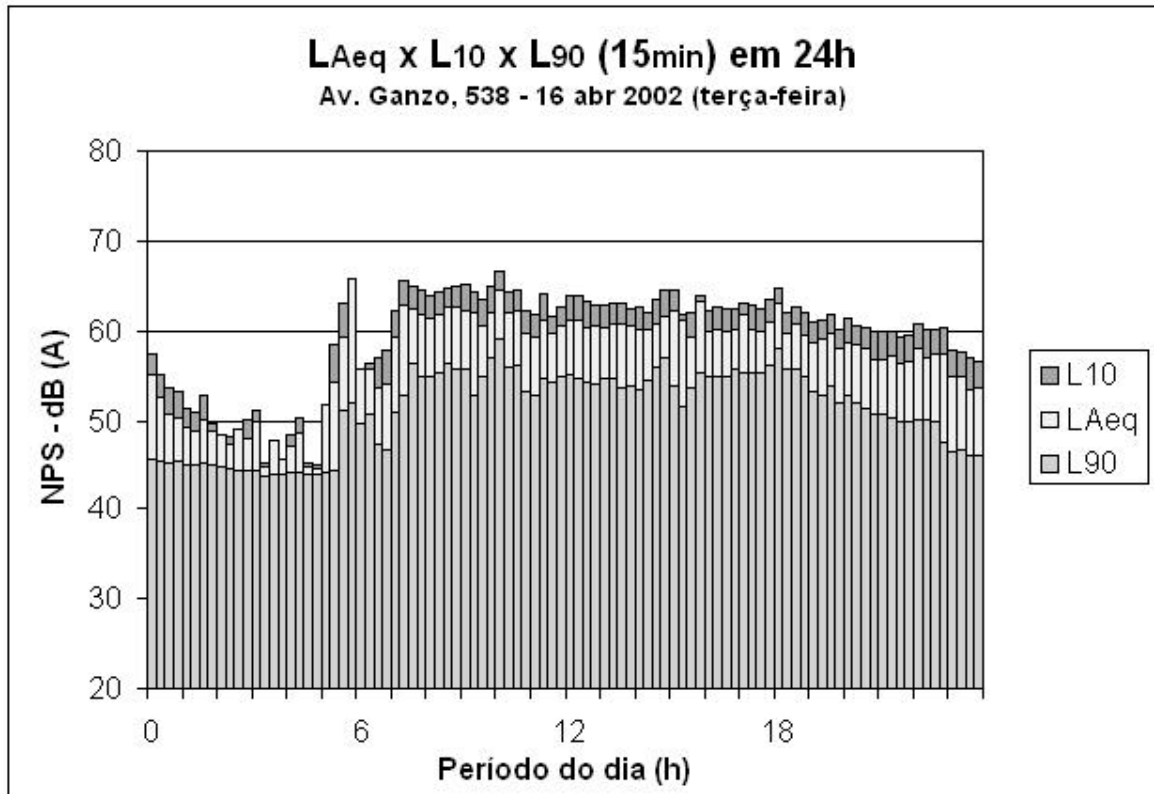


Figura 35: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

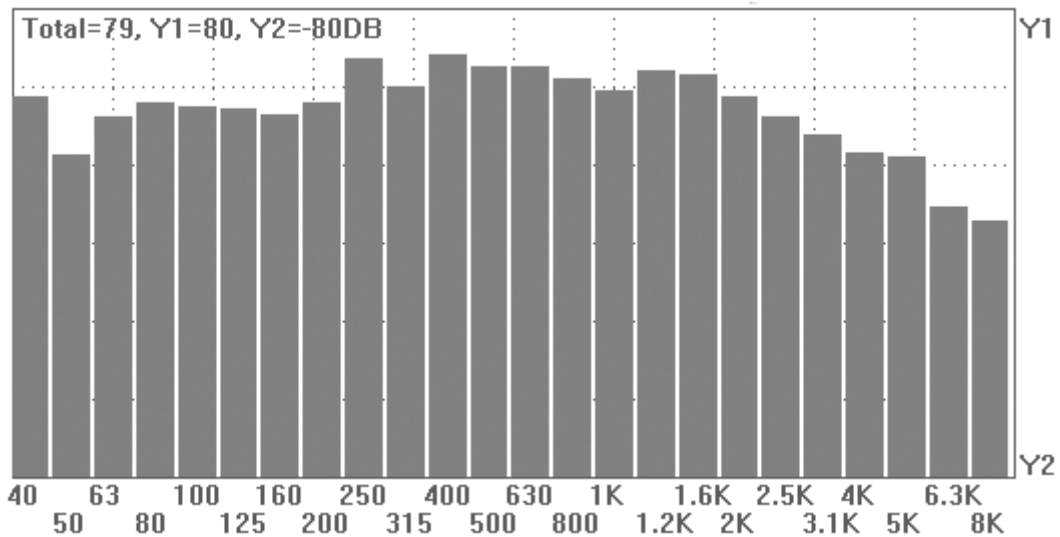


Figura 36: análise espectral para o PONTO 04 – $L_{Aeq}(24h)=59,4$ dB(A)

Tabela 16: síntese dos resultados obtidos para o ponto 04

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	10:00 – 11:00 h	62,4
Horário de mínimo L_{eq}	04:00 – 05:00 h	46,4
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	18:00 – 20:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	03:00 – 04:00 h	43,8
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	10:00 – 11:00 h	65,0

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **3,69**. Valor relativamente elevado e característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído.
- **Análise espectral:** mostra um nível elevado nas faixas correspondentes a 40, 250 e 400 Hz e de modo geral um padrão típico de ruído proveniente veicular em áreas urbanas.
- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 20:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 05:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.
- No período entre 05:00 e 06:00 há um súbito pico nos valores devido a presença de atividades de carga e descarga de caminhões em depósito próximo ao local.

4.2.5 Caracterização do ponto 05

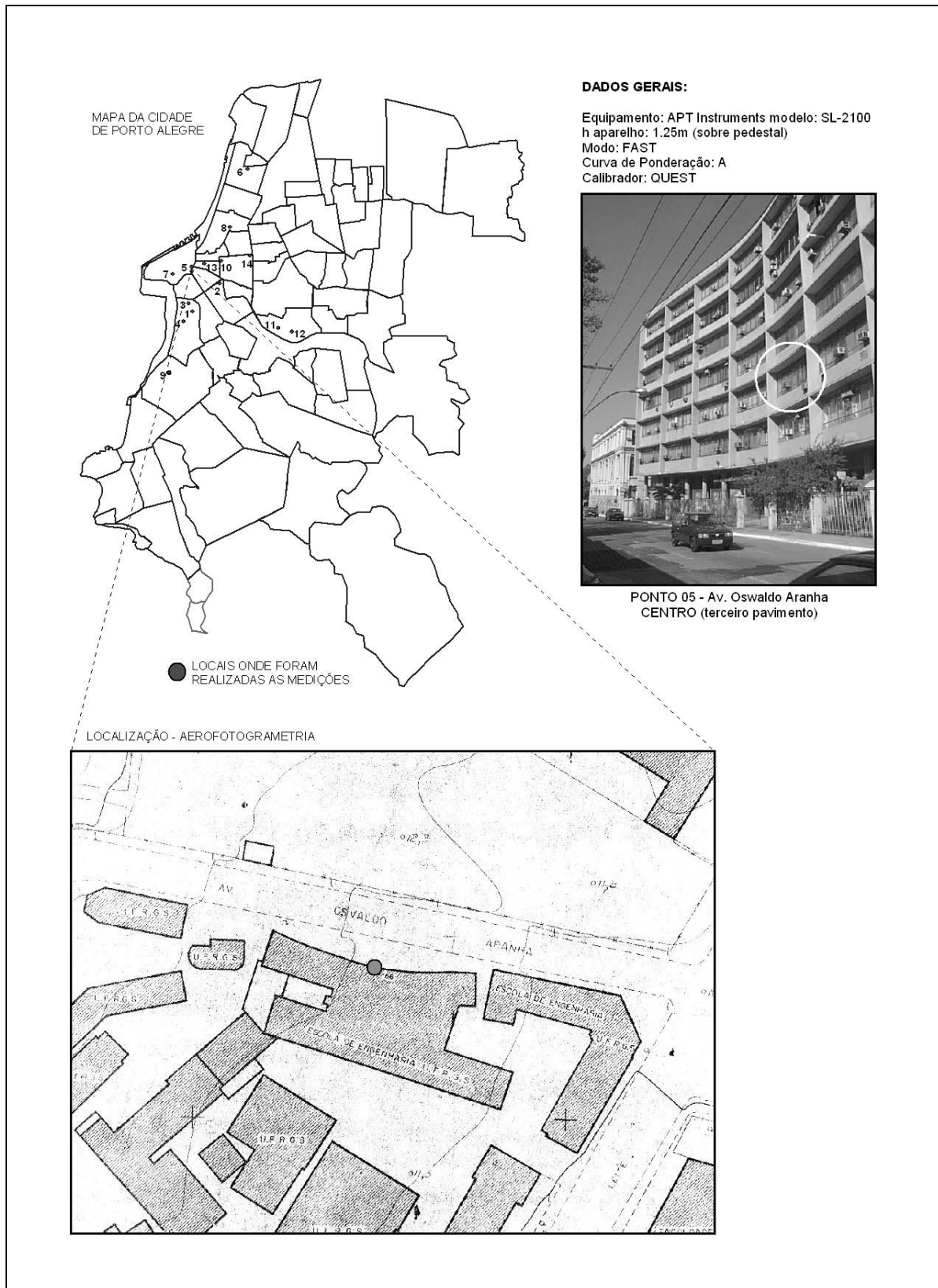
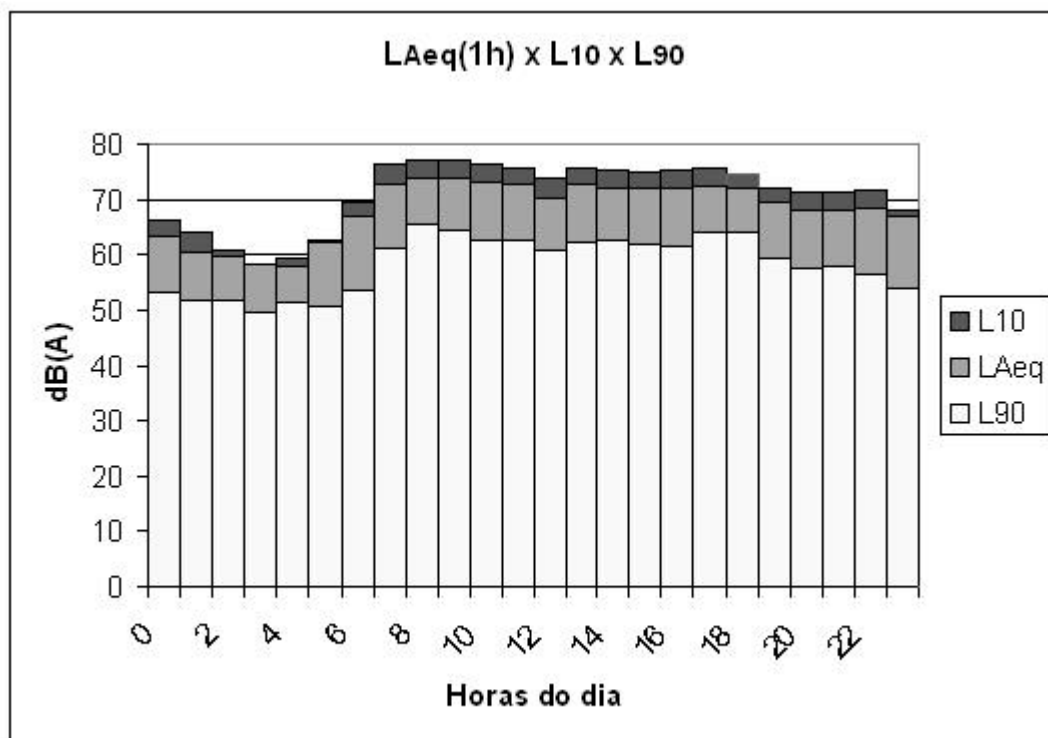


Figura 37: dados de caracterização do PONTO 05

Tabela 17: PONTO 05 – Av. Oswaldo Aranha (Centro) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	63,4	88,0	50,4	66,1	56,9	53,1	5,10
01-02	60,3	79,4	49,6	63,9	55,1	51,9	4,66
02-03	59,8	84,8	50,0	60,9	54,8	51,9	4,01
03-04	58,2	81,4	48,0	57,7	53,5	49,7	4,08
04-05	58,0	78,6	49,3	59,4	54,8	51,5	3,62
05-06	62,2	84,9	48,3	62,7	54,3	50,8	5,15
06-07	67,0	90,3	51,2	69,5	58,2	53,5	6,40
07-08	72,6	86,8	53,3	76,4	69,3	61,1	5,75
08-09	73,9	88,7	57,9	77,1	71,6	65,7	4,40
09-10	73,8	89,7	59,3	77,2	70,9	64,3	4,79
10-11	73,2	93,9	59,2	76,5	69,8	62,6	5,11
11-12	72,8	89,7	58,9	75,5	69,8	62,6	4,85
12-13	70,3	85,7	56,5	73,7	68,4	60,8	4,76
13-14	72,7	89,0	57,6	75,7	69,6	62,2	4,98
14-15	72,0	86,4	58,0	75,2	69,5	62,7	4,66
15-16	72,1	88,0	57,7	75,1	69,2	62,0	4,94
16-17	72,1	91,7	57,9	75,2	68,8	61,7	4,99
17-18	72,4	89,6	58,9	75,6	69,6	64,1	4,41
18-19	72,1	90,7	54,1	74,7	69,9	63,9	4,42
19-20	69,5	93,9	54,3	72,2	67,4	59,5	4,82
20-21	68,1	83,0	53,5	71,3	65,7	57,5	5,22
21-22	68,0	83,4	53,2	71,2	65,5	57,9	5,11
22-23	68,6	86,3	51,0	71,8	64,9	56,6	5,88
23-24	67,0	97,8	50,3	68,2	59,5	54,1	5,63
							4,91

Figura 38: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

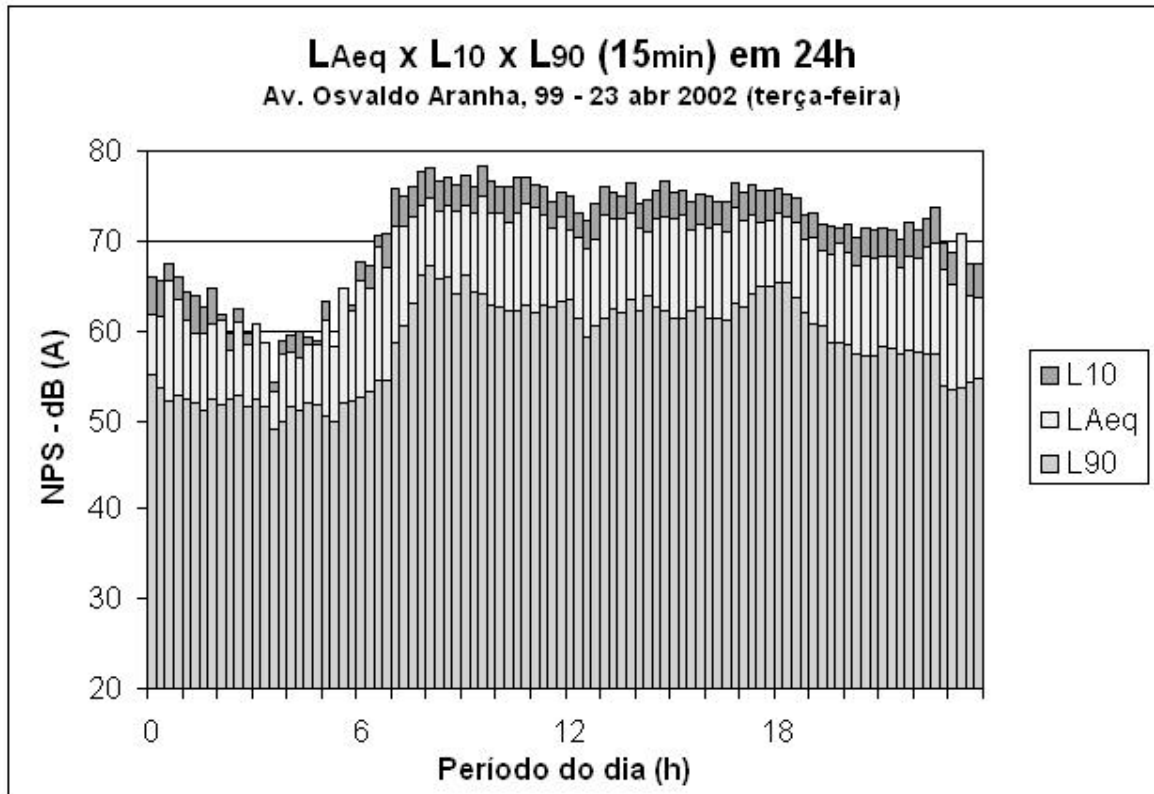


Figura 39: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

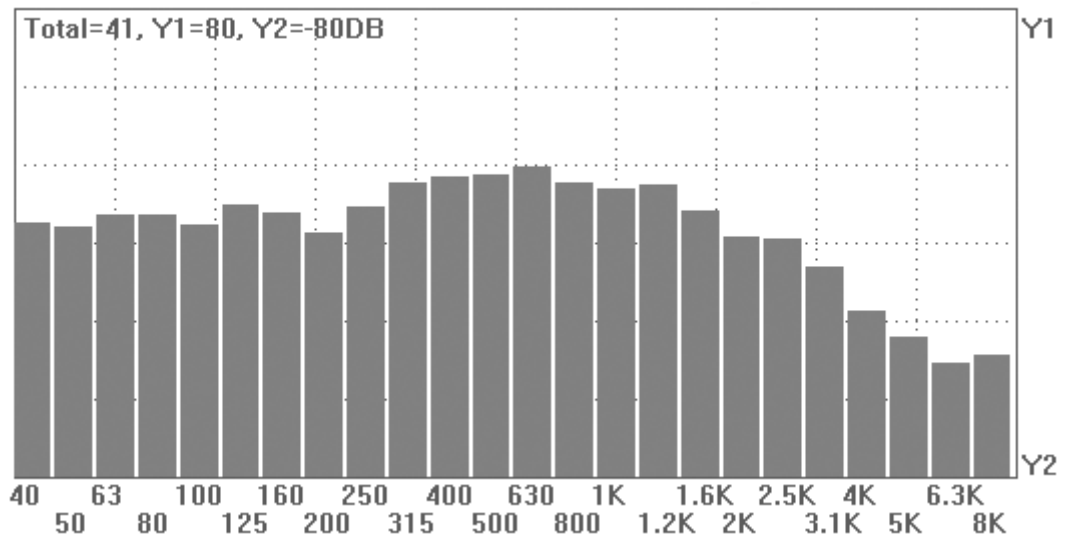


Figura 40: análise espectral para o PONTO 05 – $L_{Aeq}(24h) = 70,4$ dB(A)

Tabela 18: síntese dos resultados obtidos para o ponto 05

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	08:00 – 09:00 h	73,9
Horário de mínimo L_{eq}	04:00 – 05:00 h	58,0
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	18:00 – 20:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	03:00 – 04:00 h	49,7
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	09:00 – 10:00 h	77,2

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **4,91**. Valor bastante elevado e característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído.
- **Análise espectral:** mostra um nível equilibrado na região grave e um pouco elevado na região média (entre 315 e 800 Hz). De modo geral apresenta um padrão típico para ruído predominantemente proveniente de tráfego veicular em zonas urbanas.
- **Tráfego:** Fluxo presente de linhas de ônibus e lotação e proximidade de um dos acessos principais de veículos pesados na cidade em direção aos bairros periféricos.
- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 22:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 04:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

4.2.6 Caracterização do ponto 06

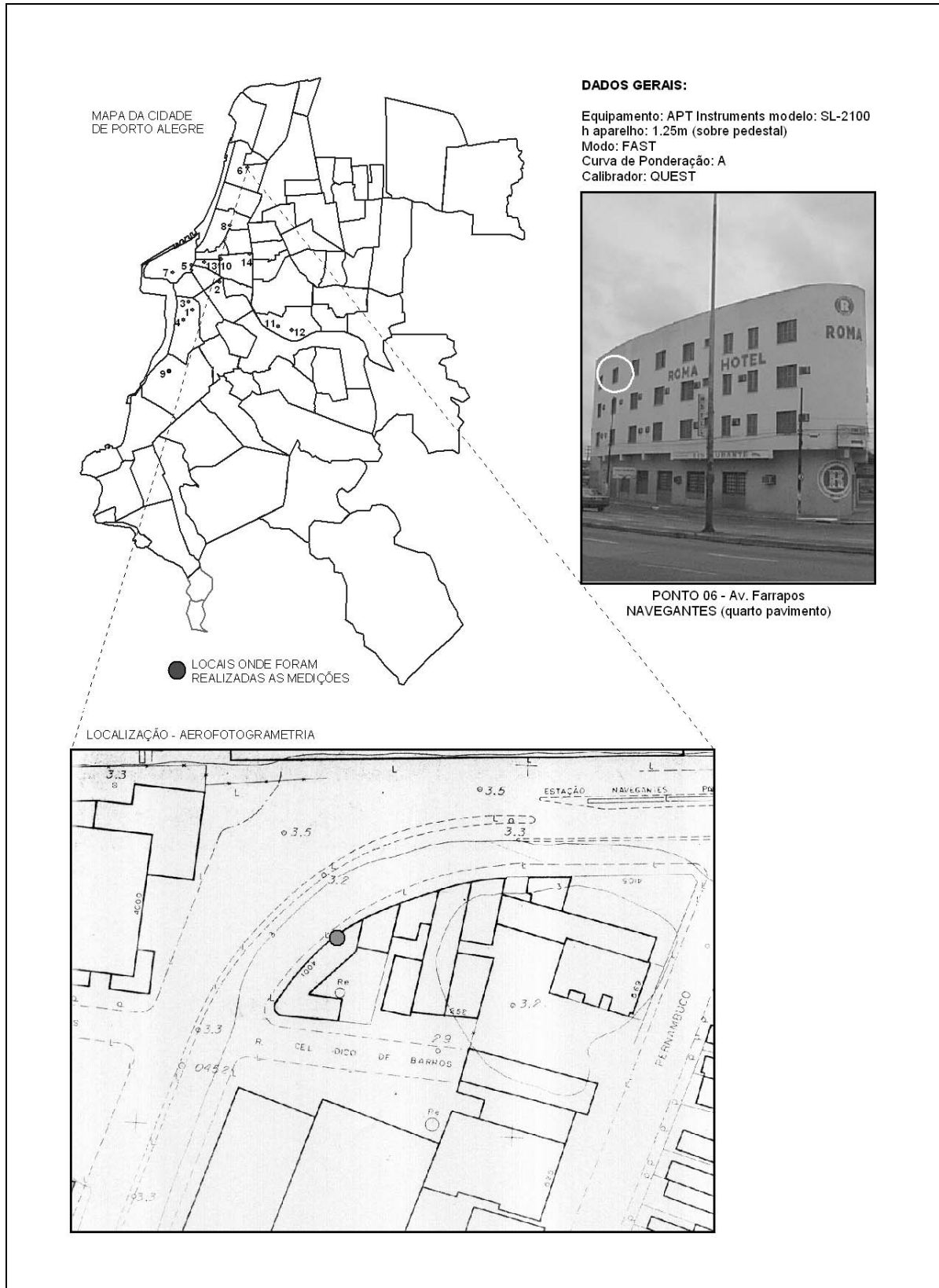
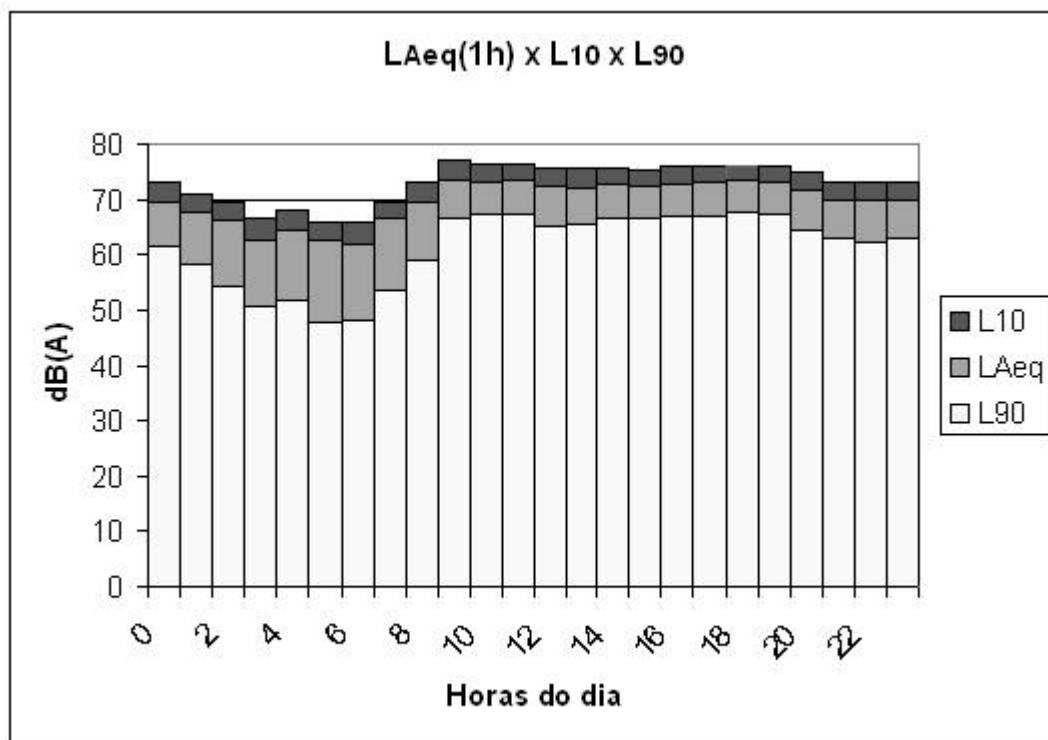


Figura 41: dados de caracterização do PONTO 06

Tabela 19: PONTO 06 – Av. Farrapos (Navegantes) – quinta-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	69,6	82,8	57,0	73,1	67,1	61,7	4,35
01-02	67,6	83,1	52,6	70,9	64,7	58,3	4,88
02-03	66,2	84,7	48,1	69,5	61,8	54,4	5,80
03-04	62,8	79,7	45,3	66,6	58,5	50,7	5,85
04-05	64,4	81,9	44,5	68,0	61,4	51,7	6,14
05-06	62,4	86,0	43,8	65,8	55,4	47,9	6,84
06-07	61,8	78,2	44,3	65,9	55,3	48,1	6,78
07-08	66,5	84,7	47,9	69,5	61,5	53,7	6,10
08-09	69,4	82,9	47,7	73,3	66,6	58,9	5,53
09-10	73,6	84,7	59,0	77,1	71,7	66,7	4,01
10-11	73,3	88,7	60,2	76,4	71,6	67,3	3,57
11-12	73,5	94,4	60,9	76,5	72,0	67,4	3,55
12-13	72,2	87,8	59,6	75,5	70,4	65,3	3,92
13-14	72,1	85,3	57,7	75,5	70,4	65,6	3,78
14-15	72,6	86,4	62,0	75,6	71,1	66,5	3,53
15-16	72,4	87,1	58,1	75,3	70,9	66,7	3,43
16-17	72,9	88,4	59,6	75,9	71,4	67,0	3,52
17-18	73,2	89,5	61,6	76,1	71,9	67,0	3,47
18-19	73,3	87,8	61,1	76,1	72,1	67,7	3,30
19-20	73,2	86,9	60,3	76,1	71,8	67,2	3,50
20-21	71,5	85,5	59,5	74,9	69,5	64,6	3,94
21-22	69,9	87,8	55,2	73,0	67,9	63,0	3,94
22-23	69,8	85,0	55,2	73,0	67,8	62,2	4,18
23-24	69,8	84,5	57,2	73,0	67,9	62,9	3,88
							4,49

Figura 42: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

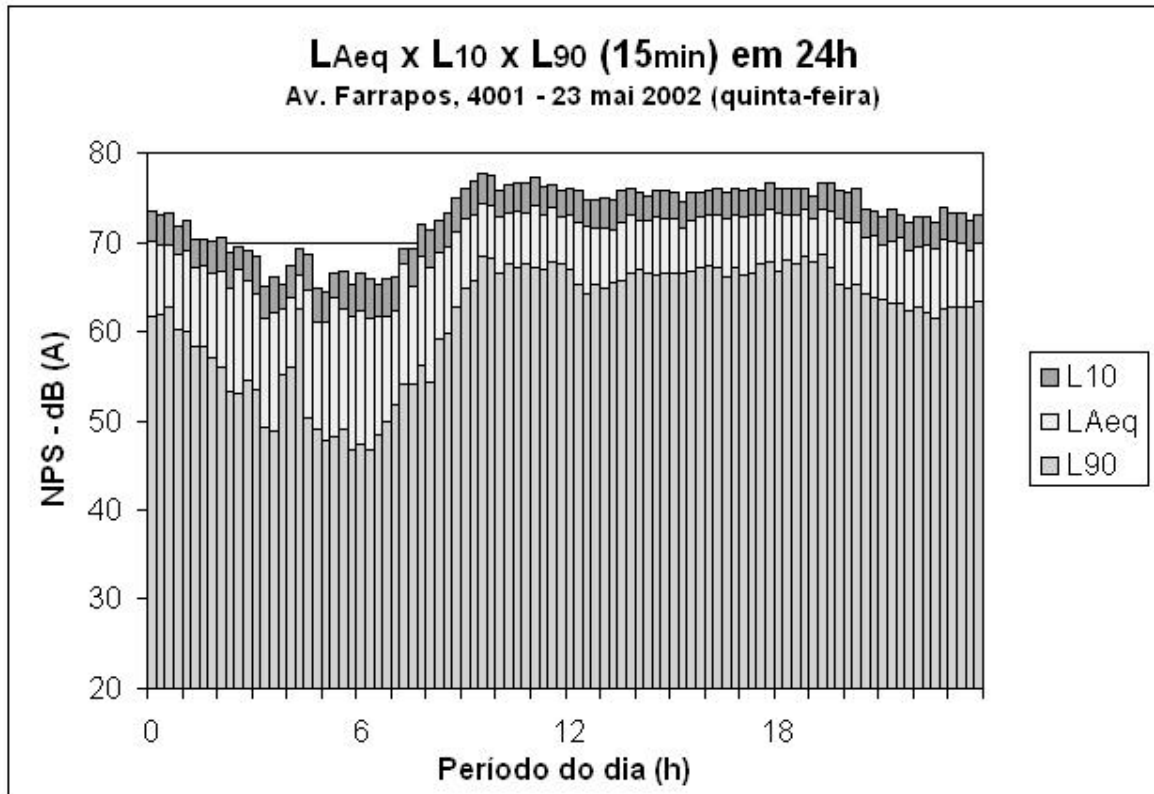


Figura 43: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

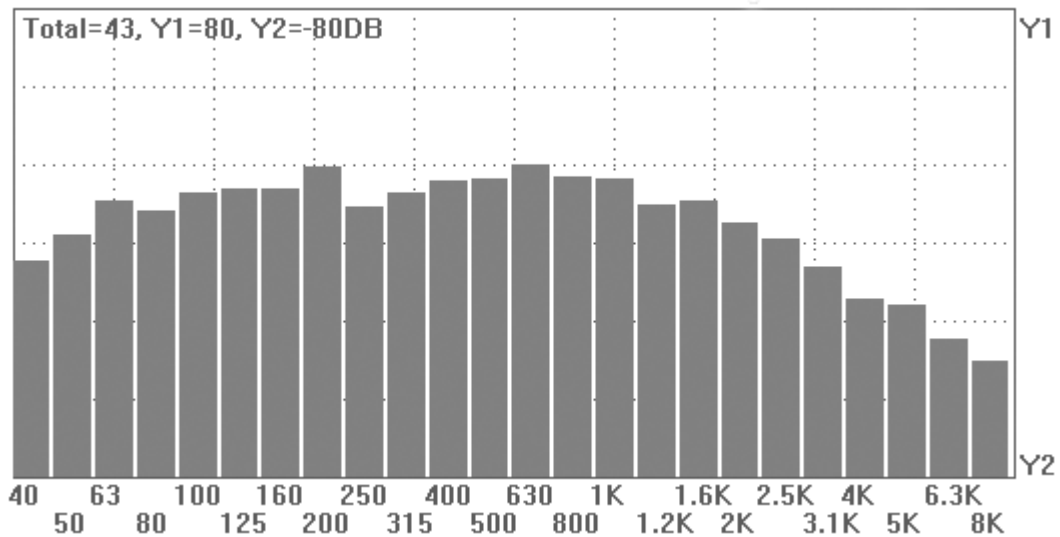


Figura 44: análise espectral para o PONTO 06 – $L_{Aeq}(24h) = 71,0$ dB(A)

Tabela 20: síntese dos resultados obtidos para o ponto 06

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	09:00 – 10:00 h	73,6
Horário de mínimo L_{eq}	06:00 – 07:00 h	61,8
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	20:00 – 22:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	05:00 – 06:00 h	47,9
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	09:00 – 10:00 h	77,1

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **4,49**. Valor relativamente elevado e característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído.

- **Análise espectral:** mostra um nível acentuado na faixa correspondente a 200 Hz, porém, de modo geral, também apresenta um padrão típico para ruído predominantemente proveniente de tráfego veicular em zona urbana.

- **Tráfego:** presença de tráfego intenso de veículos pesados (ônibus, caminhões e lotações) na via e localização próxima a uma estação de metrô de superfície.

- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 08:00 até, aproximadamente, às 20:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma pequena queda gradual nos níveis de pressão sonora até as 24:00 h, onde se inicia uma nova queda até um segundo patamar mínimo às 05:00 h. Deste ponto em diante, gradualmente aumentam os valores voltando a estabilizar a partir das 08:00 h.

4.2.7 Caracterização do ponto 07

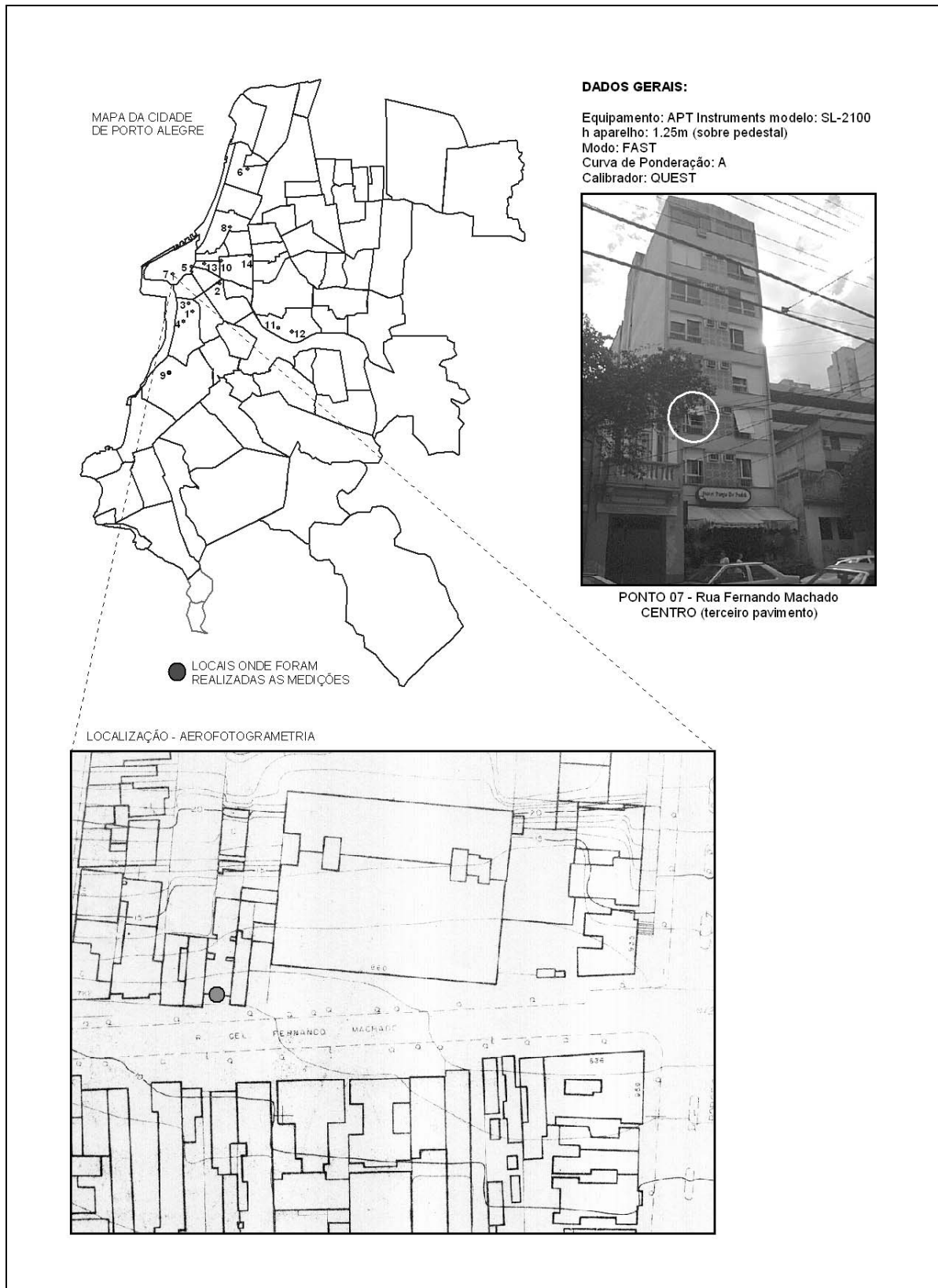
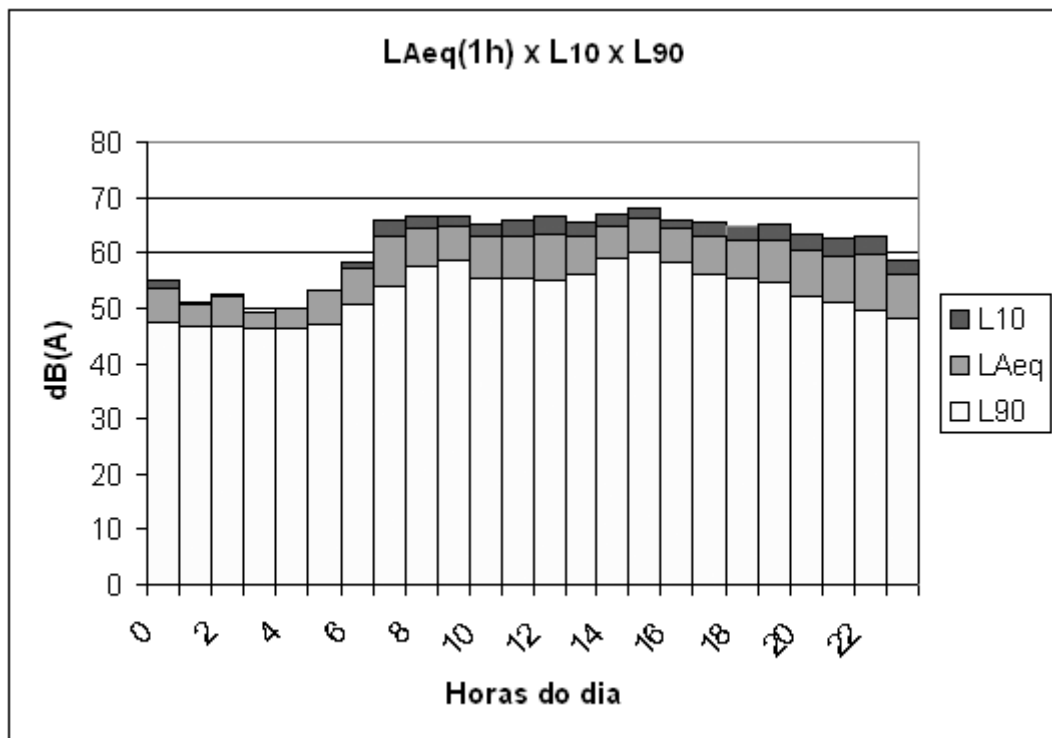


Figura 45: dados de caracterização do PONTO 07

Tabela 21: PONTO 07 – Rua Fernando Machado (Centro) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	53,6	78,3	46,2	55,0	48,4	47,3	3,82
01-02	50,8	69,9	45,7	51,0	47,4	46,7	2,95
02-03	52,1	74,4	45,4	52,6	47,3	46,6	3,45
03-04	49,4	73,7	45,1	48,2	46,9	46,4	2,16
04-05	50,1	73,3	45,4	49,5	47,1	46,4	2,45
05-06	53,4	77,4	45,9	53,3	48,1	47,1	3,52
06-07	57,0	78,8	49,3	58,1	52,5	50,8	3,63
07-08	63,0	80,6	50,5	65,9	60,2	53,8	4,72
08-09	64,3	81,7	52,6	66,5	62,1	57,4	3,76
09-10	64,6	84,3	53,9	66,7	62,4	58,7	3,41
10-11	62,9	85,4	52,3	65,3	59,1	55,5	4,10
11-12	62,8	83,4	51,9	65,8	59,2	55,3	4,22
12-13	63,5	83,5	52,3	66,7	59,1	55,0	4,60
13-14	62,9	82,3	52,3	65,5	60,0	56,1	3,89
14-15	64,7	86,6	53,7	66,8	62,9	59,0	3,33
15-16	66,1	87,4	54,1	68,0	64,2	60,2	3,41
16-17	64,4	88,3	53,6	66,0	62,3	58,2	3,39
17-18	62,9	82,1	53,0	65,6	60,3	56,2	3,80
18-19	62,3	85,8	52,4	64,9	59,0	55,5	3,85
19-20	62,4	83,2	52,2	65,0	58,5	54,8	4,20
20-21	60,3	81,4	49,2	63,4	56,2	52,0	4,54
21-22	59,5	81,1	48,6	62,8	54,6	51,2	4,56
22-23	59,6	85,6	47,5	63,1	53,3	49,6	5,26
23-24	55,9	82,4	46,8	58,5	50,0	48,1	4,48
							3,81

Figura 46: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

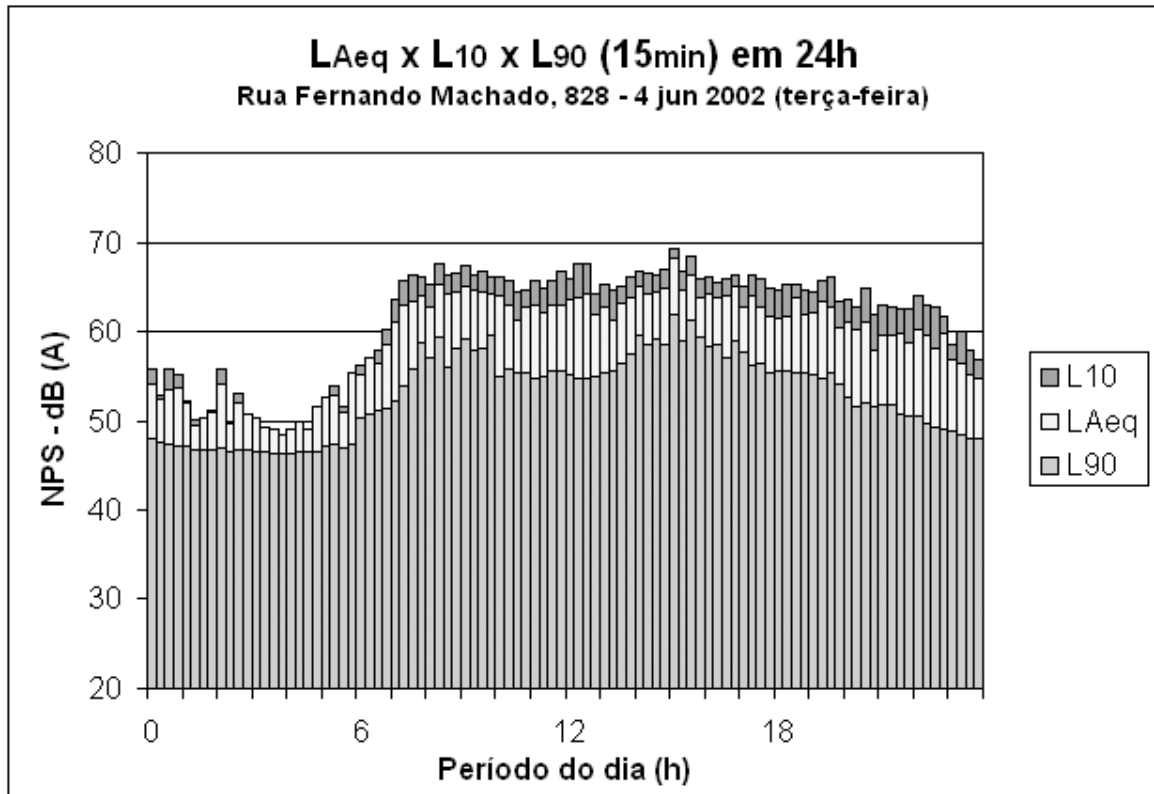


Figura 47: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

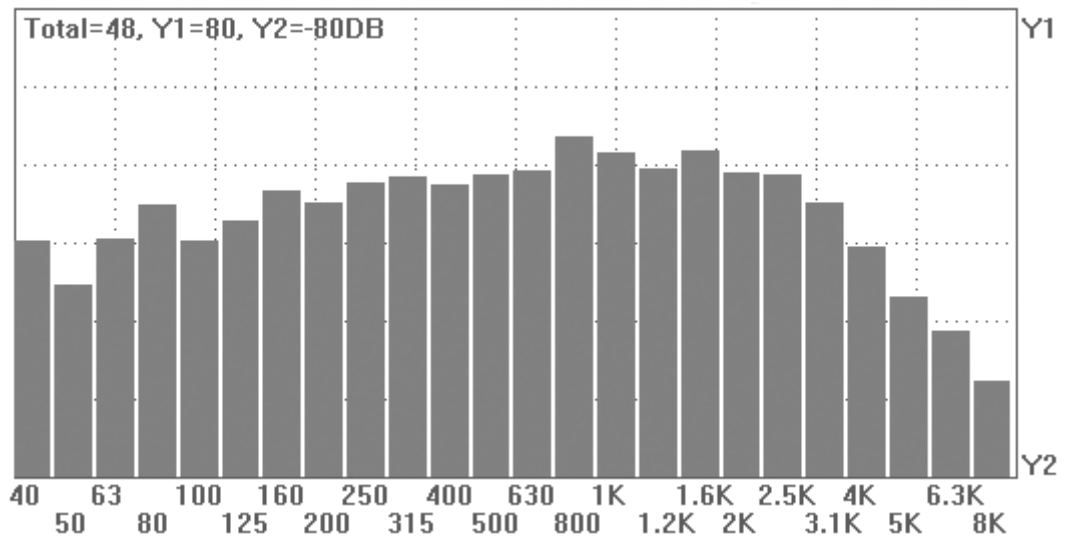


Figura 48: análise espectral para o PONTO 07 – $L_{Aeq}(24h) = 61,7$ dB(A)

Tabela 22: síntese dos resultados obtidos para o ponto 07

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	15:00 – 16:00 h	66,1
Horário de mínimo L_{eq}	03:00 – 04:00 h	49,4
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	19:00 – 21:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	03:00 – 05:00 h	46,4
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	15:00 – 16:00 h	68,0

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **3,81**. Valor levemente elevado e característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído.

- **Análise espectral:** mostra um nível um pouco mais baixo na região grave e elevado nas faixas de 800 Hz e 1,6 kHz. De modo geral também apresenta um padrão típico para ruído predominantemente proveniente de tráfego veicular em zonas urbanas porém com uma leve atenuação das fontes geradoras de baixas frequências.

- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 22:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 04:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

4.2.8 Caracterização do ponto 08

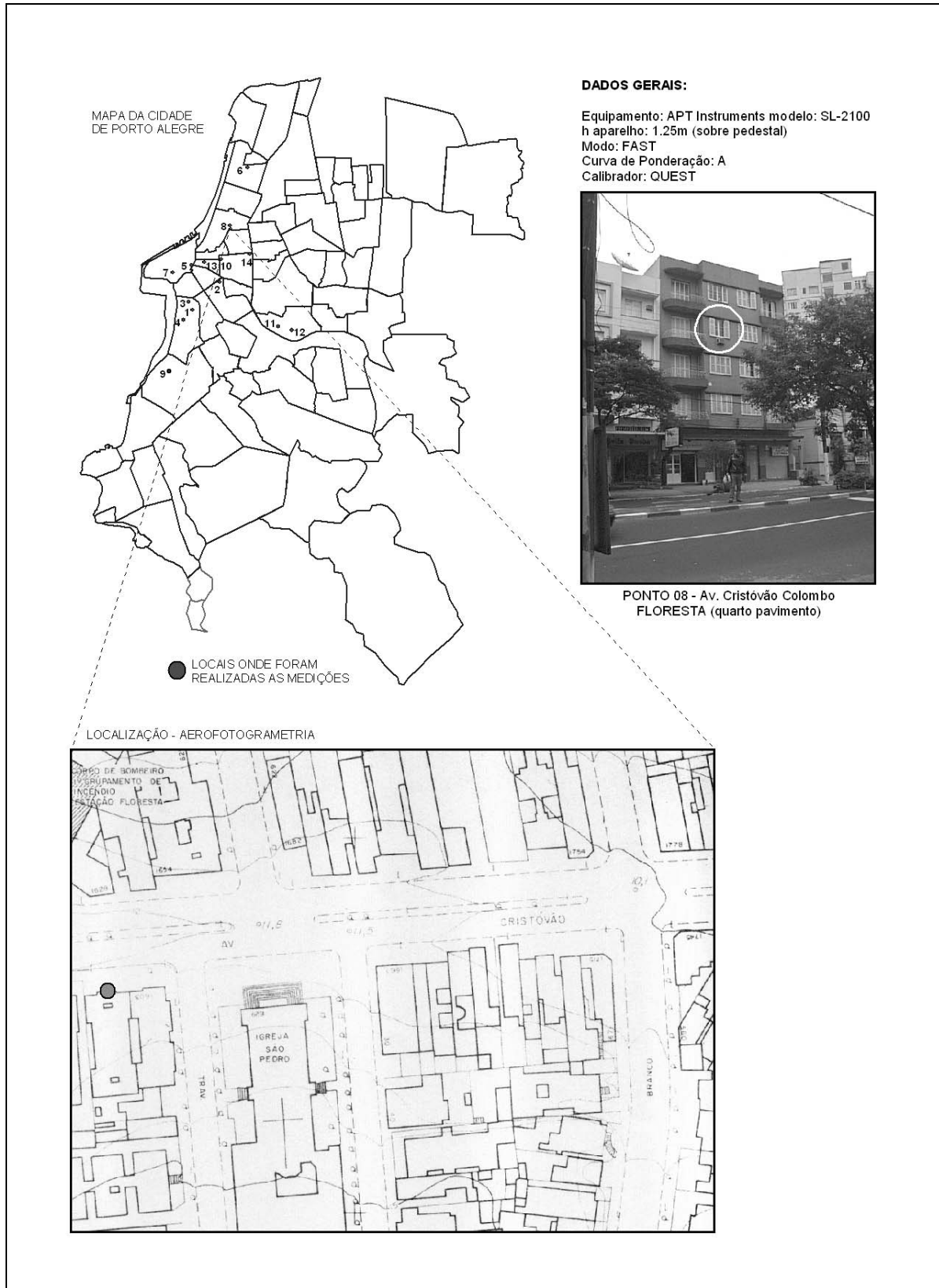
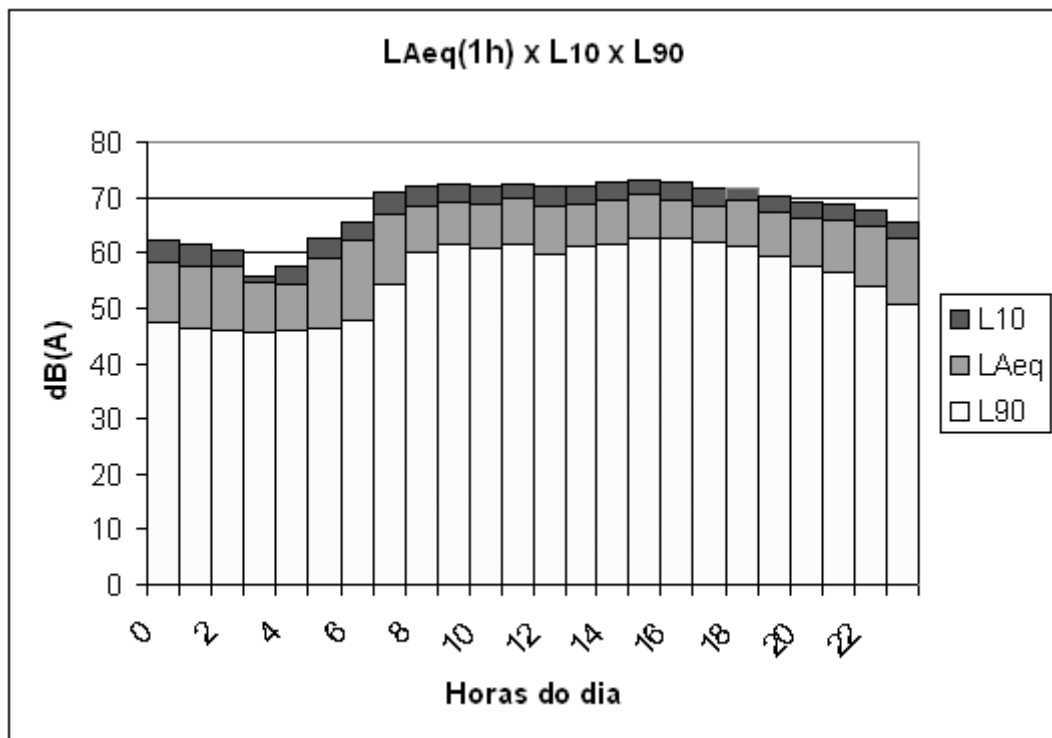


Figura 49: dados de caracterização do PONTO 08

Tabela 23: PONTO 08 – Av. Cristóvão Colombo (Floresta) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	58,3	73,4	45,7	62,3	54,0	47,5	5,57
01-02	57,7	78,9	45,2	61,5	50,8	46,5	5,79
02-03	57,5	83,5	45,2	60,6	49,7	46,1	5,76
03-04	54,7	79,3	45,1	55,9	46,4	45,7	4,81
04-05	54,1	76,3	45,1	57,7	47,2	45,8	4,93
05-06	59,0	83,3	45,3	62,6	51,4	46,3	6,32
06-07	62,4	81,6	45,4	65,4	55,8	47,8	6,91
07-08	67,1	83,5	47,2	70,9	63,5	54,3	6,21
08-09	68,5	82,1	50,8	71,9	65,8	60,1	4,62
09-10	69,0	82,6	54,6	72,5	66,4	61,4	4,31
10-11	68,9	86,2	52,7	72,2	66,0	60,8	4,50
11-12	69,7	89,3	53,7	72,3	66,5	61,7	4,31
12-13	68,4	81,7	50,8	71,9	65,7	59,9	4,67
13-14	68,7	87,3	53,5	72,1	65,9	61,3	4,22
14-15	69,3	90,3	54,8	72,6	66,3	61,7	4,34
15-16	70,4	90,0	54,5	73,2	67,2	62,8	4,19
16-17	69,4	86,9	54,2	72,6	67,0	62,5	4,08
17-18	68,5	83,2	53,6	71,6	66,4	62,0	3,82
18-19	69,4	96,3	54,0	71,8	65,8	61,0	4,36
19-20	67,2	83,7	51,1	70,2	64,5	59,3	4,42
20-21	66,4	81,6	50,9	69,2	64,1	57,7	4,63
21-22	65,9	82,8	49,2	68,6	63,2	56,6	4,81
22-23	64,8	81,6	48,8	67,6	61,4	53,9	5,34
23-24	62,8	83,2	46,1	65,5	58,3	50,6	5,84
							4,95

Figura 50: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

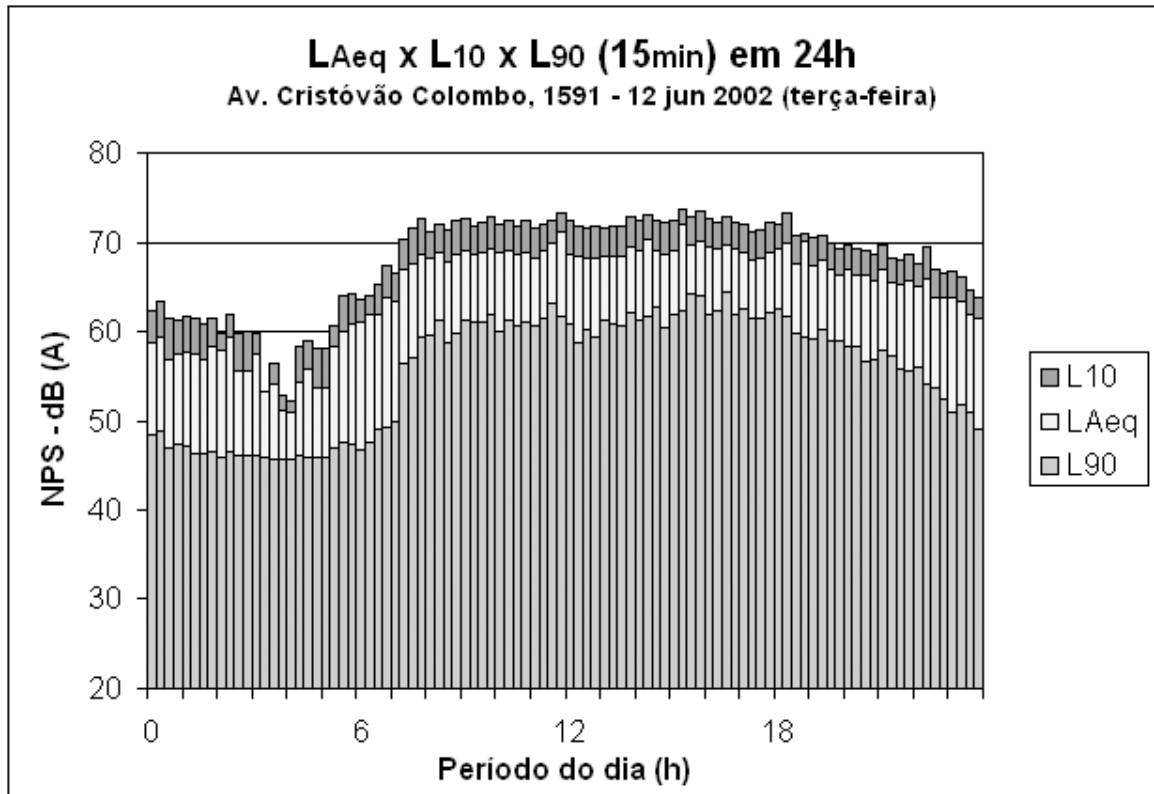


Figura 51: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

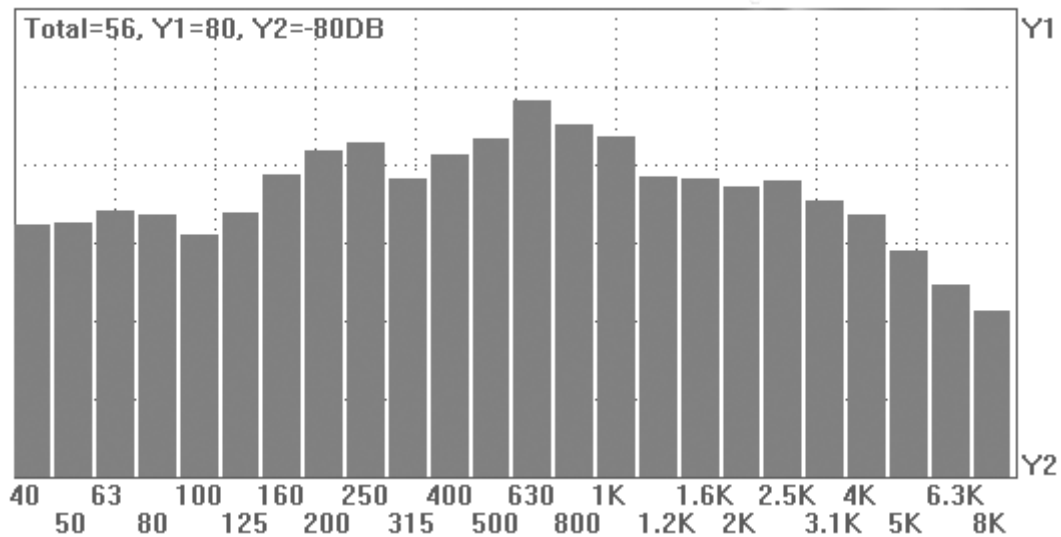


Figura 52: análise espectral para o PONTO 08 – $L_{Aeq}(24h)=67,0$ dB(A)

Tabela 24: síntese dos resultados obtidos para o ponto 08

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	15:00 – 16:00 h	70,4
Horário de mínimo L_{eq}	04:00 – 05:00 h	54,1
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	19:00 – 21:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	03:00 – 04:00 h	45,7
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	15:00 – 16:00 h	73,2

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **4,95**. Valor bastante elevado e característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído.
- **Análise espectral:** mostra um nível elevado nas faixas de frequências graves correspondentes a 200 e 250 Hz e na região central (frequências médias), na faixa de 500 a 800 Hz. De modo geral, com exceção de uma leve predominância de frequências médias, apresenta um padrão típico para ruído predominantemente proveniente de tráfego em área urbana.
- **Tráfego:** Destaca-se o grande fluxo local de linhas de ônibus e lotação.
- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 21:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 04:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

4.2.9 Caracterização do ponto 09

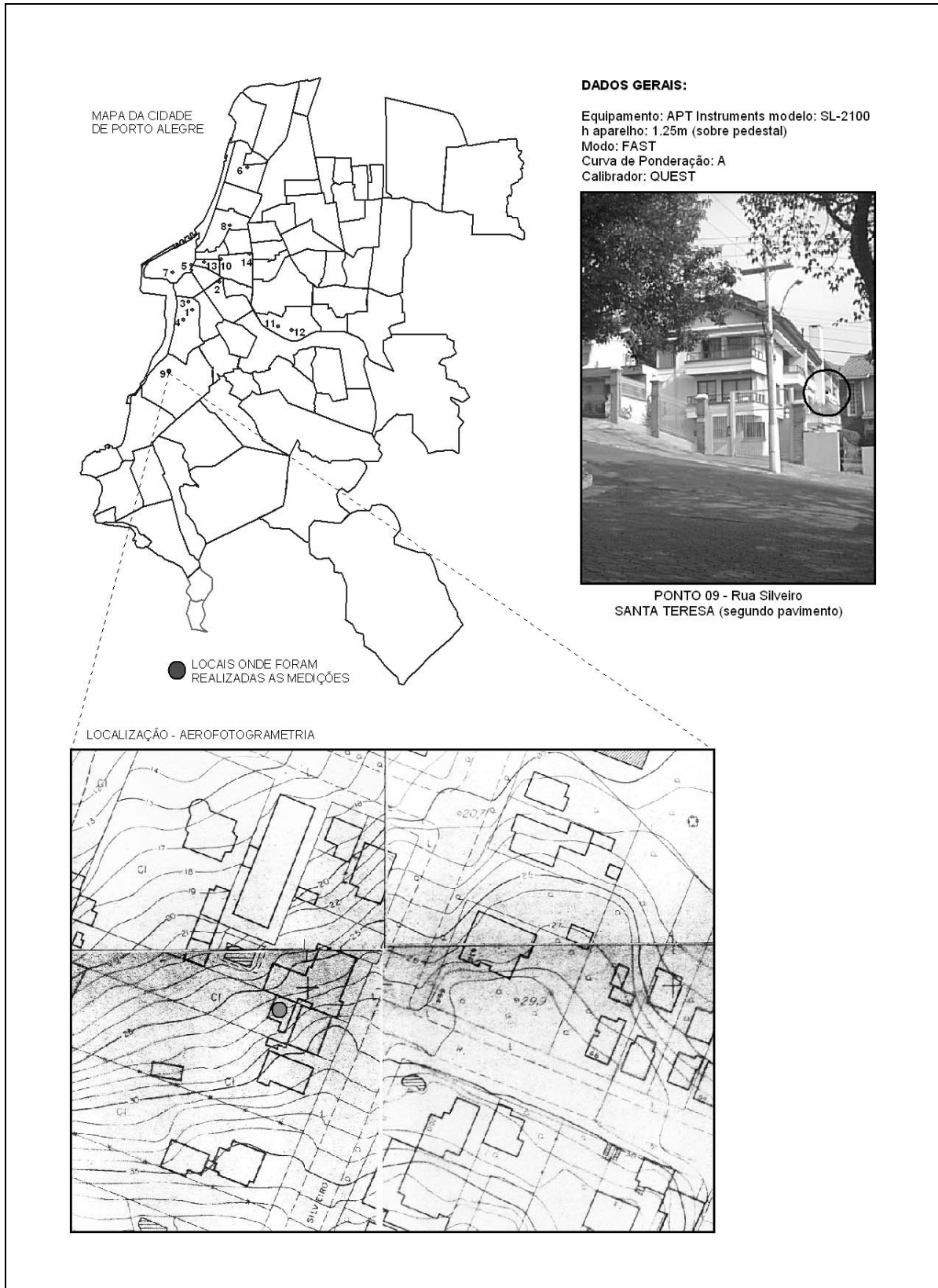
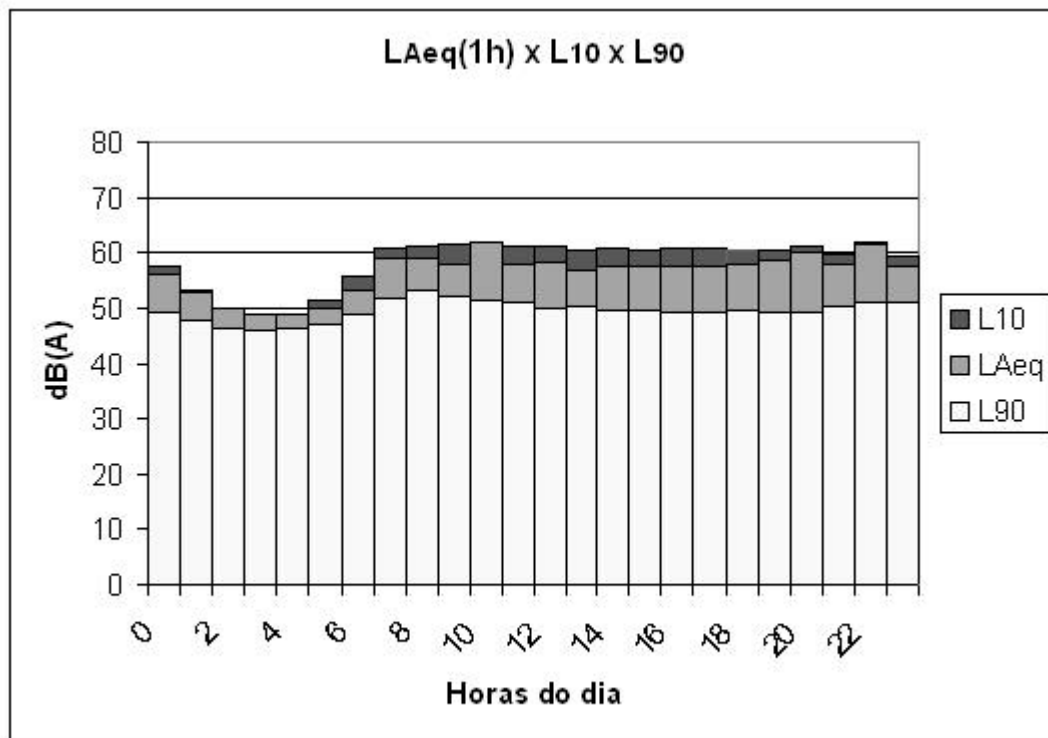


Figura 53: dados de caracterização do PONTO 09

Tabela 25: PONTO 09 – Rua Silveiro (Santa Teresa) – quarta-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	56,1	76,8	38,2	57,6	51,6	49,3	4,01
01-02	52,9	74,5	38,1	53,3	49,8	47,9	3,16
02-03	49,8	64,4	43,8	50,1	47,2	46,3	2,70
03-04	48,7	62,1	45,0	48,9	46,6	46,0	2,40
04-05	48,8	63,6	45,5	48,8	46,9	46,2	2,21
05-06	49,8	62,6	38,9	51,3	47,9	46,9	2,44
06-07	53,2	66,0	47,0	55,8	50,8	49,0	3,01
07-08	59,0	75,8	49,4	60,9	55,0	51,9	3,90
08-09	59,0	72,1	51,7	61,2	55,8	53,2	3,61
09-10	58,0	70,2	48,5	61,4	54,8	52,0	3,75
10-11	61,7	81,9	49,9	61,7	54,6	51,5	4,64
11-12	58,0	71,4	49,1	61,3	54,8	50,9	4,07
12-13	58,4	74,3	46,2	61,3	54,1	49,8	4,57
13-14	57,0	69,3	48,2	60,5	53,8	50,3	3,97
14-15	57,7	71,4	46,4	60,9	54,7	49,6	4,38
15-16	57,6	70,4	47,1	60,5	54,5	49,7	4,32
16-17	57,6	70,3	46,2	60,8	53,8	49,2	4,58
17-18	57,7	72,5	47,0	60,7	54,4	49,2	4,51
18-19	58,0	75,0	47,4	60,4	53,7	49,5	4,48
19-20	58,8	80,7	47,4	60,5	53,3	49,1	4,80
20-21	60,2	80,8	47,9	61,1	53,5	49,4	4,96
21-22	58,0	75,0	45,4	59,9	52,8	50,2	4,33
22-23	61,6	80,0	48,4	61,9	54,3	51,1	5,00
23-24	57,7	74,2	34,2	59,3	53,2	51,1	4,16
							3,91

Figura 54: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

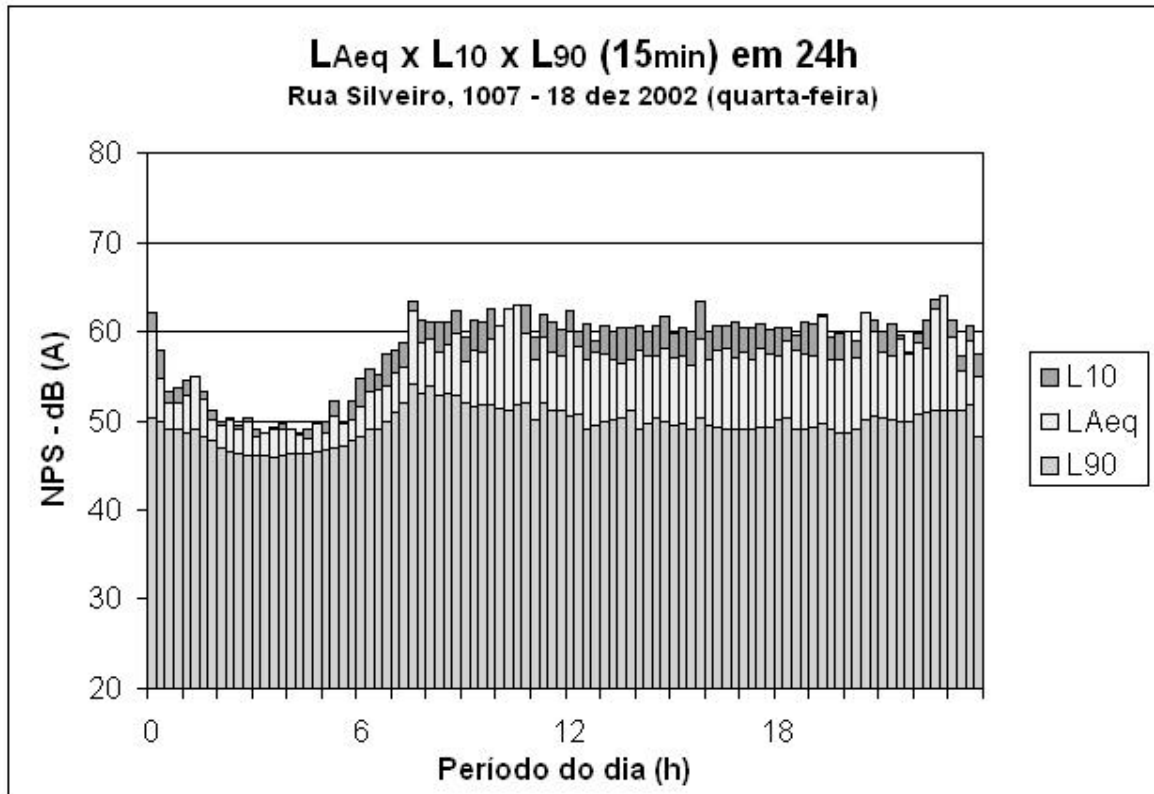


Figura 55: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

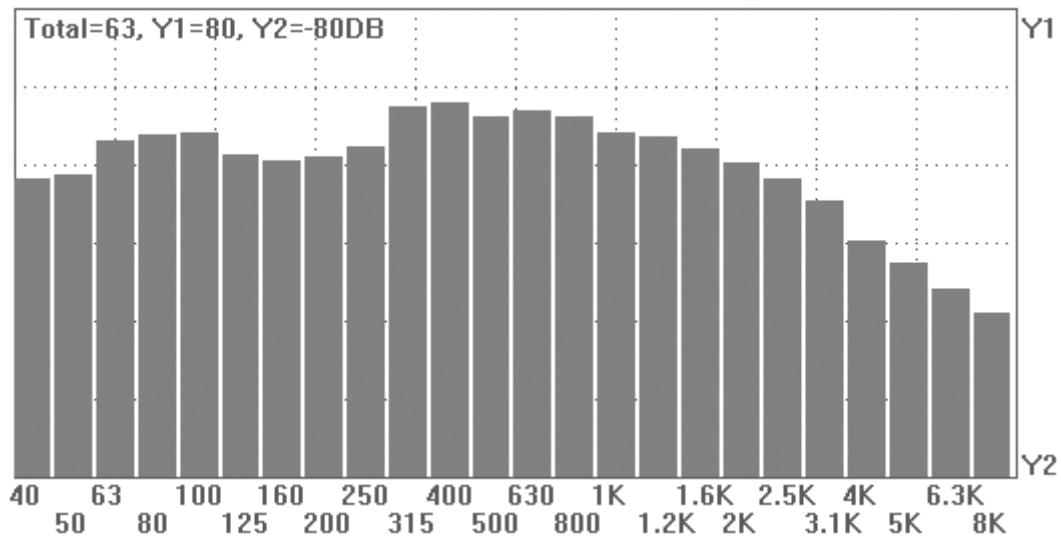


Figura 56: análise espectral para o PONTO 09 – $L_{Aeq}(24h) = 57,7$ dB(A)

Tabela 26: síntese dos resultados obtidos para o ponto 09

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	10:00 – 11:00 h	61,7
Horário de mínimo L_{eq}	03:00 – 04:00 h	48,7
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	17:00 – 18:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	03:00 – 04:00 h	46,0
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	22:00 – 23:00 h	61,9

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **3,91**. Valor levemente elevado e característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído.

- **Análise espectral:** mostra um nível elevado na faixa entre 63 e 100 Hz (pequeno aumento de baixas frequências possivelmente proveniente da presença de tráfego local de veículos pesados sobre superfície inclinada) e de modo geral um padrão típico para ruído predominantemente proveniente de tráfego veicular em área urbana.

- **Tráfego:** é importante salientar que a via próxima possui uma pequena inclinação, podendo influenciar no aumento da velocidade dos veículos que ali trafegam. O local possui também tráfego de veículos pesados e transportes coletivos (táxi de lotação).

- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 23:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 03:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

4.2.10 Caracterização do ponto 10

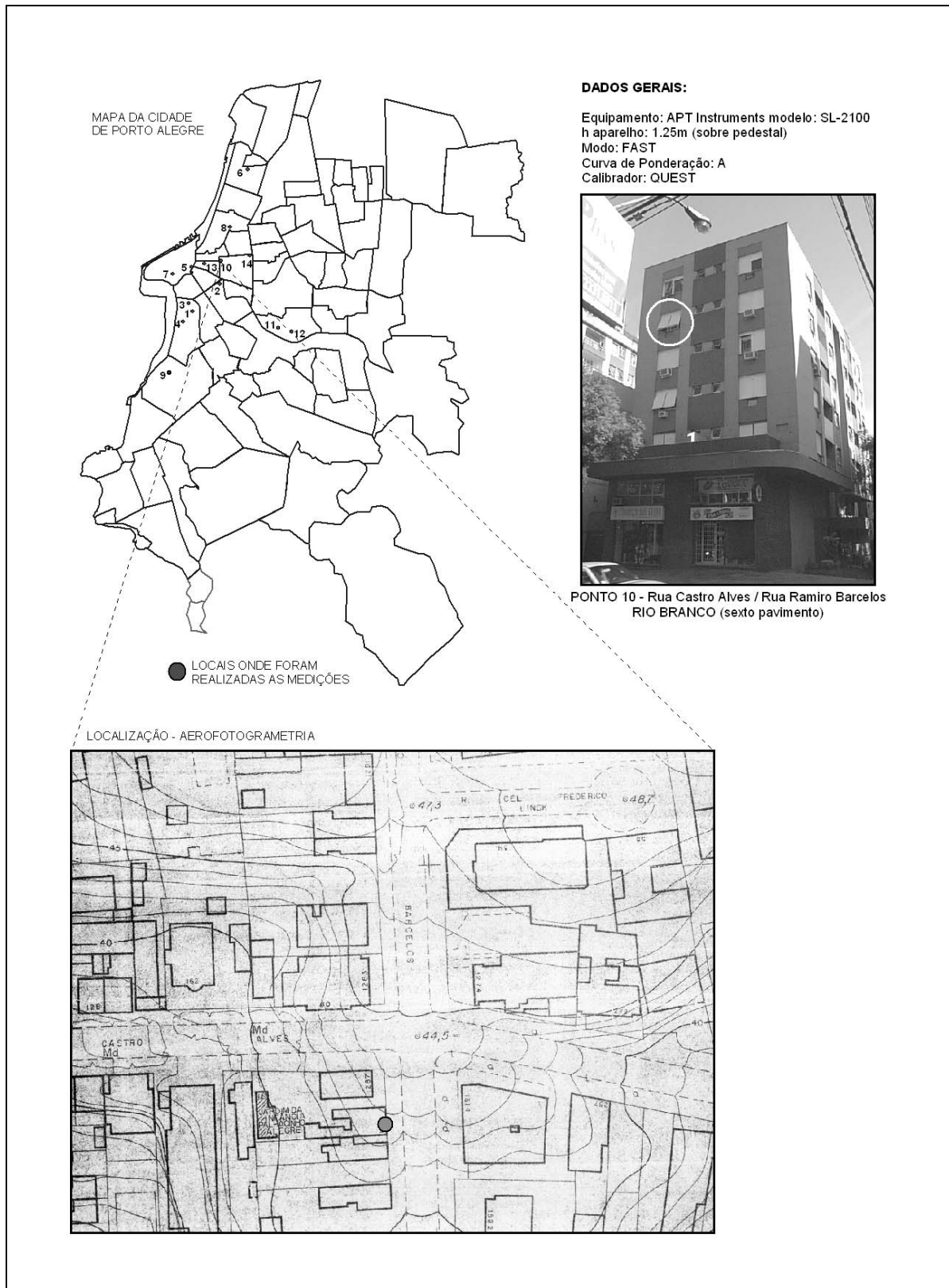
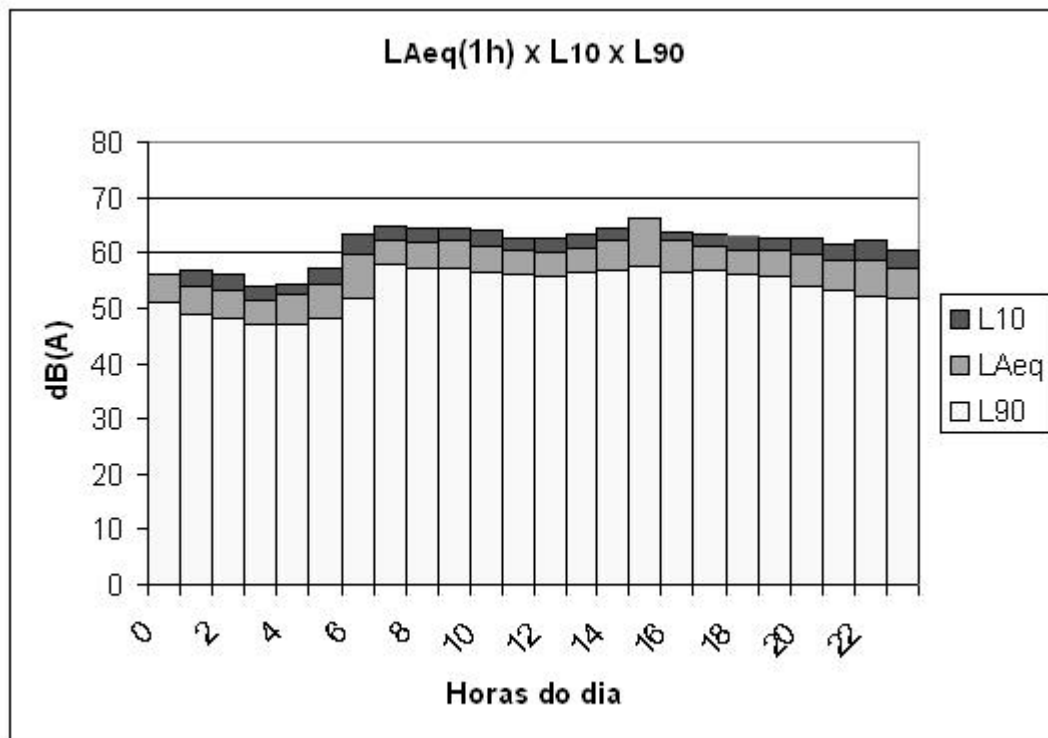


Figura 57: dados de caracterização do PONTO 10

Tabela 27: PONTO 10 – Rua Castro Alves (Rio Branco) – quinta-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	56,1	67,2	48,6	56,2	53,2	51,1	3,37
01-02	53,8	65,9	47,7	56,7	50,6	48,9	3,39
02-03	53,3	67,0	46,9	56,0	49,6	48,2	3,51
03-04	51,5	66,7	45,7	53,8	48,2	46,9	3,23
04-05	52,5	70,5	45,9	54,3	48,8	47,2	3,41
05-06	54,4	69,7	46,9	57,2	50,1	48,2	3,96
06-07	59,6	71,8	49,0	63,5	56,7	51,9	4,35
07-08	62,3	74,0	55,6	64,8	61,1	57,9	2,76
08-09	62,0	72,5	53,9	64,4	60,8	57,3	2,88
09-10	62,1	77,2	54,4	64,4	60,2	57,3	2,95
10-11	61,2	73,2	53,0	63,9	59,4	56,5	3,00
11-12	60,4	75,0	53,5	62,6	58,9	56,1	2,76
12-13	60,2	73,6	51,4	62,7	58,7	55,6	2,91
13-14	60,7	71,9	53,8	63,2	59,3	56,3	2,79
14-15	62,4	76,3	53,8	64,6	60,2	56,9	3,28
15-16	66,3	86,8	54,6	65,7	60,8	57,5	3,98
16-17	62,2	77,7	53,2	63,8	59,1	56,6	3,31
17-18	61,2	74,0	54,7	63,5	59,3	56,7	2,86
18-19	60,5	74,1	53,9	63,0	58,9	56,2	2,74
19-20	60,6	75,1	52,5	62,8	58,9	55,7	2,99
20-21	59,6	69,9	51,8	62,6	57,7	54,0	3,37
21-22	58,8	70,1	51,1	61,7	56,9	53,1	3,44
22-23	58,6	72,9	50,1	62,3	56,1	52,1	3,80
23-24	57,1	70,2	50,1	60,4	54,6	51,6	3,49
							3,27

Figura 58: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

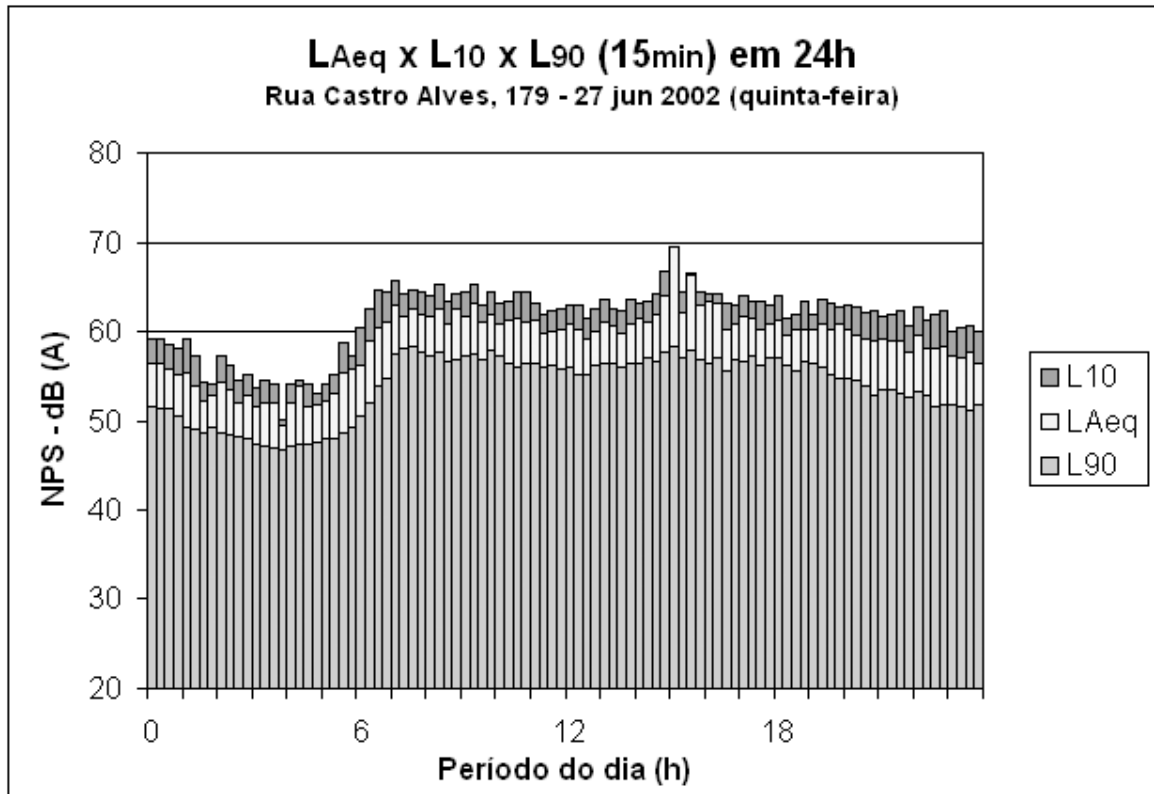


Figura 59: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

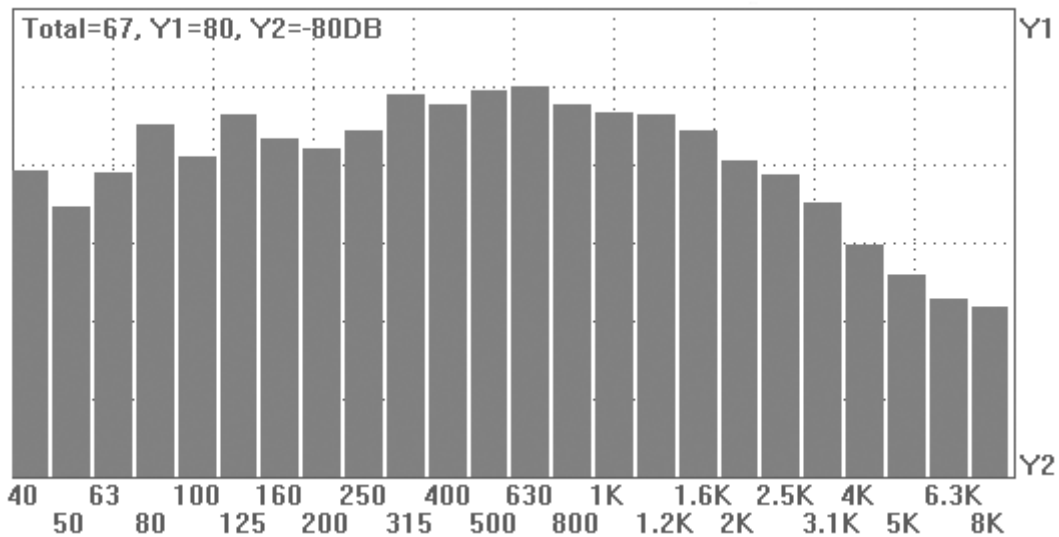


Figura 60: análise espectral para o PONTO 10 – $L_{Aeq}(24h) = 60,3$ dB(A)

Tabela 28: síntese dos resultados obtidos para o ponto 10

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	15:00 – 16:00 h	66,3
Horário de mínimo L_{eq}	03:00 – 04:00 h	51,5
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	19:00 – 20:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	03:00 – 04:00 h	46,9
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	15:00 – 16:00 h	65,7

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **3,27**. Valor levemente elevado, porém característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído e com oscilações moderadas na frequência dos ruídos presentes (“*stop and go*” de veículos).

- **Análise espectral:** mostra níveis um pouco elevados nas frequências graves e, de um modo geral, um padrão típico para ruído predominantemente proveniente de tráfego veicular em área urbana.

- **Tráfego:** também neste ponto houve grande presença de tráfego de veículos pesados (ônibus, caminhões e táxis de lotação).

- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 22:00 horas, com um pequeno pico no período das 15:00 h. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 04:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

4.2.11 Caracterização do ponto 11

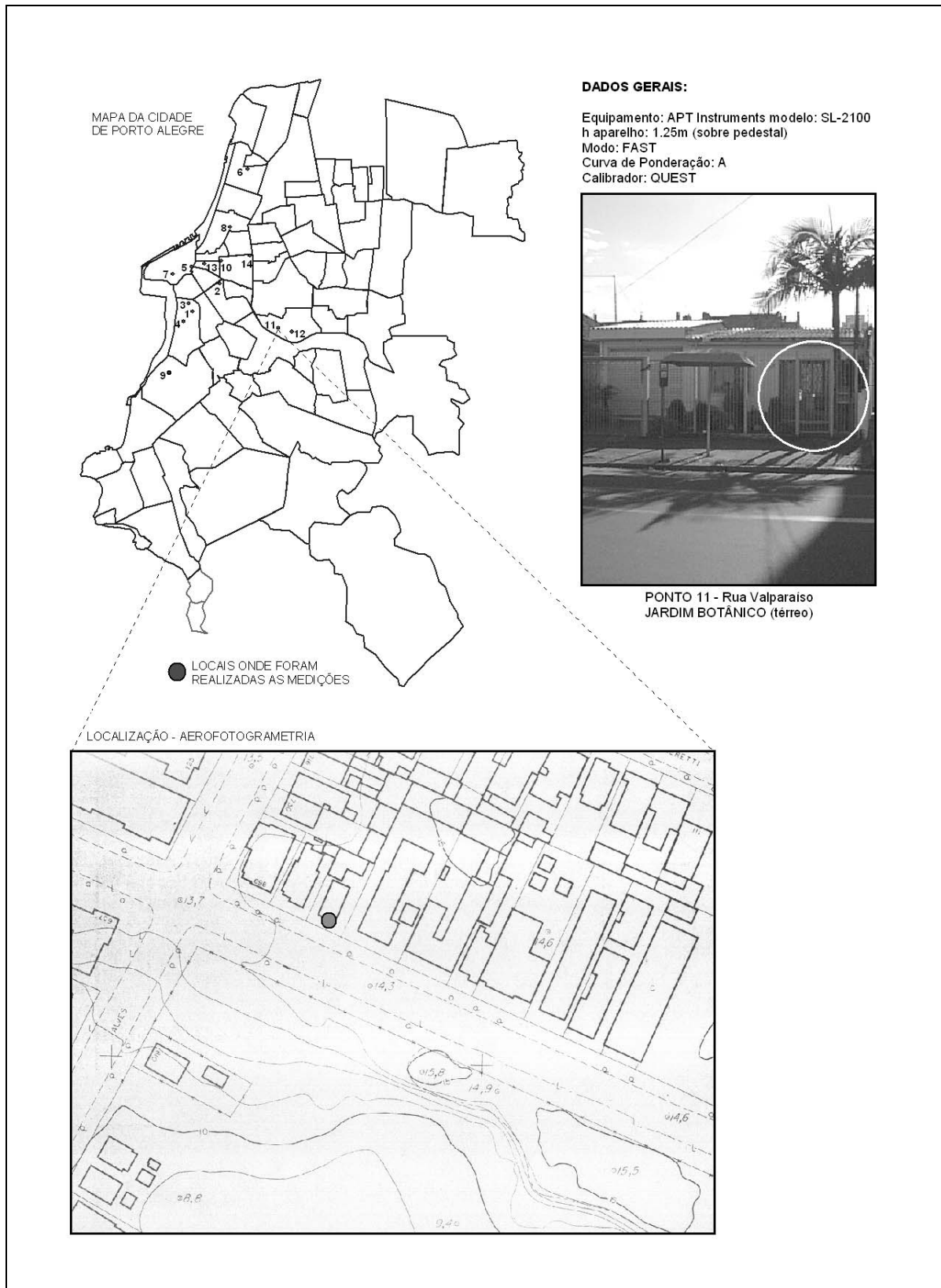
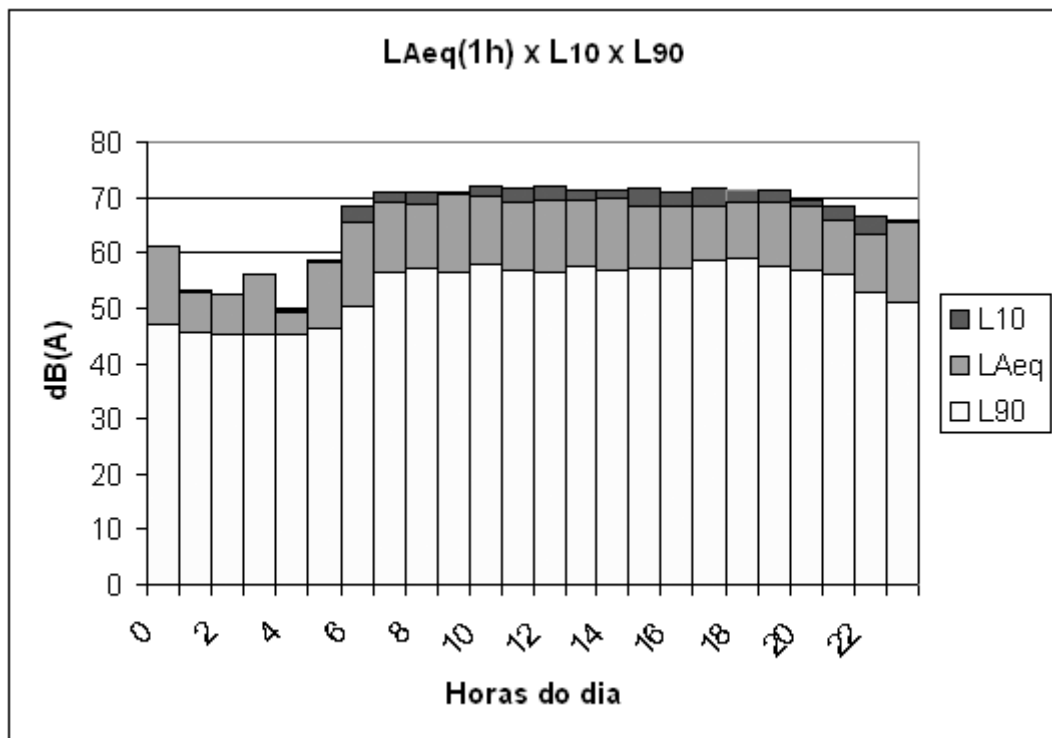


Figura 61: dados de caracterização do PONTO 11

Tabela 29: PONTO 11 – Rua Valparaíso (Jardim Botânico) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	61,0	82,7	45,2	60,7	51,4	46,9	5,88
01-02	52,7	69,6	44,3	53,3	47,1	45,5	4,03
02-03	52,6	71,9	44,2	51,8	46,5	45,3	3,78
03-04	56,1	79,6	44,6	50,0	46,3	45,3	3,46
04-05	49,2	66,6	44,4	49,5	46,7	45,4	2,58
05-06	58,3	82,1	45,0	58,5	48,5	46,3	5,39
06-07	65,6	83,7	47,4	68,4	56,0	50,3	7,13
07-08	69,1	86,2	51,2	71,0	62,4	56,6	5,99
08-09	68,7	84,9	53,2	71,1	62,4	57,1	5,64
09-10	70,5	90,5	53,1	70,8	62,4	56,5	6,07
10-11	70,3	89,8	52,5	72,0	63,8	57,8	5,88
11-12	69,3	84,3	52,4	71,6	62,8	57,0	5,93
12-13	69,4	86,6	51,4	72,0	63,4	56,5	6,10
13-14	69,5	85,2	52,4	71,2	63,6	57,5	5,74
14-15	69,8	90,3	52,3	71,4	64,5	57,0	5,68
15-16	68,4	83,9	52,7	71,6	63,5	57,3	5,55
16-17	68,5	85,8	52,3	70,8	63,6	57,1	5,52
17-18	68,5	83,1	52,9	71,8	64,3	58,6	5,21
18-19	69,3	85,6	54,4	71,4	65,0	58,9	5,00
19-20	69,1	87,2	53,3	71,3	63,7	57,7	5,48
20-21	68,5	90,3	52,6	69,6	62,5	56,7	5,31
21-22	65,7	84,4	50,8	68,3	61,5	56,1	4,98
22-23	63,3	79,6	49,8	66,5	57,4	52,8	5,38
23-24	65,7	85,4	47,2	65,9	56,8	51,1	6,00
							5,32

Figura 62: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

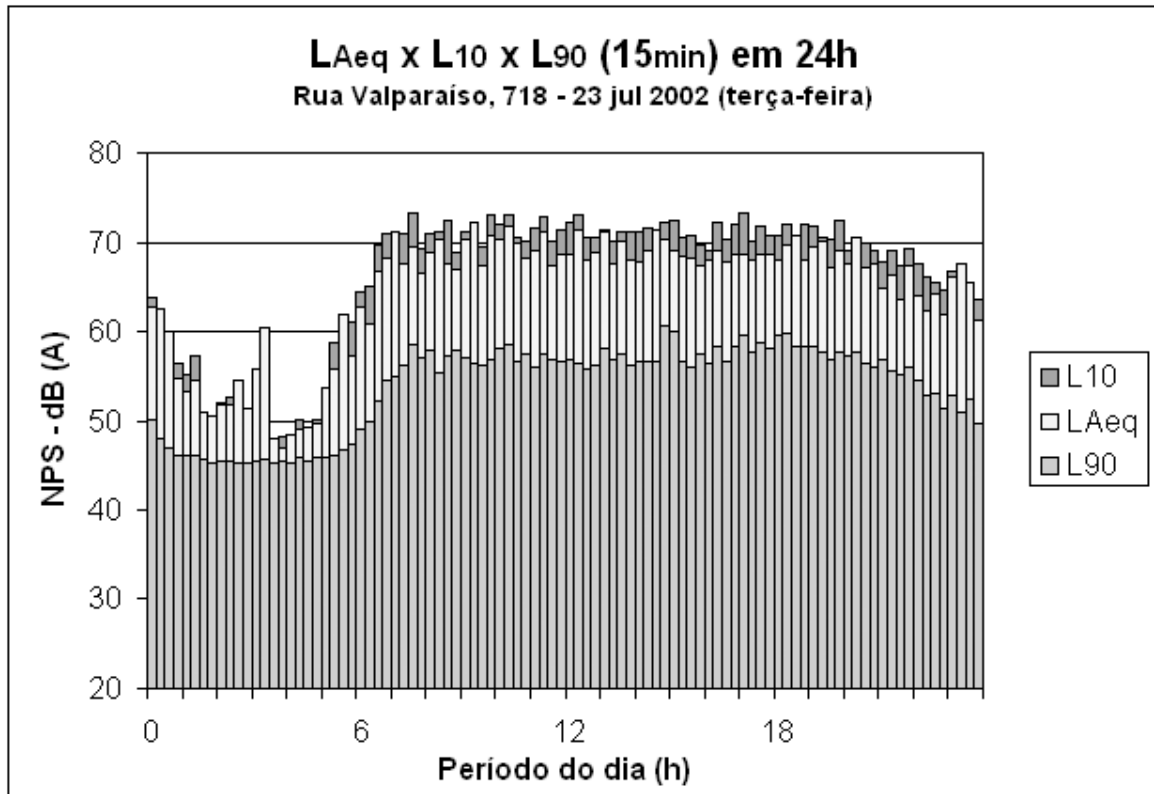


Figura 63: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

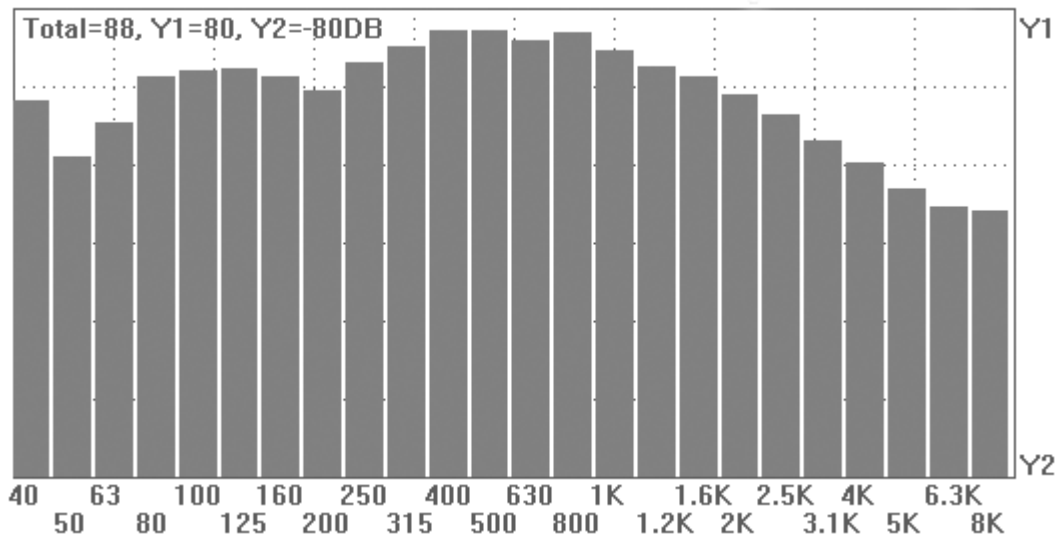


Figura 64: análise espectral para o PONTO 11 – $L_{Aeq}(24h)=67,5$ dB(A)

Tabela 30: síntese dos resultados obtidos para o ponto 11

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	09:00 – 10:00 h	70,5
Horário de mínimo L_{eq}	04:00 – 05:00 h	49,2
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	20:00 – 22:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	02:00 – 04:00 h	45,3
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	10:00 – 11:00 e 12:00 – 13:00 h	72,0

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **5,32**. Valor bastante elevado e característico de um ambiente ruidoso com inúmeras situações de interrupção e retorno do tráfego veicular (*stop and go*) e presença de veículos pesados.

- **Análise espectral:** apresenta níveis elevados em todas as bandas de frequência, com leve predominância de frequências médias. De modo geral apresenta um padrão típico para ruído predominantemente proveniente de tráfego veicular em área urbana. Cabe salientar que neste local as medições foram feitas em um nível mais baixo que os demais em relação ao solo, o que pode ter influenciado indiretamente na característica espectral encontrada.

- **Tráfego:** salienta-se a proximidade do local em relação a um ponto de carga e descarga comercial, o que proporciona um aumento global no desvio padrão.

- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 22:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 03:00 h, com um pequeno pico no período compreendido entre 03:00 e 04:00 h, e aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

4.2.12 Caracterização do ponto 12

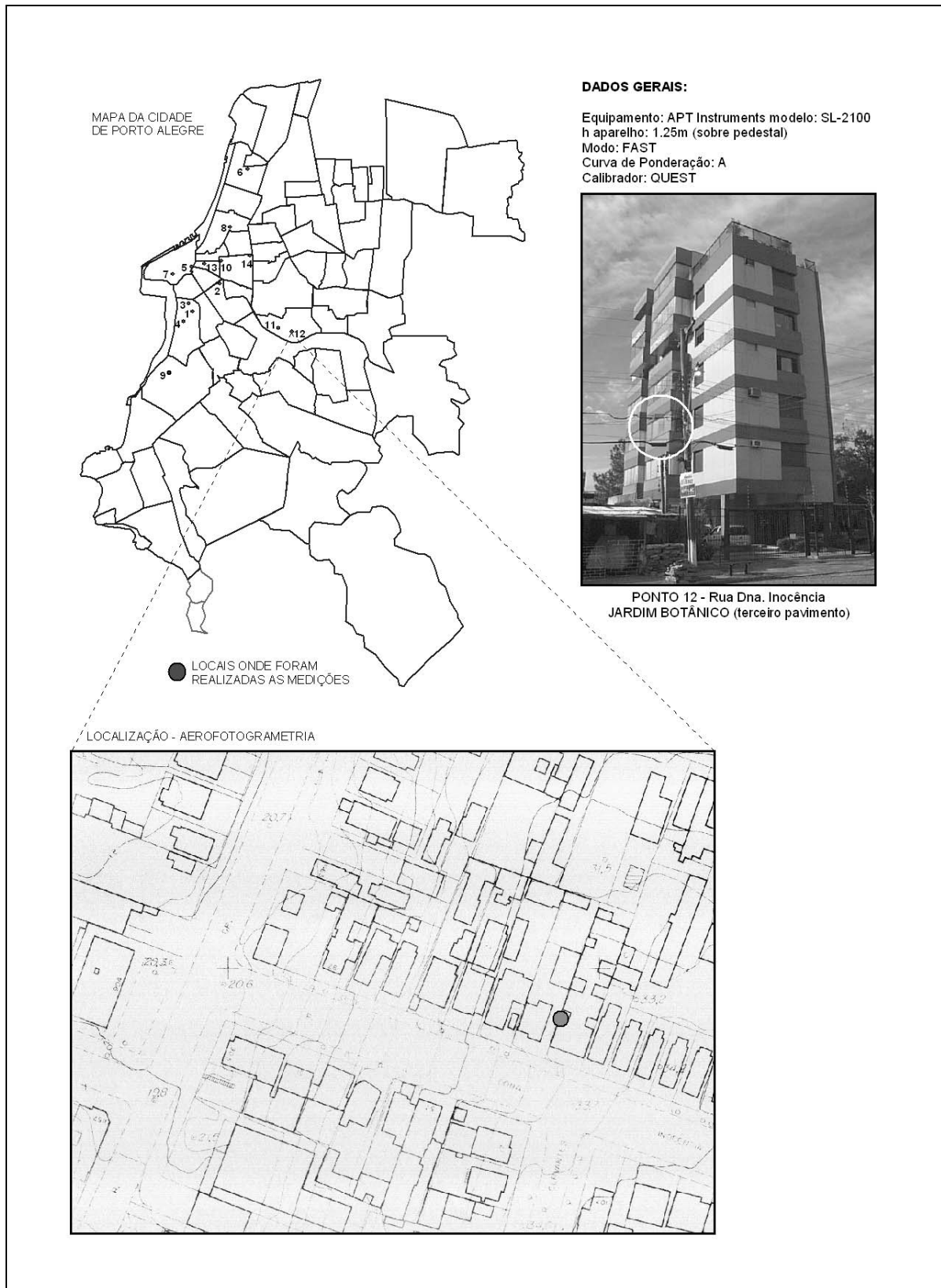
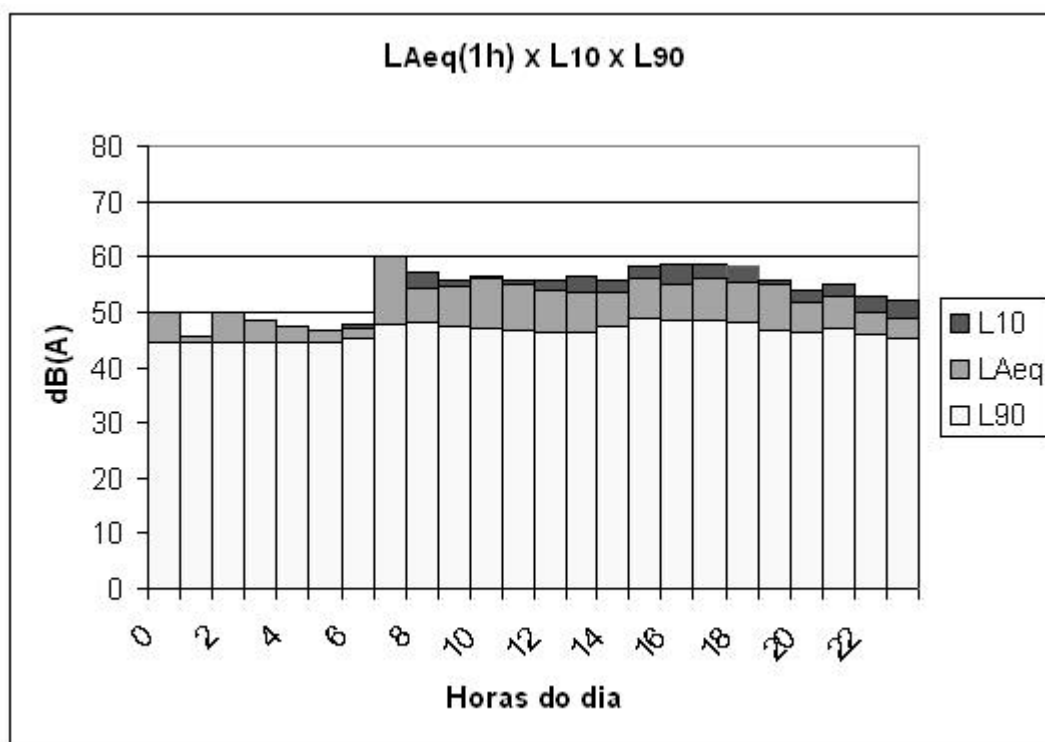


Figura 65: dados de caracterização do PONTO 12

Tabela 31: PONTO 12 – Rua Dona Inocência (Jardim Botânico) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	50,0	69,5	43,8	48,4	45,3	44,7	3,07
01-02	45,4	56,5	44,0	45,6	45,0	44,5	1,11
02-03	50,1	68,2	43,7	48,6	44,9	44,5	3,47
03-04	48,5	66,5	43,9	47,0	44,8	44,5	2,71
04-05	47,4	65,0	44,1	47,1	44,8	44,5	2,51
05-06	46,6	63,8	44,2	46,5	45,1	44,7	1,90
06-07	47,1	58,3	44,4	47,9	46,3	45,2	1,60
07-08	60,1	82,4	46,3	59,7	50,7	47,8	5,36
08-09	54,3	68,5	45,8	57,2	50,3	48,1	3,89
09-10	54,8	72,4	46,2	55,7	49,1	47,6	4,06
10-11	56,2	74,3	46,1	56,5	49,0	47,1	4,45
11-12	55,1	73,9	45,5	55,9	48,9	46,8	4,31
12-13	54,0	73,0	45,3	55,9	48,4	46,4	4,24
13-14	53,6	73,7	44,8	56,3	49,2	46,4	4,06
14-15	53,6	72,3	46,0	55,9	49,4	47,4	3,74
15-16	56,1	69,8	47,1	58,4	53,0	48,9	4,02
16-17	55,0	67,7	47,6	58,6	51,3	48,5	4,03
17-18	56,2	74,6	46,8	58,6	51,1	48,5	4,32
18-19	55,4	69,8	46,6	58,2	51,7	48,2	4,12
19-20	54,9	75,6	45,6	55,6	48,8	46,6	4,01
20-21	51,7	69,7	45,3	53,9	48,4	46,5	3,33
21-22	52,9	69,8	46,0	54,9	49,8	47,2	3,34
22-23	50,1	64,6	45,1	52,7	47,2	46,1	3,01
23-24	49,0	62,0	44,2	52,3	46,0	45,1	3,04
							3,48

Figura 66: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

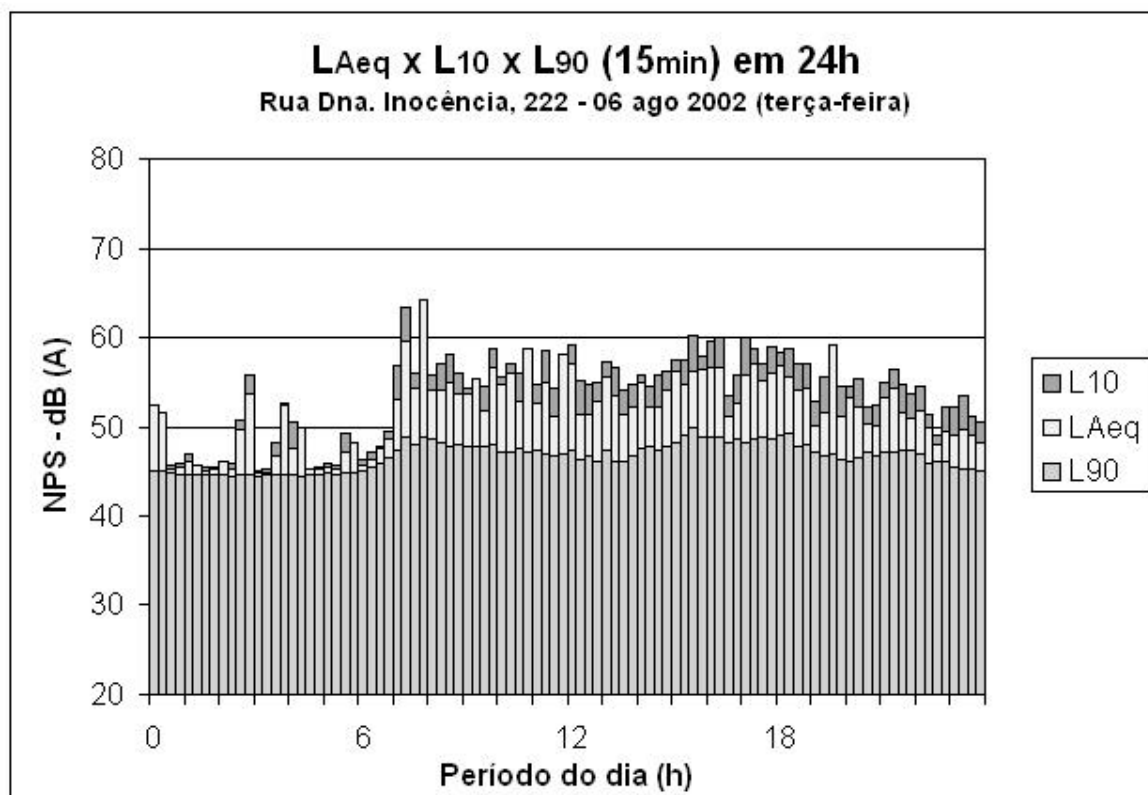


Figura 67: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

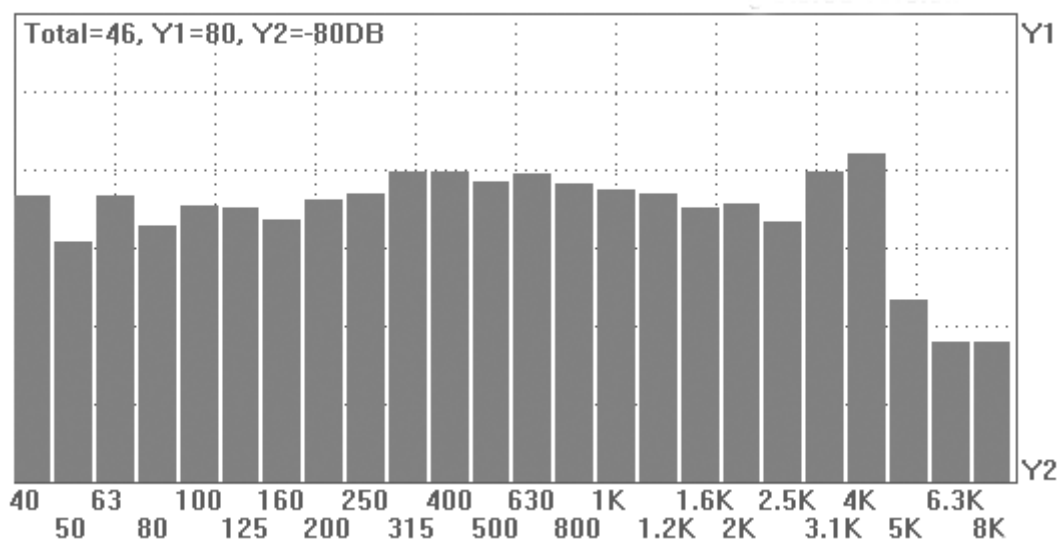


Figura 68: análise espectral para o PONTO 12 – $L_{Aeq}(24h) = 53,8$ dB(A)

Tabela 32: síntese dos resultados obtidos para o ponto 12

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	07:00 – 08:00 h	60,1
Horário de mínimo L_{eq}	01:00 – 02:00 h	45,4
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	19:00 – 21:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	01:00 – 05:00 h	44,5
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	07:00 – 08:00 h	59,7

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **3,48**. Valor considerado levemente elevado e característico de grande variabilidade horária nos níveis de ruído.

- **Análise espectral:** mostra uma curva estabilizada (linear) em quase todo o espectro de frequências, apenas aparecendo um leve aumento nas faixas de frequência de 3,1 e 4,0 kHz provavelmente devido à presença de atividades humanas próximas ao ponto onde foi efetuada a gravação do conteúdo espectral.

- **Tráfego:** apresenta um padrão característico para uma região tipicamente residencial, em via secundária e com baixa incidência de tráfego veicular.

- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 22:00 horas, com um pequeno pico no início da manhã (entre 07:00 e 08:00 h). Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 05:00 h (com alguns pequenos picos noturnos entre 02:00 e 05:00) e aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

O local apresenta níveis baixos de pressão sonora apesar da variabilidade encontrada.

4.2.13 Caracterização do ponto 13

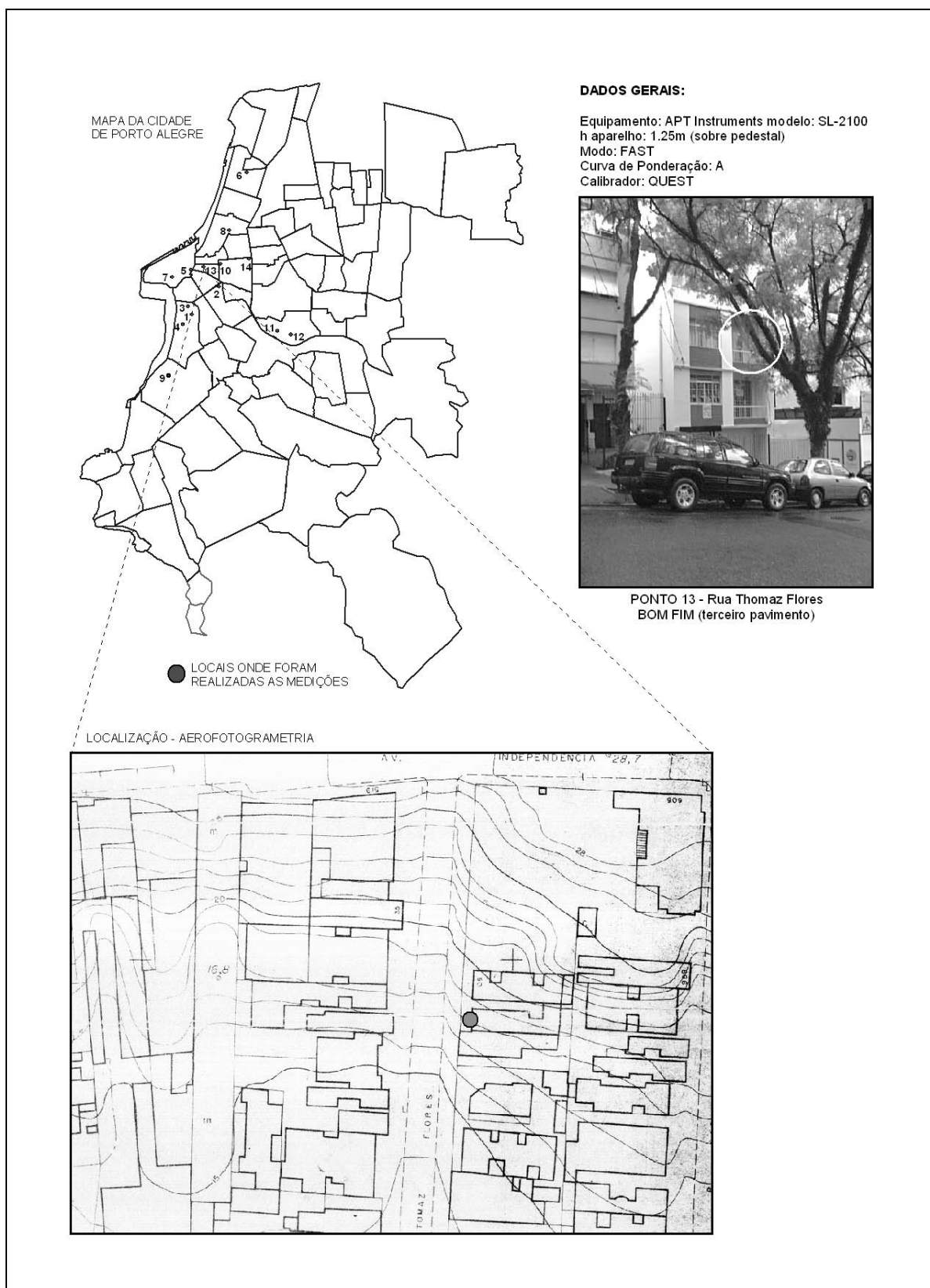
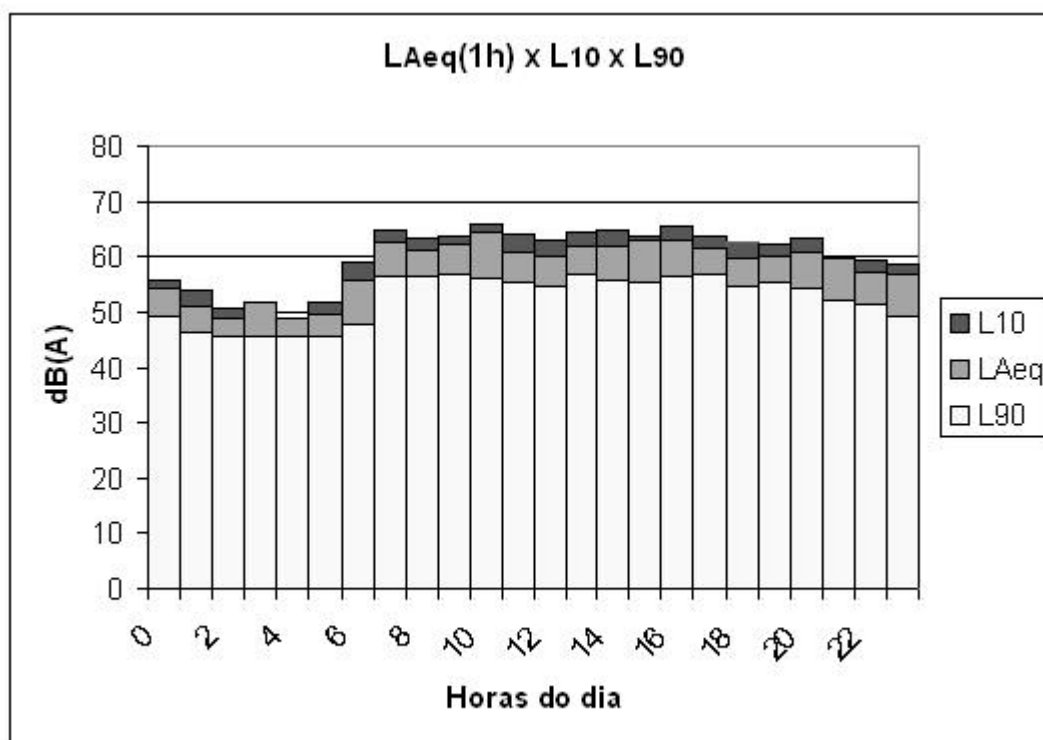


Figura 69: dados de caracterização do PONTO 13

Tabela 33: PONTO 13 – Rua Thomaz Flores (Bom Fim) – terça-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	54,2	71,9	47,1	55,9	51,7	49,1	3,06
01-02	51,2	67,5	45,2	53,9	48,7	46,4	3,03
02-03	48,7	65,2	45,0	50,8	46,4	45,6	2,52
03-04	51,9	76,8	45,0	50,1	46,2	45,5	2,78
04-05	48,7	69,4	44,7	48,6	46,0	45,5	2,20
05-06	49,4	63,4	44,8	51,7	47,0	45,7	2,80
06-07	55,9	71,4	46,4	59,0	51,6	47,8	4,51
07-08	62,8	78,2	52,5	64,9	60,4	56,3	3,65
08-09	61,2	73,7	53,4	63,5	59,9	56,5	2,89
09-10	62,3	82,3	54,0	63,8	60,0	57,0	3,02
10-11	64,4	81,6	53,5	65,8	60,2	56,2	4,30
11-12	60,7	70,1	52,2	64,0	58,7	55,3	3,40
12-13	60,2	76,7	51,3	62,9	58,4	54,5	3,30
13-14	61,8	73,1	54,2	64,6	60,3	56,8	3,09
14-15	62,1	76,0	52,5	64,8	59,6	55,7	3,68
15-16	63,1	86,1	53,0	63,6	58,9	55,5	3,60
16-17	62,9	73,8	53,0	65,7	61,3	56,6	3,64
17-18	61,5	74,3	54,1	63,8	59,9	57,0	2,87
18-19	59,6	71,1	52,2	62,6	57,9	54,7	3,08
19-20	60,1	70,8	50,7	62,4	58,5	55,4	2,97
20-21	60,6	75,6	50,9	63,2	58,3	54,4	3,55
21-22	59,7	83,0	49,5	59,8	55,3	52,0	3,42
22-23	57,2	72,2	48,8	59,2	54,8	51,5	3,31
23-24	56,9	75,7	47,0	58,8	53,1	49,4	3,98
							3,27

Figura 70: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

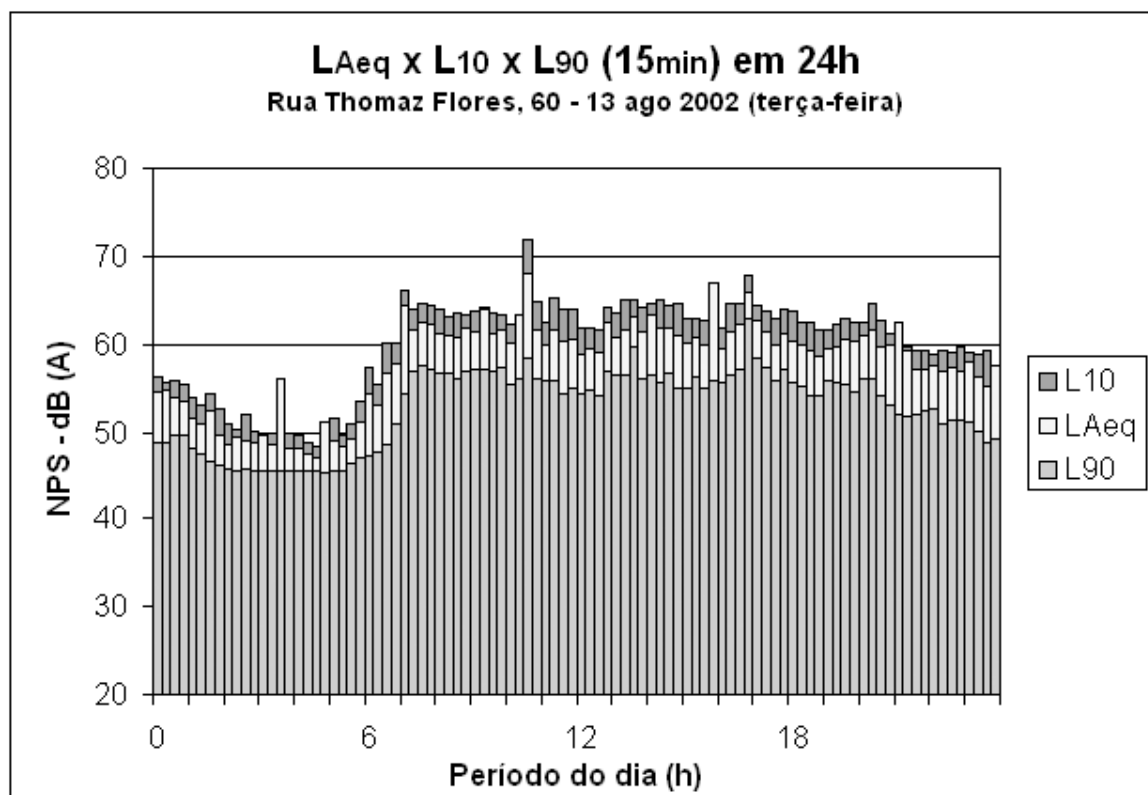


Figura 71: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

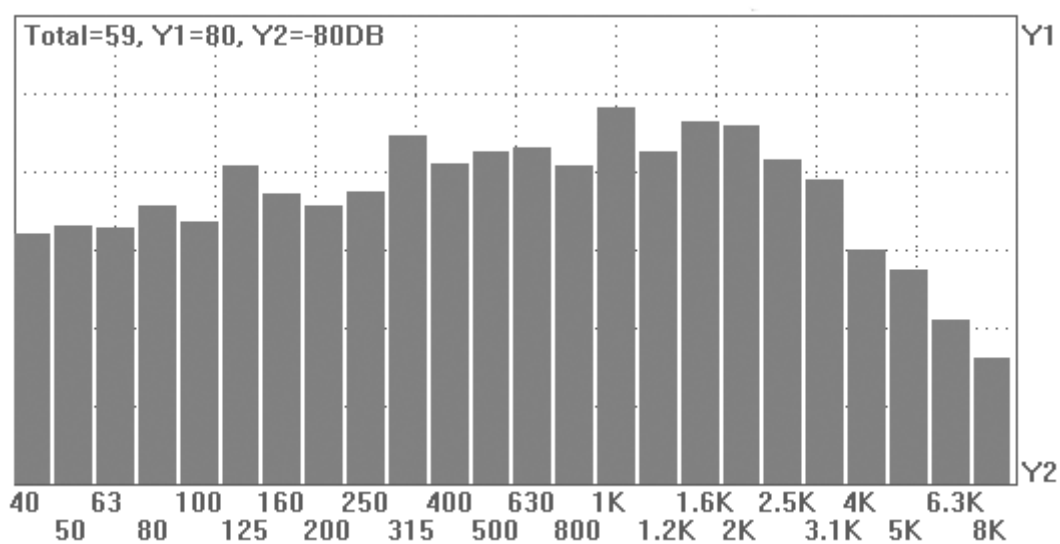


Figura 72: análise espectral para o PONTO 13 – $L_{Aeq}(24h) = 60,1$ dB(A)

Tabela 34: síntese dos resultados obtidos para o ponto 13

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	15:00 – 16:00 h	63,1
Horário de mínimo L_{eq}	02:00 – 03:00 e 04:00 – 05:00 h	48,7
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	19:00 – 20:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	03:00 – 05:00 h	45,5
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	16:00 – 17:00 h	65,7

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras, para as 24 horas do dia de avaliação, é **3,27**. Valor levemente elevado e característico de uma grande variabilidade horária nos níveis de ruído.

- **Análise espectral:** mostra níveis um pouco mais elevados nas bandas médias de frequência, mas de um modo geral, apresentando um padrão típico para ruído predominantemente proveniente de tráfego veicular em zona urbana.

- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para $L_{eq} \times L_{10} \times L_{90}$, apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 22:00 horas. Após este horário o gráfico apresenta uma queda gradual nos níveis de pressão sonora analisados, alcançando um mínimo às 04:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

Há picos nas leituras dos registros de pressão 80

sonora coletados nos períodos entre 03:00 e 04:00 h e entre 10:00 a 11:00 h.

4.2.14 Caracterização do ponto 14

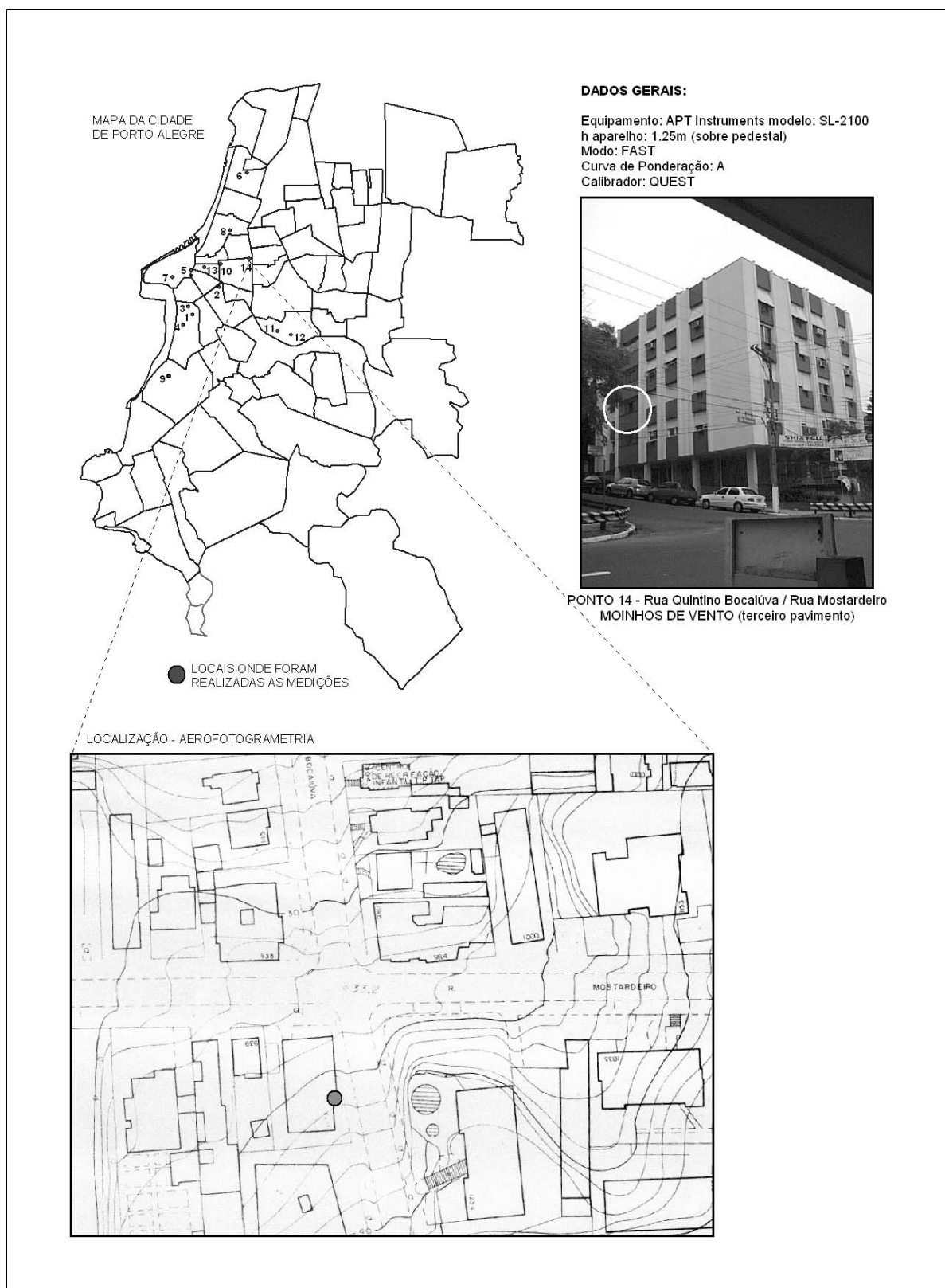
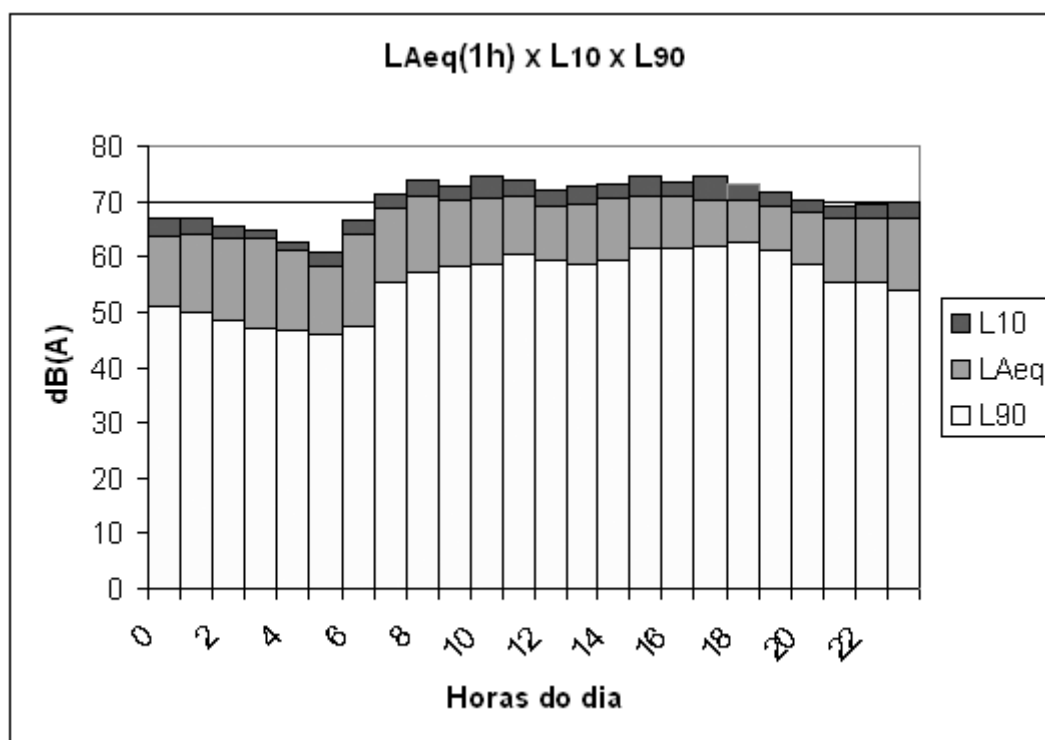


Figura 73: dados de caracterização do PONTO 14

Tabela 35: PONTO 14 – Rua Quintino Bocaiúva (Moinhos de Vento) – quinta-feira

Hora	Leq (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	63,5	78,9	47,9	66,9	60,1	51,2	6,06
01-02	64,2	82,5	46,7	66,9	58,7	50,0	6,52
02-03	63,5	81,0	45,9	65,6	56,3	48,5	6,87
03-04	63,2	84,5	45,6	64,9	53,5	47,2	7,27
04-05	61,1	82,7	45,4	62,5	50,8	46,6	6,57
05-06	58,4	79,5	44,9	60,7	49,2	46,1	6,09
06-07	64,1	81,3	45,7	66,6	54,3	47,6	7,36
07-08	68,6	85,9	51,5	71,2	63,0	55,4	6,19
08-09	70,9	87,5	52,0	73,9	65,0	57,3	6,41
09-10	70,2	87,5	49,2	72,8	65,6	58,4	5,76
10-11	70,7	83,2	51,6	74,5	66,3	58,5	5,94
11-12	70,9	87,2	52,0	73,9	66,2	60,5	5,42
12-13	69,0	82,8	51,6	72,0	65,1	59,5	5,03
13-14	69,7	84,3	50,9	72,9	65,4	58,8	5,45
14-15	70,8	89,7	51,9	73,3	65,8	59,3	5,57
15-16	70,9	88,1	52,3	74,4	67,3	61,4	5,12
16-17	70,8	85,1	52,9	73,6	66,9	61,4	5,06
17-18	71,2	86,3	54,2	74,5	67,1	61,9	5,05
18-19	70,3	84,3	57,0	73,0	66,7	62,6	4,25
19-20	69,1	82,9	51,8	71,7	66,2	61,1	4,33
20-21	67,9	83,1	52,1	70,3	64,8	58,8	4,69
21-22	67,1	83,7	48,9	69,2	62,9	55,4	5,76
22-23	67,1	84,1	48,7	69,5	63,5	55,5	5,61
23-24	66,9	81,8	49,6	69,7	62,3	54,1	6,15
							5,77

Figura 74: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

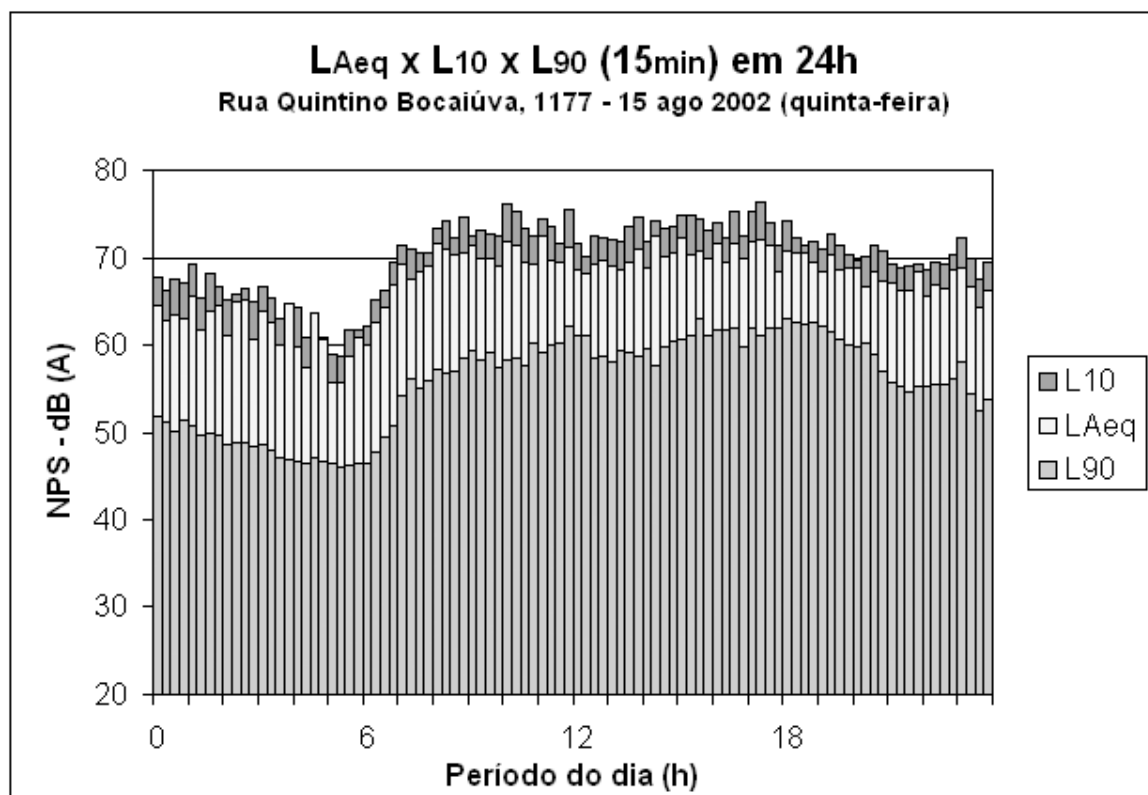


Figura 75: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

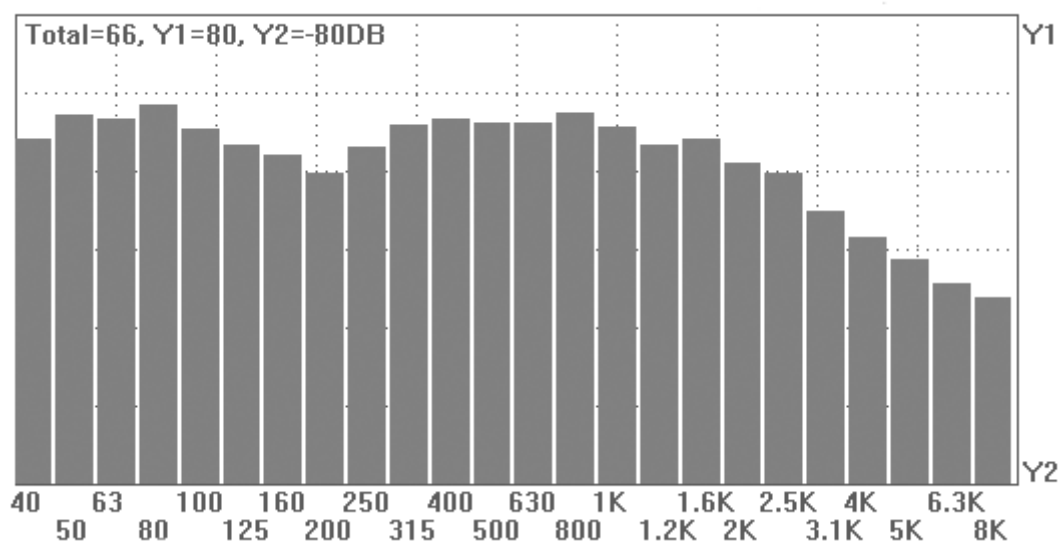


Figura 76: análise espectral para o PONTO 14 – $L_{Aeq}(24h) = 68,6$ dB(A)

Tabela 36: síntese dos resultados obtidos para o ponto 14

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	17:00 – 18:00 h	71,2
Horário de mínimo L_{eq}	05:00 – 06:00 h	58,4
Horário correspondente ao $L_{eq}(24h)$	19:00 – 21:00 h	-
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	05:00 – 06:00 h	46,1
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	17:00 – 18:00 h	74,5

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** a média dos desvios padrão do total de leituras para as 24 horas do dia de avaliação, é **5,77**. Valor considerado bastante elevado e característico de um ambiente muito ruidoso.
- **Análise espectral:** mostra níveis bastante elevados nas bandas de frequências mais baixas, possivelmente significando uma presença constante de vibrações oriundas de veículos pesados. O local apresenta níveis de pressão sonora extremamente elevados mesmo nos períodos noturnos.
- **Tráfego:** há aqui uma grande presença de fluxo de veículos pesados e enormes variações, entre períodos ruidosos e calmos, em pouco espaço de tempo.
- **Variação do nível de ruído:** os dados do gráfico comparativo (15 min.) para L_{eq} x L_{10} x L_{90} , apresentam um padrão de linearidade no período das 07:00 até, aproximadamente, às 18:00 horas. No período entre 18:00 e 22:00 h, ocorre uma pequena queda intermediária nos níveis de pressão sonora. Após este período o gráfico apresenta uma queda gradual, alcançando um mínimo às 05:00 h e, aumenta gradualmente, voltando a estabilizar a partir das 07:00 h.

4.2.15 Caracterização – Pontos localizados no bairro MENINO DEUS

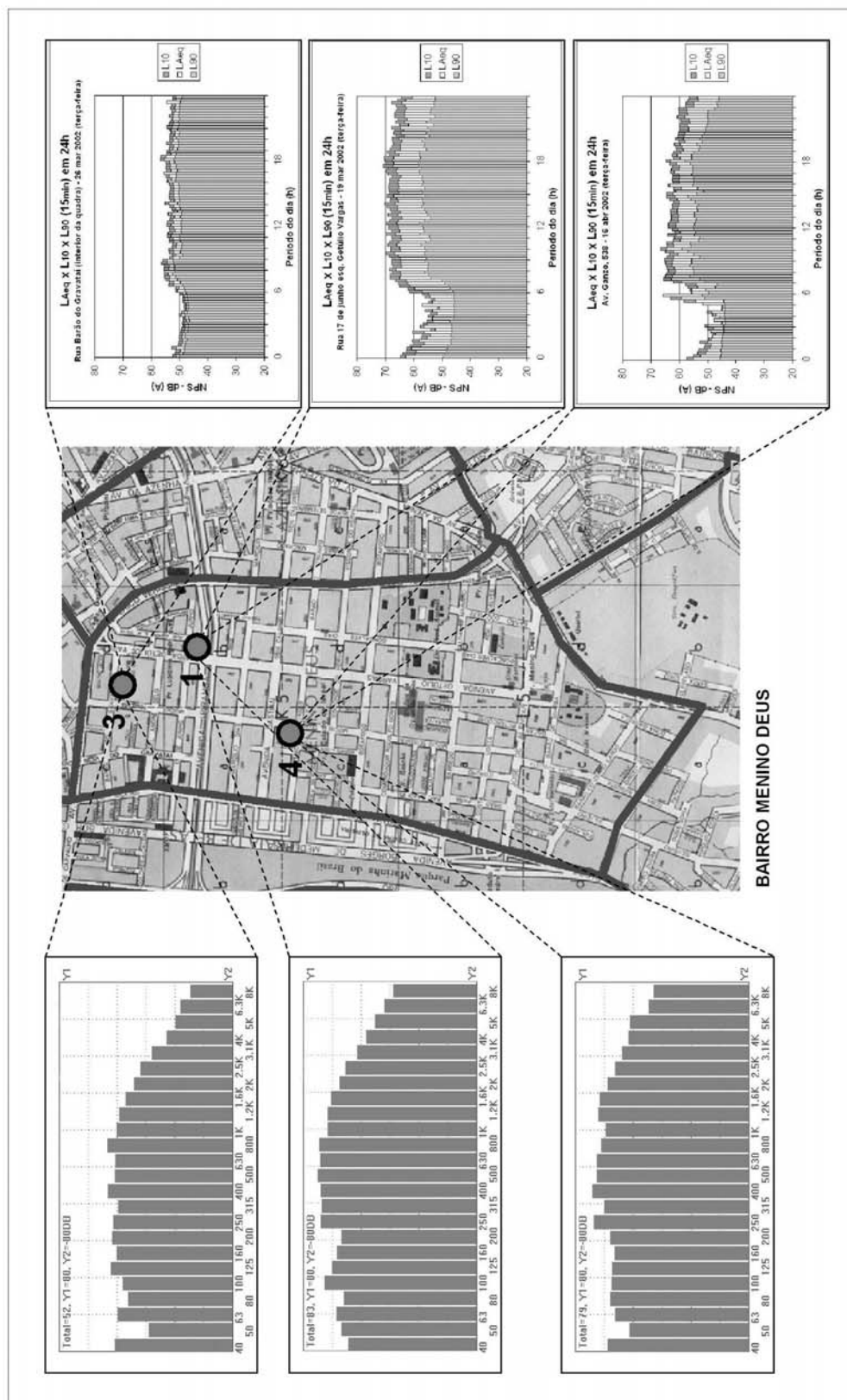


Figura 77: dados de caracterização dos pontos localizados no bairro MENINO DEUS

Tabela 37: síntese dos resultados obtidos para os pontos localizados no bairro Menino Deus

DESCRIÇÃO	Período de ocorrência	Valor em dB(A)
Horário de máximo L_{eq}	17:00 – 18:00 h (Ponto 01)	66,7
Horário de mínimo L_{eq}	04:00 – 05:00 h (Ponto 04)	46,4
Horário de menor ruído de fundo (L_{90})	03:00 – 04:00 h (Ponto 04)	43,8
Horário de maior ruído de atividade (L_{10})	18:00 – 19:00 h (Ponto 01)	69,8

COMENTÁRIOS:

- **Desvio padrão:** o ponto 01 possui o maior valor de desvio padrão: **4,94** (localizado próximo a uma via expressa e com grande variabilidade nos níveis de pressão sonora ao longo do dia). O ponto 03 possui o menor valor de desvio padrão: **1,65** (local silencioso e com pouca variabilidade nos níveis de pressão sonora ao longo das 24 horas do dia). O ponto 04 possui um valor intermediário: **3,69** (os níveis de pressão sonora, ali presentes, também se encontram a meio caminho dos outros dois pontos, porém apresenta os menores valores, entre os três, para L_{eq} e L_{90}).

- **Análise espectral:** os gráficos de análise espectral, para os três diferentes locais, apresentam curvas bastante semelhantes e caracterizam um padrão típico de ruído proveniente de tráfego veicular em zona urbana.

- **Tráfego:** o ponto 01, localiza-se próximo a uma via expressa; o ponto 03 é localizado no centro de um quarteirão e o ponto 04, em uma via secundária, de fluxo médio, porém, próximo a um local de carga e descarga de uma área comercial.

Os três pontos, aqui avaliados, localizados em um mesmo bairro, demonstram a clara necessidade de levantamentos de níveis de pressão sonora mais aprofundados dentro do perímetro urbano. Cada um dos três locais, mesmo estando a pouca distância um do outro, possui características bastante diferenciadas: desde uma situação de silêncio e aparente “conformidade” (no que diz respeito às classificações das normas nacionais e internacionais) até um extremo de *stress* urbano proporcionado pela proximidade de uma via expressa com alto fluxo de veículos.

4.2.16 Considerações gerais sobre as análises estatísticas

Foram encontrados alguns padrões a partir da análise espectral dos dados de áudio captados nos pontos de medição (ver item 4.4: Comparação de Análises Espectrais). Porém, tais padrões, em sua maioria, seguem o modelo de tipicidade para ruído urbano predominantemente composto por sons provenientes de atividades de tráfego veicular.

Em quase todos os pontos (com exceção do ponto **03**, que apresenta um padrão atípico de *linearidade* nos níveis de pressão sonora no decorrer das 24 horas, devido a sua localização: afastado das vias de tráfego veicular e no centro de um quarteirão) foi verificado um padrão para as curvas referentes aos gráficos obtidos para $L_{eq} \times L_{10} \times L_{90}$. Tal padrão é caracterizado por uma *linearidade* nos níveis de pressão sonora no período que compreende, aproximadamente, o intervalo entre as 07:00 e as 22:00 horas. Após este horário os gráficos apresentam sempre uma queda gradual, alcançando um valor mínimo, aproximadamente, as 04:00 horas e aumentando, gradualmente, tornando a estabilizar novamente, as 07:00 horas.

Os pontos **03** (Rua Barão do Gravataí) e **12** (Rua Dona Inocência) apresentaram os menores valores encontrados para nível de pressão sonora ao longo das 24 horas.

Os pontos **11** (Rua Valparaíso) e **14** (Rua Quintino Bocaiúva) apresentaram os maiores valores encontrados para nível de pressão sonora ao longo das 24 horas.

Os maiores valores de L_{10} , ou seja, os maiores índices de **ruído de atividade**, foram encontrados nos pontos: **05** (Av. Oswaldo Aranha), **06** (Av. Farrapos), **08** (Av. Cristóvão Colombo), **11** (Rua Valparaíso) e **14** (Rua Quintino Bocaiúva). Todos esses pontos localizam-se em lugares próximos a vias com grande fluxo de veículos ao longo do dia.

Os menores valores de L_{10} , ou seja, os menores índices de **ruído de atividade**, foram encontrados nos pontos: **02** (Rua Jacinto Gomes), **03** (Rua Barão do Gravataí), **04** (Av. Ganzo), **09** (Rua Silveiro) e **12** (Rua Dona Inocência). Todos esses pontos localizam-se em lugares próximos a vias secundárias, com um fluxo reduzido de veículos ao longo do dia.

Os valores mínimos de L_{90} , menor **ruído de fundo**, foram registrados no ponto 12. Neste local foi registrado o menor fluxo de veículos, ao longo de todo o dia, para os pontos avaliados em proximidade de vias públicas.

4.3 COMPARAÇÃO COM FÓRMULAS DE PREDIÇÃO DE RUÍDO

Existem diversos trabalhos que relacionam fluxo de veículos e ruído de tráfego, a fim de produzir estimativas do nível de ruído em zonas urbanas através de fórmulas chamadas: **equações de predição de ruído de tráfego** (LANG, 1986).

A importância de se trabalhar com **modelos de predição** reside no fato de que os mesmos tornam a determinação dos parâmetros de conforto acústico mais fácil e acessível, economicamente, aos profissionais, como engenheiros e arquitetos, que são alguns dos principais responsáveis pela qualidade do ambiente urbano construído (NUNES, 1998).

Para efeito de comparação dos níveis encontrados nos pontos selecionados no presente trabalho e verificação da possibilidade de adequação de um destes modelos para a realidade da cidade de Porto Alegre, foram selecionadas as equações propostas por:

- Martins (1984):

$$L_{eq} = 53 + 7,9 \log q + 0,22 p - 5,7 \log d \quad (12)$$

- *Department of Transport HMSO* (1988):

$$L_{eq} = [10 \log q + 33 \log (v + 40 + 500/v) + 10 \log (1 + 5p/v) - 26,6] - 3 \quad (13)$$

- García & Faus (1991):

$$L_{eq} = 48,6 + 8,1 \log q \quad (14)$$

- Chew (1992):

$$L_{eq} = \{3,90 \log q + 15,13 \log [v + 40 + (500/v)] + 3,94 \log [1 + 5p/v] + 30G + 42,61\} - 3 \quad (15)$$

- Ego et al. (1995):

$$L_{eq} = 10 \log q + 20 \log v - 10 \log (d + w/3) + Kc + 14 \quad (16)$$

- Chakrabarty et al. (1997):

$$(1) L_{eq} + 20 \log d = 53,8 + 17,2 \log q_{leves} \quad (17)$$

$$(2) L_{eq} + 20 \log d = 69,6 + 17,2 \log q_{pesados} \quad (18)$$

- Sattler et al. (1998):

$$L_{eq} = 38,6 + 10,97 \log q \quad (19)$$

Onde, q = **volume de tráfego**, em veículos por hora; v = **velocidade média** dos veículos, calculada por amostragem, em km/h; p = percentual de **veículos pesados**, em %; d = **distância do centro da via**, medida até o aparelho; w = **largura da via**; K_c = **fator de correção** (dependente do tipo de pavimento – usualmente é igual a 4 para cálculos com pavimento asfáltico).

Tais equações foram implementadas em um software específico (MAIA, 2003), utilizado de forma a simplificar os processos de cálculo e tratamento de dados. Utilizou-se também o modelo de predição desenvolvido por Marsh (1998), em seu software *Noise Tool* – que incorpora uma implementação mais complexa dos modelos do *Department of Transport HMSO* (1988).

Por questões práticas, não foi possível (de forma simultânea às gravações, para análise espectral e contagem de veículos) realizar medições *in loco*, para a verificação da velocidade média dos veículos em cada ponto selecionado para análise. Deste modo, adotou-se, a partir da análise de dados referentes a trabalhos realizados anteriormente, sobre ruído em diferentes tipos de pavimentos na cidade de Porto Alegre (BRITO et al., 1998; MAIA, 2002; MAIA et al., 2002; NUNES et al., 1999; NUNES et al., 2000), uma **velocidade média** de 45 km/h, para os veículos que trafegam nas proximidades dos locais expostos diretamente às vias urbanas.

A distância até o eixo da via foi devidamente *calibrada*, de forma a padronizar a inter-relação, para os 13,5 m exigidos pela equação do *Department of Transport HMSO* (1988). Os valores, corrigidos para tal distância, são ajustados diretamente sobre o L_{eq} horário, referente ao período em que foi registrado o conjunto de dados para **análise espectral**, em cada ponto (colunas $L_{eq}(1h)$ e *Ajuste dist.*, na tabela 38).

A seguir é apresentada a tabela comparativa entre os **níveis de pressão sonora** encontrados e corrigidos, com os **valores calculados**, através das equações acima descritas. Juntamente, encontram-se as equações para verificação do L_{dn} (Nível de Ruído para Dia e Noite) e do L_{ps} (Nível de Poluição Sonora), índices utilizados em diversos países para a avaliação do ruído urbano, de forma alternativa ou complementar ao L_{eq} e aos níveis de percentil (L_x).

Cabe esclarecer que no Ponto 03, onde foram encontrados níveis baixos e constantes de pressão sonora, não foi avaliado o ruído de tráfego devido à presença de vias de tráfego mais intenso somente a grande distância (acima de 100 metros).

Tabela 38: comparação entre os resultados das medições e a aplicação das equações de predição de ruído selecionadas (em dB(A))

Ponto	$L_{eq(24h)}$	L_{dn}	L_{ps}	$L_{eq(1h)}$	Ajuste dist.	Martins	HMSO	García & Faus	Chew	Ego et al.	Chakra barty 1	Chakra barty 2	Sattler et al.	Marsh
01	63,9	67,3	76,5	66,3	64,8	69,8	65,8	71,0	81,3	66,5	68,1	63,4	69,0	67,2
02	58,5	62,4	69,2	59,3	57,0	65,2	60,0	66,7	79,0	61,1	59,0	52,0	63,1	61,7
03	52,1	57,1	56,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04	59,4	62,8	68,8	62,4	65,9	70,3	66,2	72,4	81,5	68,2	71,3	59,0	70,9	64,3
05	70,4	73,0	83,0	69,5	69,3	72,8	69,6	73,9	82,8	70,0	74,0	70,8	72,8	70,2
06	71,0	74,7	82,5	73,3	70,4	75,9	73,0	75,1	84,1	71,6	76,0	79,2	74,6	74,4
07	61,7	64,0	68,1	66,1	65,6	68,4	63,8	70,4	80,5	65,7	67,0	55,2	68,2	64,6
08	67,0	69,4	79,7	69,7	68,2	72,0	68,6	72,6	82,4	68,4	71,0	70,1	71,1	69,7
09	57,7	62,5	67,7	58,0	59,7	70,4	66,2	70,0	81,5	65,1	65,1	67,2	67,5	65,6
10	60,3	63,9	68,7	62,1	61,9	72,3	69,0	73,7	82,5	69,8	73,7	68,6	72,6	69,0
11	67,5	70,1	81,1	70,5	70,0	70,1	66,1	70,4	81,4	65,7	66,4	66,2	68,2	67,5
12	53,8	56,8	62,7	54,8	56,0	62,3	56,3	63,4	77,6	57,1	51,9	47,0	58,7	56,1
13	60,1	62,6	68,5	64,4	63,9	58,4	50,9	60,8	75,5	53,8	46,5	36,7	55,1	51,9
14	68,6	72,1	83,4	70,8	68,8	71,8	68,2	74,0	82,2	70,1	74,6	62,6	73,0	70,0

$L_{eq(24h)}$ = nível equivalente de ruído calculado para as 24 horas do dia;

L_{dn} = nível de ruído para dia e noite (compensa os níveis noturnos com uma penalização de +10 dB, de forma a compensar uma maior sensibilidade ao ruído neste período);

L_{ps} = nível de poluição sonora;

$L_{eq(1h)}$ = nível equivalente de ruído no horário correspondente a realização das contagens de veículos e das gravações de conteúdo para análise espectral;

Ajuste dist. = correção das distâncias do ponto medido até o eixo central da via para 13,5 m de forma a comparar os resultados encontrados e aplicar as equações de predição de ruído;

* Os valores em negrito, nas colunas correspondentes à aplicação das equações, são os que possuem maior correlação com o valor medido e corrigido para possibilitar a comparação.

As melhores correlações foram: a equação apresentada pelo *Department of Transport HMSO* (1988) e a equação apresentada por Ego et al. (1995).

Os valores encontrados para o L_{dn} penalizam o período noturno e mostram níveis mais elevados para todos os pontos, de modo geral.

Os dados de L_{ps} avaliam a poluição sonora através da inclusão do **desvio padrão** no cálculo, o que acaba confirmando que os pontos com **maiores desvios** são os que proporcionam um **maior incômodo**.

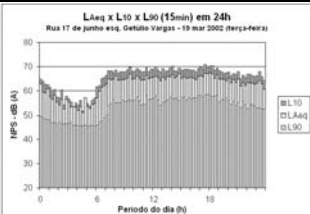
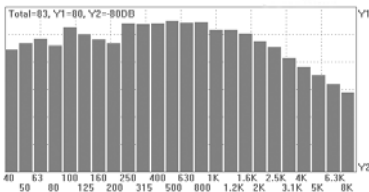
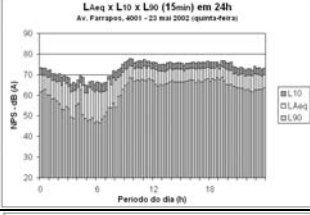
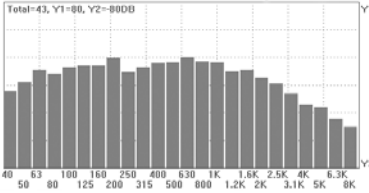
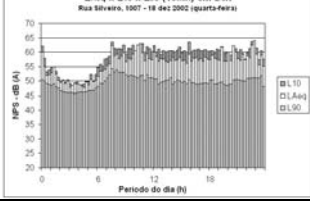
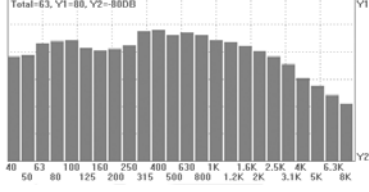
Algumas das equações não possuem correlação nenhuma com a questão do ruído urbano na cidade de Porto Alegre, muito provavelmente por terem sido desenvolvidas para situações bastante específicas.

4.4 COMPARAÇÃO DE ANÁLISES ESPECTRAIS

A seguir é apresentada uma tabela ordenando os gráficos de análise espectral encontrados em grupos que apresentam semelhanças nas curvas geradas a partir da predominância de determinadas bandas de frequência em cada um dos locais de medição. Foram encontrados quatro grupos diferenciados pelo desenho “plotado” nos gráficos.

O primeiro grupo apresenta o desenho de uma parábola com curvatura ascendente até a frequência de 800 Hz, aproximadamente, tomando direção descendente nas altas frequências.

Tabela 39: grupo 1 (03 pontos)

#	$L_{eq} \times L_{10} \times L_{90}$	Análise Espectral	Máx L_{eq}	Mín L_{eq}	veíc. /h	% pesados	DP (hab/Ha)
01			66,7	54,0	592	6,08	132,59
06			73,6	61,8	1900	15,57	23,45
09			61,7	48,7	432	13,88	97,40

O segundo grupo caracteriza-se por um patamar mais definido e estável, na região das frequências graves, à esquerda, novamente apresentando um caimento à partir da frequência

central de 800 Hz, porém com uma leve subida no nível das freqüência mais agudas (à partir de 5 kHz).

Tabela 40: grupo 2 (06 pontos)

#	$L_{eq} \times L_{10} \times L_{90}$	Análise Espectral	Máx L_{eq}	Mín L_{eq}	Veíc. /h	% pesados	DP (hab/Ha)
02			61,8	47,9	172	4,65	137,70
03			54,3	47,9	-	-	132,59
05			73,9	58,0	1320	7,27	171,82
10			66,3	51,5	1256	5,73	130,92
11			70,5	49,2	496	10,48	57,43
14			71,2	58,4	1364	2,34	87,59

O terceiro grupo é caracterizado por uma forma parabólica com centro deslocado para a freqüência de 1,6 kHz e um caimento acentuado em direção as freqüências mais agudas.

Tabela 41: grupo 3 (02 pontos)

#	$L_{eq} \times L_{10} \times L_{90}$	Análise Espectral	Máx L_{eq}	Mín L_{eq}	Veíc. /h	% pesados	D.P. (hab/Ha)
07			66,1	49,4	496	2,42	171,82
13			63,1	48,7	32	0	297,71

O quarto grupo, por sua vez, apresenta os locais que apresentaram padrões espectrais atípicos, com picos em determinadas bandas de frequência ou linearidade acentuada para algumas frequências.

Tabela 42: grupo 4 (03 pontos)

#	$L_{eq} \times L_{10} \times L_{90}$	Análise Espectral	Máx L_{eq}	Mín L_{eq}	Veíc. /h	% pesados	DP (hab/Ha)
04			62,4	46,4	880	2,27	132,59
08			70,4	54,1	912	9,64	85,56
12			60,1	45,4	68	5,88	57,43

4.5 COMPARAÇÃO COM RESULTADOS DE TRABALHOS ANTERIORES

Após a etapa completa de levantamento dos dados, é permitida a realização de uma análise comparativa com trabalhos anteriores (ROTT, 1995), através da verificação dos níveis sonoros nos bairros e zonas caracterizados.

A figura 78, abaixo, mostra a caracterização, de cada ponto de medição apresentado no trabalho, de acordo com a sua classificação em Zona de Densidade Populacional (DP). Nota-se que não necessariamente os níveis sonoros dependem da densidade populacional. É comum encontrar, na cidade de Porto Alegre, zonas de alta densidade populacional, com característica predominantemente residencial, que apresentam uma menor incidência de vias com um elevado fluxo de veículos e como consequência níveis mais baixos de ruído local proveniente de tráfego veicular.

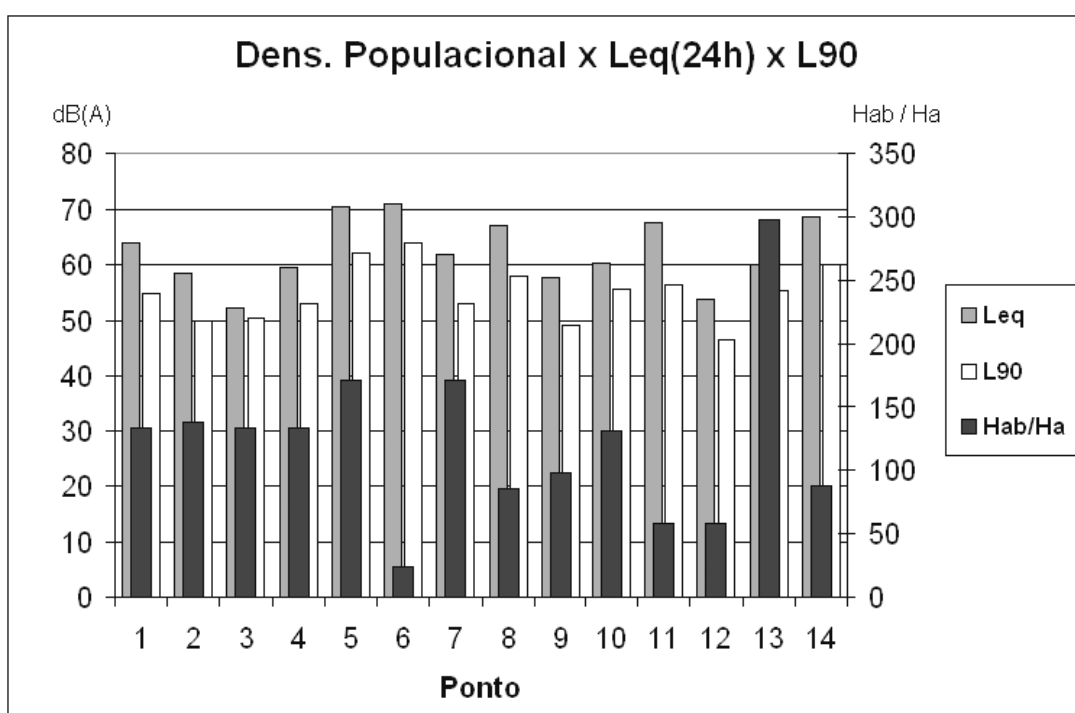


Figura 78: Densidade Populacional x L_{eq} x L_{90}

A tabela 43, a seguir, apresenta um paralelo entre os valores obtidos no trabalho de Rott (1995) e os encontrados através da presente base de dados.

Tabela 43: 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 (1995), devido ao fato do presente trabalho ter sido desenvolvido para as 24 horas do dia – influência do período noturno no processo de medição.

De forma geral, os resultados encontrados na análise mantêm-se dentro dos limites estabelecidos a partir dos dados encontrados em trabalhos anteriores.

Cabe ressaltar também que:

- os pontos de medição adotados, no presente trabalho, não são os mesmos que Rott utilizou;
- em seu trabalho, Rott realizou medições de nível de pressão sonora apenas em “horário de pico” de fluxo de tráfego veicular (entre 18:00 e 19:00 h);
- os valores encontrados por Rott foram todos verificados em locais junto às vias e a maioria destes pontos era de tráfego intenso.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na maior parte dos locais selecionados para as medições de nível de pressão sonora, verificou-se uma enorme 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, 55 dB, conforme a *World Health Organisation* (1980). Apenas nos períodos noturnos e nos pontos isolados do 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 em pontos 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).

O **desvio padrão** pode ser utilizado, em paralelo, para verificar o real incômodo causado pelo ruído nos locais selecionados para estudo. Foi verificado que as zonas com altos valores de desvio padrão possuem sua 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.

Em quase todos os pontos foi verificado um “*padrão diário*”, para as curvas referentes aos gráficos obtidos para $L_{eq} \times L_{10} \times L_{90}$, ao longo das 24 horas de um dia típico semanal, na cidade de Porto Alegre. Tal padrão é caracterizado por uma *linearidade* nos níveis de pressão sonora no período que compreende, aproximadamente, o intervalo entre as 07:00 e as 22:00 horas. Após este horário os gráficos apresentam sempre uma queda gradual, alcançando um

valor mínimo, aproximadamente, as 04:00 horas e aumentando, gradualmente, tornando a estabilizar novamente, as 07:00 horas.

Na comparação com as fórmulas de predição, verifica-se uma grande correlação entre os valores medidos e os encontrados através da aplicação da equação do *Department of Transport HMSO* (1988). Outros modelos são bastante ineficientes para uma aplicação imediata nas avaliações de ruído urbano.

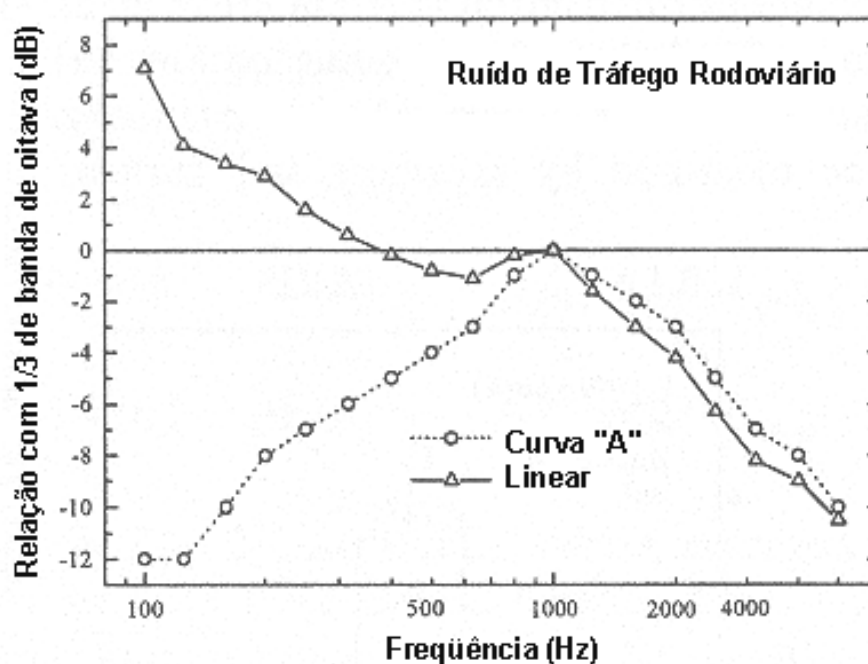


Figura 79: espectro referencial (1/3 de banda de oitava) para ruído de tráfego rodoviário (Fonte: adaptado de GARCÍA, 2001)

Na comparação entre $L_{eq(24h)}$, L_{dn} e L_{ps} , foi verificado que o uso conjunto de tais índices, para a avaliação do ruído urbano, permitem-nos 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.

As análises espectrais, realizadas de forma complementar às medições, apresentaram, quase sempre, uma curva (parábola) com comportamento bastante semelhante ao verificado por García (2001), em análise de padrões de espectro sonoro, produzido pela incidência de ruído

de tráfego no meio urbano e por Pons & Santiago (1992), em trabalho sobre a análise espectral do ruído de tráfego veicular na cidade de Madrid (figuras 79 e 80).

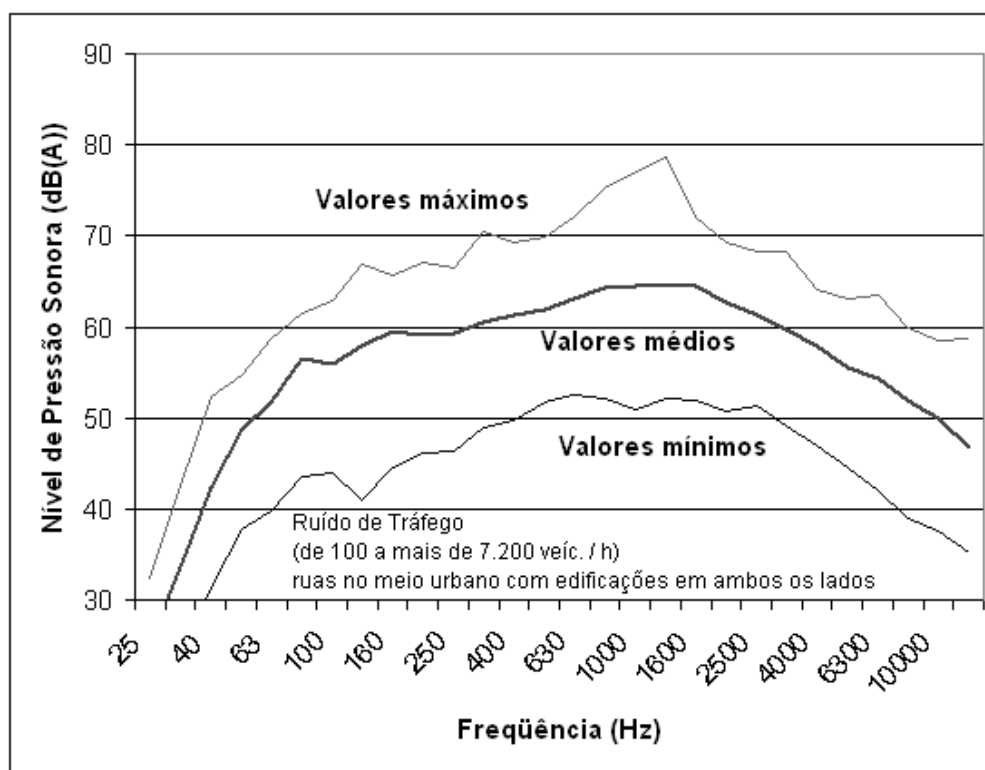


Figura 80: espectro do ruído de tráfego rodoviário (1/3 de banda de oitava) em áreas urbanas (Fonte: adaptado de PONS & SANTIAGO, 1992)

5.2 OBJETIVOS ALCANÇADOS

O trabalho contribuiu na geração de dados de apoio, relacionados ao ruído urbano, para os projetistas, conforme proposto, anteriormente, no item *Objetivos*, da presente dissertação. Também foram alcançados os objetivos secundários e checadas as hipóteses levantadas: um mapeamento de ruídos mais detalhado em relação a trabalhos anteriores, a verificação de possibilidade de uso de equações de predição de ruído e uma demonstração da importância dos mapeamentos sonoros periódicos (através de modelos computacionais ou de pesquisa de campo), por longos períodos de tempo e em diferentes pontos de uma mesma localidade.

5.3 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Sugere-se, como continuidade do trabalho, uma análise mais ampla, envolvendo um número maior de pontos, de modo a proporcionar um real mapeamento sonoro na cidade de Porto Alegre.

Outra sugestão seria a realização de um levantamento detalhado de uma parcela da cidade, tal como um quarteirão, quadra ou bairro (como esboçado na análise do bairro Menino Deus no item 4.2.15), onde seja possível comparar os dados coletados no interior da área e em todas os tipos de vias ou posições externas, com diferentes fluxos de veículos e atividades, possibilitando assim, um mapeamento completo do “clima de ruídos” do local. Uma caracterização de inclinação de vias e seus efeitos e a catalogação dos tipos de veículos, ali presentes, junto com a sua classificação (como definir um veículo pesado? Quantas toneladas?), também poderia ser realizada em paralelo. Tal estudo poderia abranger, por exemplo, três bairros com características diferenciadas: um bairro industrial, um de classe média e outro de classe alta.

Também a título de sugestão, cabe a realização de um estudo, em paralelo, que verifique a aplicação de algoritmos de cálculo e de predição do ruído comunitário (ASJ, DGMR, IMPACT, LIMA, MITHRA, MICROBRUIT, NBSTOY, RAYNOISE, RLSTR81, ROAR 1.1, RVS 3.114, SCMI, SOUNDPLAN, TRAF, VISIGO, entre outros) e sua calibração em função da realidade local da cidade de Porto Alegre (ou outra cidade brasileira), como alternativa ao elevado custo de manutenção de medições periódicas (realizadas simultaneamente em diferentes locais e com grande quantidade de equipamentos de medição e análise) e da realização de um mapeamento sonoro regional completo.

Para permitir a correta inserção de dados e a comparação de resultados obtidos, através do uso de softwares de simulação e equações destinados à predição de ruído, sugere-se, também, a realização de um trabalho completo de mapeamento dos tipos de pavimento, contagem e verificação da velocidade média dos veículos, para toda a cidade ou para uma região ou bairro escolhida para o trabalho.

Mais uma possibilidade seria a realização de um trabalho, junto às Prefeituras Municipais, propondo o estudo e a viabilidade para a inserção de *recomendações acústicas* em futuras

edições de seus Códigos de Obras Municipais, incluindo a aplicação de novos conceitos para a melhoria na qualidade de vida (saúde pública) na cidade.

A análise espectral detalhada para os pontos analisados e para outros locais a serem medidos, verificando o correto percentual de veículos leves e pesados, a velocidade média dos veículos no local, a inclinação das vias, o tipo de pavimentação, a influência dos anteparos presentes nos pontos de medição (janela recuada, sacada, brises), etc., poderá, também, complementar os estudos que vem sendo realizados sobre o ruído urbano na cidade de Porto Alegre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRE, A.; BARDE, J-Ph. et al. **Road Traffic Noise**. London: Applied Science Publishers, 1975.
- APT Instruments. **Operating Instructions for ARTISAN® Data Collection Software**. Litchfield: APT Instruments Div, 2001.
- 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.
- _____. **NBR 12179**: tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. **TB 143**: poluição sonora – terminologia. 29 p. Rio de Janeiro, 1973.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual Técnico de Caixilhos e Janelas**. São Paulo: PINI, 1991.
- BISHOP, D. E.; SCHOMER, P. D. Community noise measurements, **Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control**. Editado por: C. M. Harris. New York: McGraw-Hill, 1991.
- BJÖRK, E. A. **Community Noise in Different Seasons in Kuopio, Finland**. Applied Acoustics 42. England: Elsevier Science Limited, 1994.
- BORTOLI, P. S.; KRÜGER, E. **Diagnóstico da Poluição Sonora Urbana na Região Central de Curitiba**. In: ENTAC 2002 – IX Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, PR. 7 a 10 de maio de 2002.
- BRITO, A. M.; COSTA Filho, A.; REIMANN, D.; JACQUES, J.; HERNANDEZ, R.; PERES, R. M. **Estudo comparativo de níveis de ruído entre pavimento asfáltico e pavimento com pedra granítica regular..** Trabalho da disciplina de Conforto Ambiental II. Porto Alegre: NORIE / UFRGS. dezembro de 1998 (não publicado).
- BROWN, A. L.; LAM, K. C. **Urban Noise Surveys**. Applied Acoustics 20. England: Elsevier Applied Science Publishers Ltd, 1987.
- BRÜEL & KJÆR SOUND & VIBRATION MEASUREMENT A/S. **Measuring Sound**. Denmark: K Larsen & Son, 1984.
- BRÜEL & KJÆR SOUND & VIBRATION MEASUREMENT A/S. **Environmental Noise**. Denmark: K Larsen & Son, 2001.

CAMPOS, A. C. A.; CERQUEIRA, E. A.; SATTLER, M. A. **Ruídos Urbanos na cidade de Feira de Santana**. In: ENTAC 2002 – IX Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, PR. 7 a 10 de maio de 2002.

CHACKRABARTY, D. et al. **Status of road traffic noise in Calcutta metropolis, India**. Acoustical Society of America. Journal of Acoustical Society of America, v. 101, p. 943-949, 1997.

CHEW, C. H. **Effectiveness of Grass Embankments in Screening High-Rise Buildings from Highway Traffic Noise**. Applied Acoustics. England: Elsevier Science Publishers Ltd, 1992.

CONSOLIDAÇÃO DAS LEIS TRABALHISTAS. **Portaria nº 3.214 / 78 – Atividades e operações insalubres: proteção no ambiente de trabalho contra ruídos acima de 85 dB(A) - NR-15**. Ministério do Trabalho, 1978.

CREMONESI, J. F. **Ruído urbano – natureza, medição e controle**. São Paulo: Revista A Construção – Região Sul, n. 203. São Paulo: IPT, 1985.

DE MARCO, C. S. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Livraria Nobel, 1982.

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.

EVEREST, F. A. **Master Handbook of Acoustics**. New York: McGraw-Hill, 2001.

GARCÍA, A.; FAUS, L. J. **Statistical Analysis of Noise Levels in Urban Areas**. Applied Acoustics. England: Elsevier Science Publishers Ltd, 1991.

GARCÍA, A.; ARANA, M. **A social survey on the effects of environmental noise on the residents of Pamplona, Spain**. Applied Acoustics n. 53. England: Elsevier Science Publishers Ltd, 1998.

GARCÍA, A. **Environmental Urban Noise**. England: WIT Press, 2001.

GERGES, S. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 2 Ed. Florianópolis: NR Editora, 2000.

HICKLING, R. **Surface Transportation Noise**, Handbook of Acoustics. New York: John Wiley and Sons, pp. 883-896, 1998.

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.

IOP – INSTITUTO OBRA PRIMA – PROJETO PILOTO: ACÚSTICA. Disponível em: <<http://www.projetopiloto.com.br/BDADOS/AQE%20-%20aterramento.htm>> Acesso em: 11 jun. 2001.

JOSSE, R. **La acústica em la construcción**. Barcelona: Gustavo Gili, S.A. 1975.

- LANG, J. **Assessment of noise impact on the urban environment: A study on noise prediction models**. Copenhagen: World Health Organization, 1986.
- LANGDON, F. J. **Noise nuisance caused by road traffic in residential areas: part I**. Journal of Sound and Vibration, v. 47, p. 243-263, 1976.
- LELAND, I. K.; RICHARDS, R. L. **Acoustics and Noise Control Handbook for Architects and Builders**. Florida: Krieger Publishing Company, 1998.
- LINGSONG, H. **VSI – Virtual Sound Instrument v1.1**. China: Huazhong University, 2000.
- MAIA, M. A. L.; MANFREDINI, C.; BECKER, F.; DALPIÁS, L. A.; SILVA, S. A.; FAGUNDES, H. A. V. **Relatório de medições de nível de pressão sonora de tráfego em Porto Alegre**. Trabalho da disciplina de Conforto Ambiental II. Porto Alegre: NORIE / UFRGS. janeiro de 2002 (não publicado).
- MAIA, M. A. L. **Análise complementar dos relatórios de medição de nível de ruído em diferentes tipos de pavimento realizados por alunos da disciplina de Conforto Ambiental II (NORIE / UFRGS), no período de 1998 a 2000**. Porto Alegre: NORIE / UFRGS. março de 2002 (não publicado).
- MAIA, M. A. L. **Traffic and Urban Noise Equations v2.0** (Software). Porto Alegre: NORIE – UFRGS, 2003.
- MARSH, A. J. **Noise Tool** (software). University of Western Australia. School of Architecture and Fine Arts. Perth, Austrália: 1998.
- MARTINS, W. C. et al. **Modelo empírico para previsão de ruído de tráfego para a cidade de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1984. (Comunicação Técnica, 304)
- MENEGAT, R. et al. **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.
- NIEMEYER, M. L. **Ruído Urbano e Arquitetura em Clima Tropical Úmido**. 1998. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). PROARQ – FAU/UFRJ, Rio de Janeiro.
- NIEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. O Ruído na Cidade: Elementos do Ruído Urbano. In: **Arquitetura: Pesquisa & Projeto**. Rio: Pró Editores. UFRJ, 1998.
- NUNES, M. F. O. **Estudo do ruído de tráfego veicular urbano em interseções semaforizadas no centro de Santa Maria – RS**. 1998. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSM, Santa Maria.
- NUNES, M. F.; GRIGOLETTI, G.; LAWISCH, J. P.; FAVARETTO, M. H. **Relatório de medições de nível de ruído em pavimento asfáltico e em pavimento de pedra granítica regular**. Trabalho da disciplina de Conforto Ambiental II. Porto Alegre: NORIE / UFRGS. dezembro de 1999 (não publicado).
- NUNES, M. F.; GRIGOLETTI, G.; LAWISCH, J. P.; FAVARETTO, M. H. **Relatório de medições de nível de ruído em pavimentos de pedra granítica, asfáltico, concreto e bloquetes de concreto**. Trabalho da disciplina de Conforto Ambiental II. Porto Alegre: NORIE / UFRGS. janeiro de 2000 (não publicado).
- PIMENTEL-SOUZA, F.; ÁLVARES, P. A. S. **A Poluição Sonora Urbana no Trabalho e na Saúde: Mapa Acústico de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: UFMG. 1998. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/lpf/trabalho/Trabalho.htm>> Acesso em: 20 jan. 2003.

PONS, J.; SANTIAGO, J. S. **Traffic Noise Spectra in Madrid**, in: Proc. of 6th International FASE Congress, Zürich, pp. 371-374, 1992.

PPG 24: PLANNING AND NOISE. Department of the environment. United Kingdom. september, 1994.

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.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE (SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE – SMAM). **Dados de ruído urbano de alguns locais de Porto Alegre, entre 1980 e 1994**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE (SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES – SMT). **Dados de fluxo de veículos de alguns cruzamentos de Porto Alegre, entre 1991 e 1994**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE (SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE – SMAM). **Impacto Ambiental: coletânea de legislação ambiental**. Porto Alegre, 1991.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE (SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE – SMAM). **Lei Complementar nº 65/81 (22/12/81): Decreto nº 8.185/83 (07/03/83)**. Porto Alegre, 1983.

QUEST TECHNOLOGIES. **Instructions for Model 2800 Integrating Sound Level Meter**. Wisconsin: Quest Technologies.

ROBINSON, D. W. **An outline guide to criteria for the limitation of urban noise**. NPL Aero Report AC 39, National Physical Laboratory Aerodynamics Division, 1969.

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.

SANCHO, V. M.; SENCHERMES, A. G. **Curso de Acustica en Arquitectura**. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, 1982. 215 p.

SATTLER, M. A. **Notas de Aula em Habitabilidade**. Porto Alegre: UFRGS.

SATTLER, Miguel A. et al. Ruído de tráfego rodoviário: estimativas a partir do fluxo de veículos. In: ENCONTRO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Acústica, 1998. 686 p. p. 519 – 522.

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.

Standard EN 1793-3. **Road Traffic Noise Reducing Devices – Test Method for Determining the Acoustic Performance – Part 3: Normalized Traffic Noise Spectrum**. CEN European Committee for Standardization, 1997.

SZOKOLAY, S. V. **Environmental Science Handbook**. The Construction Press. Lancaster, 1980.

TEMPLETON, D.; SACRE, P.; MAPP, P.; SAUNDERS, D. **Acoustics in the Built Environment: Advice for the Design Team**. Oxford: Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 1997.

THERIVEL, R; MORRIS, P. **Methods of Environmental Impact Assessment – Chapter 4: Noise**. London: UCL Press Limited, 1995.

THOFERN, H., KLETTNER, E. **Planta da Cidade de Porto Alegre: Guia das Ruas**. Porto Alegre: Livraria do Globo S. A., 1987.

UNAMA – Universidade da Amazônia. **Comunicado Online**. Disponível em: <<http://www.unama.br/comunicado/comunicadosAnteriores/28.10.2002/noticias/mapaAcustico.html#>> Acesso em: 20 nov. 2002.

VDI – Richtlinie 2058, Blatt 1 “Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft” (Assessment of noise in the vicinity – VDI 2058/1). Deutschland: setembro 1988.

WHO. **Noise**. World Health Organization, Genève, 1980.

ZANNIN, P. H. T.; DINIZ, F. B.; BARBOSA, W. A. **Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil**. Applied Acoustics n. 63. London: Elsevier Science Publishers Ltd, 2002.

APÊNDICE A – Dados referentes à semana de medição experimental

Tabela 44: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (segunda-feira) – $L_{eq} = 63,8$ dB(A)

Hora	L_{eq} (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	57,8	81,4	45,4	61,4	52,1	48,1	5,19
01-02	55,4	74,8	44,5	58,9	48,9	46,3	5,12
02-03	54,4	73,2	44,1	57,3	47,9	45,9	4,80
03-04	53,1	72,5	43,6	55,9	46,9	45,1	4,62
04-05	52,2	71,3	43,5	53,5	45,2	44,3	4,56
05-06	54,5	84,0	43,4	55,1	45,8	44,6	4,98
06-07	58,2	78,9	44,1	61,1	49,7	45,8	6,17
07-08	64,0	82,1	47,1	67,2	59,2	51,7	5,98
08-09	64,9	81,8	50,3	68,1	61,7	54,8	5,10
09-10	64,9	84,5	51,3	68,1	62,0	56,0	4,68
10-11	65,4	87,5	51,9	68,4	62,3	56,8	4,50
11-12	65,9	84,7	52,4	69,2	63,3	57,6	4,43
12-13	65,6	85,0	50,3	68,8	63,0	56,6	4,70
13-14	65,6	80,2	52,8	68,7	63,1	57,7	4,32
14-15	65,8	84,1	52,2	68,9	63,2	57,7	4,42
15-16	65,8	89,2	51,9	68,6	63,0	57,0	4,48
16-17	65,7	88,0	50,6	68,3	62,4	56,4	4,66
17-18	66,5	84,0	52,8	69,3	63,5	58,2	4,43
18-19	65,5	84,0	51,5	68,5	62,9	57,5	4,37
19-20	65,4	84,5	50,3	67,6	61,3	55,3	4,99
20-21	65,2	86,0	47,4	67,1	60,0	53,2	5,68
21-22	63,6	90,1	46,9	66,4	58,6	51,9	5,59
22-23	62,8	84,6	44,9	66,2	57,6	50,3	6,18
23-24	59,2	80,4	44,0	62,9	51,3	46,1	6,48
							5,02

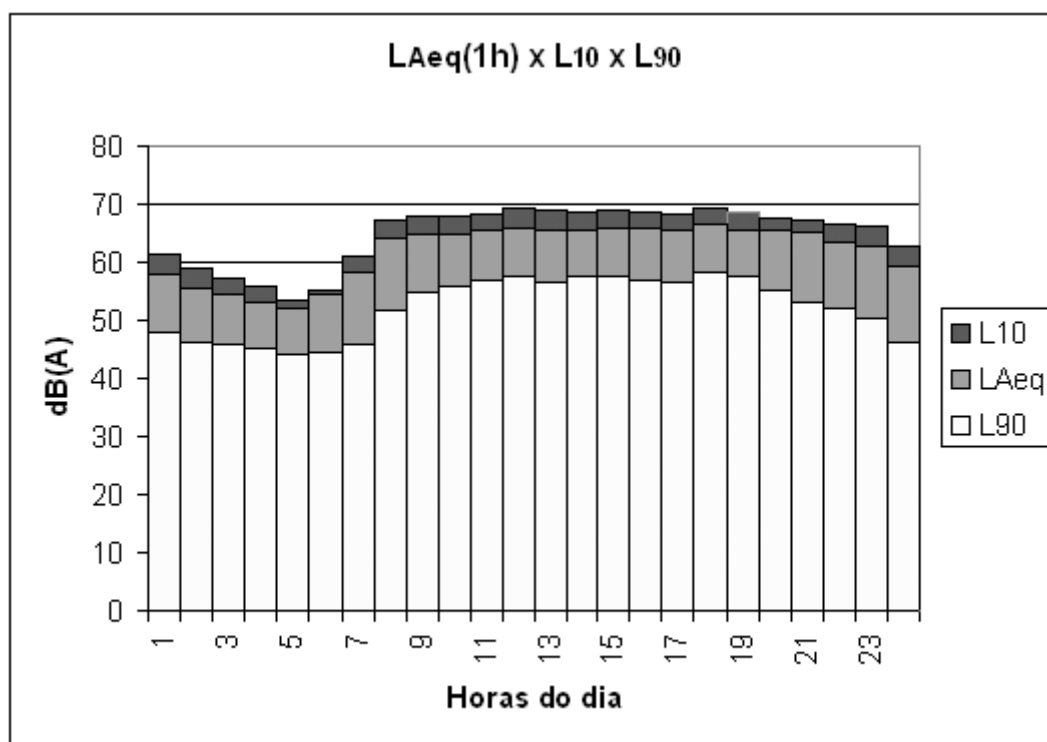


Figura 81: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

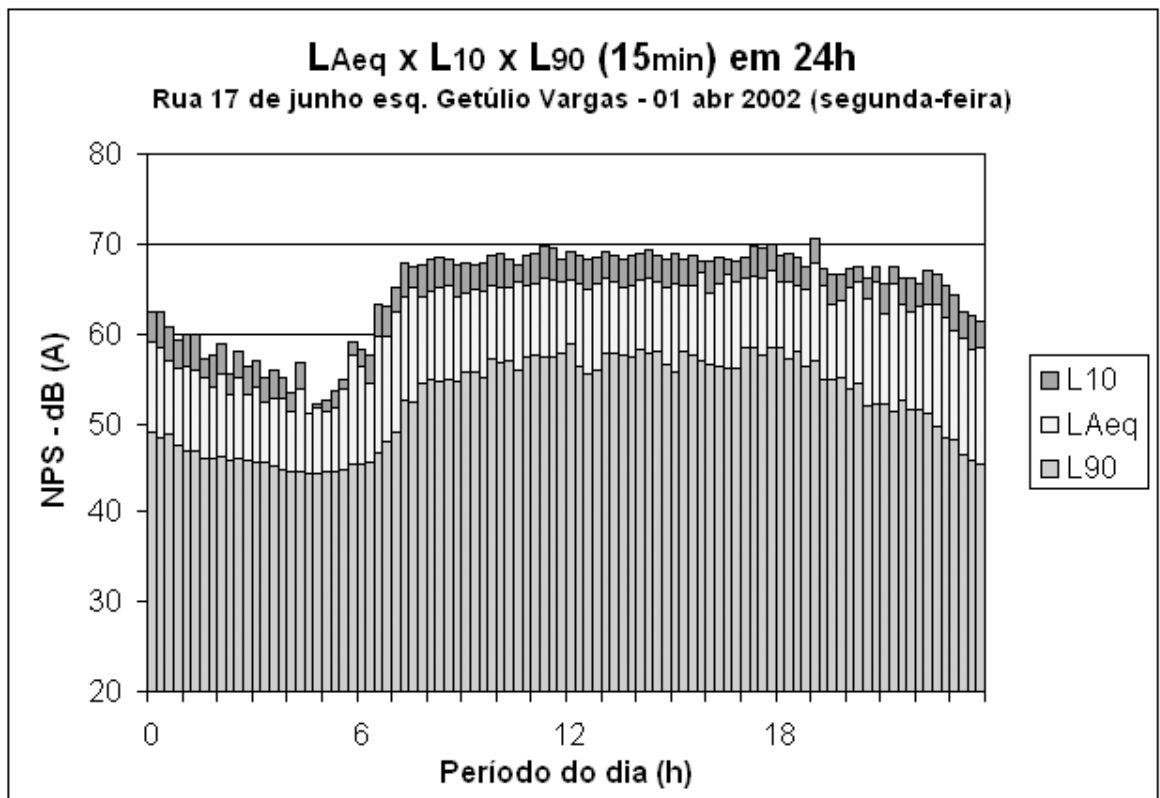


Figura 82: gráfico comparativo (15 min.) para LAeq X L10 X L90

Tabela 45: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (terça-feira) – $L_{eq} = 63,6$ dB(A)

Hora	L_{eq} (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	57,5	78,9	43,3	60,8	48,9	45,1	6,27
01-02	54,0	72,1	43,3	57,0	46,1	44,6	5,27
02-03	53,6	77,9	43,0	55,4	45,4	44,1	5,08
03-04	52,6	75,1	42,9	54,0	45,1	44,1	4,72
04-05	51,7	74,9	42,8	51,8	44,8	43,9	4,26
05-06	52,1	72,0	43,0	53,3	44,8	44,0	4,61
06-07	58,1	79,2	43,2	60,6	48,8	44,5	6,52
07-08	64,7	94,2	46,0	67,4	58,9	49,9	6,65
08-09	65,6	84,5	50,1	68,6	62,3	55,7	5,06
09-10	66,3	86,7	50,4	69,2	63,2	56,8	4,91
10-11	65,5	87,9	49,9	68,3	62,1	56,0	4,86
11-12	65,2	81,9	50,8	68,4	62,6	56,2	4,73
12-13	65,1	81,6	50,1	68,1	62,2	56,2	4,68
13-14	65,8	87,1	51,2	68,8	62,9	56,7	4,72
14-15	65,6	82,5	50,1	68,7	62,7	55,9	4,97
15-16	65,2	84,1	50,6	68,7	62,5	56,5	4,61
16-17	65,4	91,4	51,4	68,3	62,6	56,8	4,45
17-18	66,1	87,9	51,7	68,9	63,8	58,0	4,32
18-19	65,5	83,5	49,7	68,3	62,6	56,3	4,72
19-20	64,0	84,5	48,4	67,2	61,1	54,2	4,98
20-21	63,7	83,4	47,7	67,1	60,1	52,7	5,53
21-22	62,4	81,8	47,3	65,8	57,8	51,2	5,60
22-23	62,8	81,3	46,1	66,2	57,9	50,5	6,05
23-24	60,1	82,1	45,4	64,0	53,7	47,7	6,24
							5,16

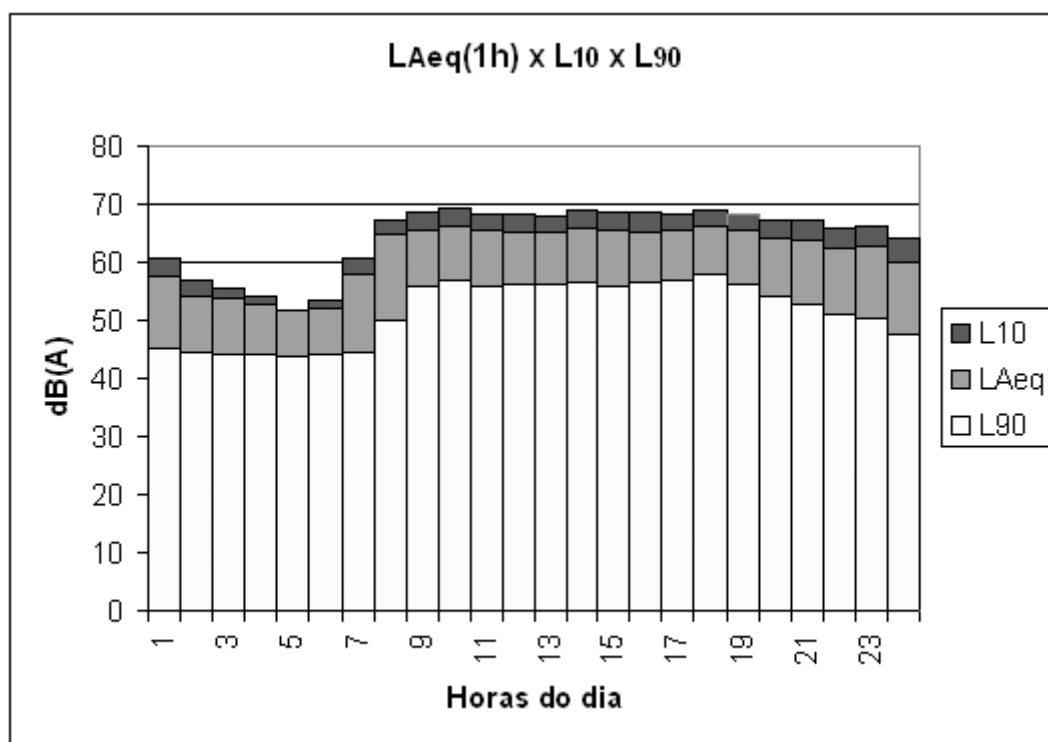


Figura 83: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

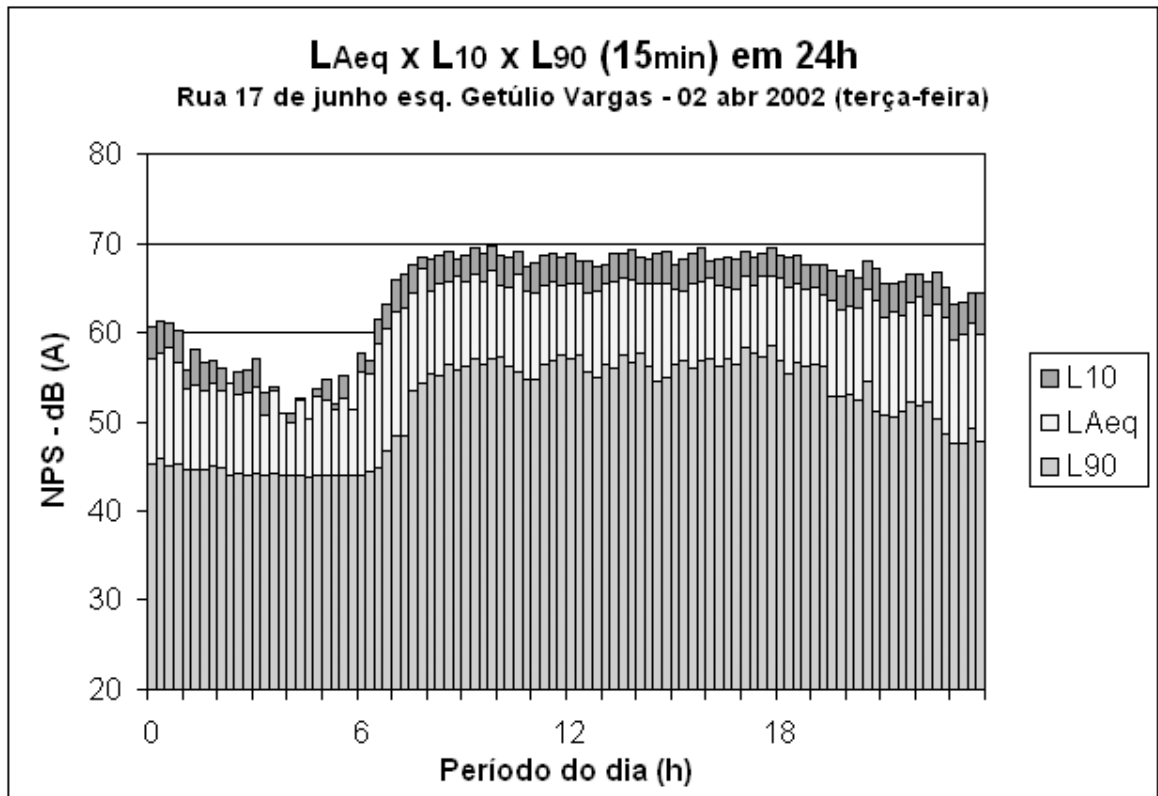


Figura 84: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

Tabela 46: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (quarta-feira) – $L_{eq} = 63,9$ dB(A)

Hora	L_{eq} (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	58,7	80,0	44,6	62,7	51,4	46,7	6,16
01-02	56,4	77,2	43,6	60,1	48,8	45,6	5,73
02-03	55,5	77,9	43,5	58,0	47,2	45,0	5,45
03-04	53,2	73,5	43,3	54,8	45,8	44,6	4,78
04-05	53,8	71,3	43,4	56,8	45,3	44,3	5,34
05-06	53,3	80,3	43,2	53,5	45,0	44,2	4,67
06-07	57,8	78,1	43,1	60,9	48,8	44,9	6,42
07-08	64,1	84,0	46,1	67,7	59,7	51,7	6,09
08-09	65,4	87,5	49,6	68,4	62,3	55,8	4,95
09-10	65,1	82,4	49,9	68,3	62,3	56,2	4,72
10-11	65,6	81,4	50,0	69,0	62,5	56,2	4,91
11-12	66,1	93,7	50,9	68,7	62,7	56,4	4,82
12-13	65,1	84,9	49,7	68,2	62,2	55,6	4,85
13-14	66,0	84,2	49,7	69,1	63,1	57,2	4,67
14-15	65,8	83,9	50,9	68,9	62,6	56,6	4,78
15-16	65,9	96,5	51,2	68,1	62,3	56,4	4,60
16-17	65,5	83,5	50,5	68,5	62,7	57,1	4,49
17-18	67,1	93,1	52,9	69,5	63,3	58,3	4,50
18-19	65,5	83,4	51,2	68,6	62,7	57,8	4,31
19-20	64,9	88,8	50,0	67,6	61,9	56,1	4,54
20-21	63,4	82,3	48,2	66,8	60,0	53,6	5,06
21-22	63,3	79,1	48,9	66,5	59,9	54,2	4,84
22-23	64,0	82,2	49,1	67,2	60,9	54,9	4,79
23-24	61,9	85,8	46,7	65,1	57,1	51,1	5,37
							5,03

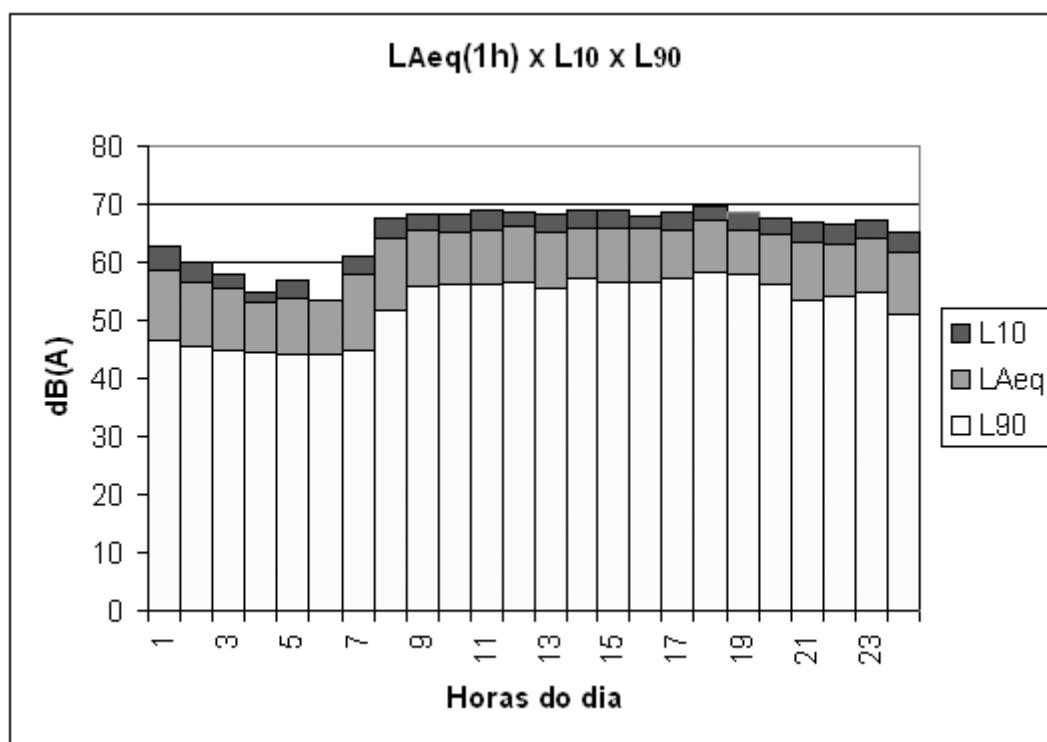


Figura 85: gráfico comparativo (horário) para $L_{Aeq} \times L_{10} \times L_{90}$

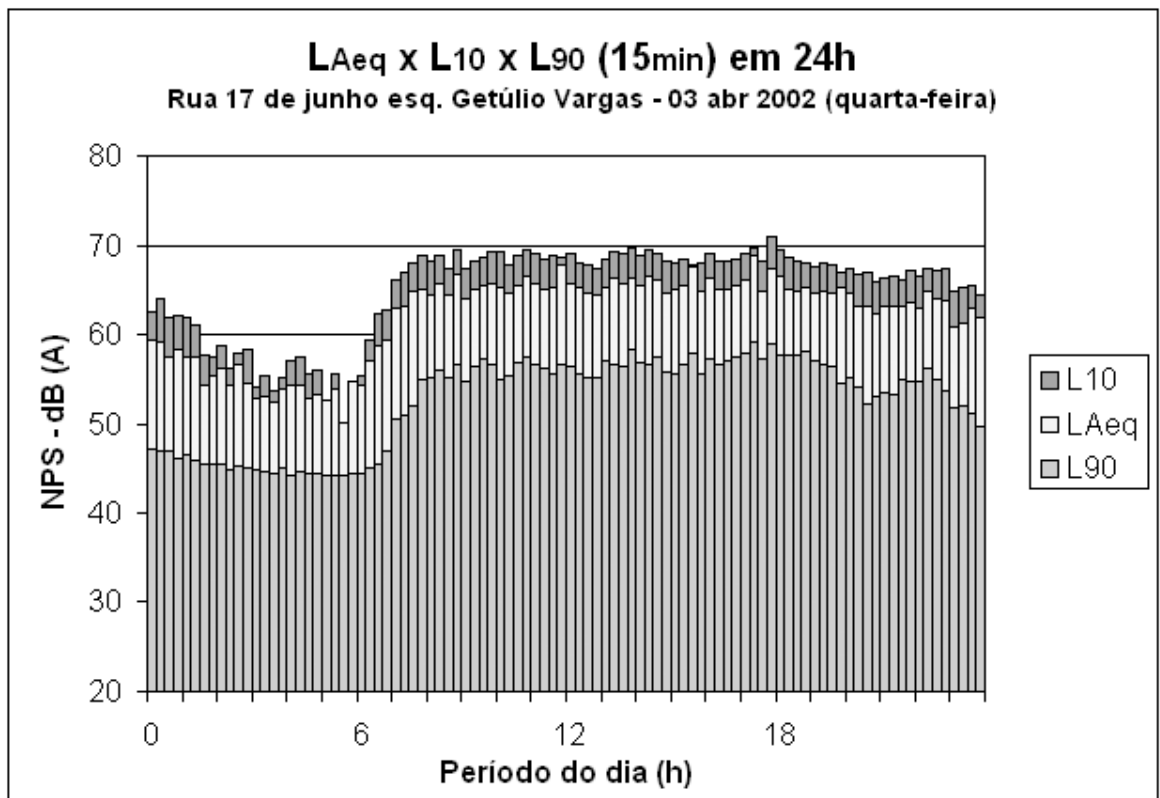


Figura 86: gráfico comparativo (15 min.) para LAeq X L10 X L90

Tabela 47: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (quinta-feira) – $L_{eq} = 63,9$ dB(A)

Hora	L_{eq} (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	58,8	80,4	44,8	62,8	53,3	47,9	5,62
01-02	56,9	78,4	44,0	60,2	49,7	46,0	5,63
02-03	54,2	77,8	43,9	56,3	47,1	45,2	4,86
03-04	54,2	76,6	43,8	56,7	46,9	45,0	5,02
04-05	53,7	81,4	43,4	54,5	45,3	44,3	4,92
05-06	54,4	76,1	43,7	56,0	45,9	44,7	5,17
06-07	58,6	79,0	44,3	61,4	50,6	46,1	6,08
07-08	64,5	86,5	46,4	68,0	60,0	51,1	6,33
08-09	65,7	83,6	48,7	69,2	62,4	55,6	5,22
09-10	65,6	84,2	50,8	68,5	62,4	56,8	4,59
10-11	66,6	83,7	53,3	69,5	63,9	59,5	4,00
11-12	66,3	88,0	55,9	69,1	63,7	59,4	3,85
12-13	65,8	86,3	49,4	68,8	62,9	57,6	4,55
13-14	65,5	79,4	51,5	68,7	63,1	57,7	4,30
14-15	65,5	82,6	51,2	68,6	62,9	57,5	4,34
15-16	65,1	82,5	51,9	67,9	62,3	56,7	4,44
16-17	65,6	81,0	52,4	68,8	63,1	57,9	4,23
17-18	66,9	87,5	52,3	70,0	63,6	57,9	4,76
18-19	65,5	81,8	50,4	68,5	62,8	57,5	4,35
19-20	64,6	83,6	50,5	67,6	62,0	56,6	4,31
20-21	63,4	83,9	48,4	66,8	59,9	53,6	4,99
21-22	63,0	83,3	49,2	66,1	60,1	54,1	4,65
22-23	64,1	89,3	50,8	66,2	59,9	54,4	4,71
23-24	61,8	87,8	47,4	65,2	57,2	51,3	5,36
							4,84

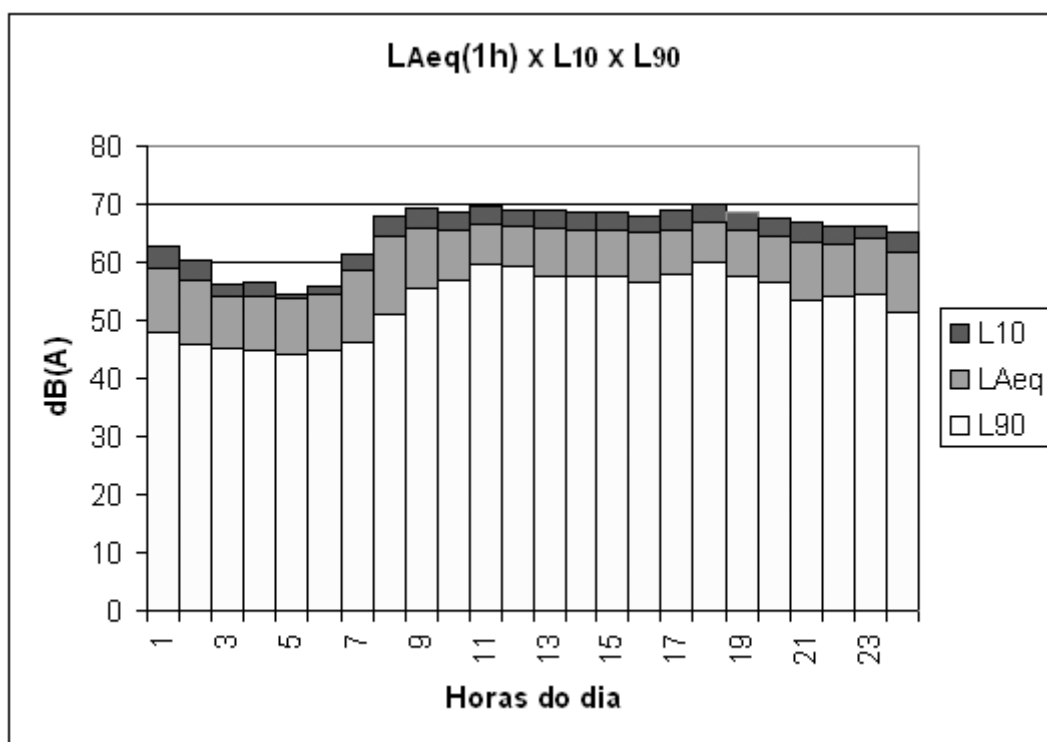


Figura 87: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

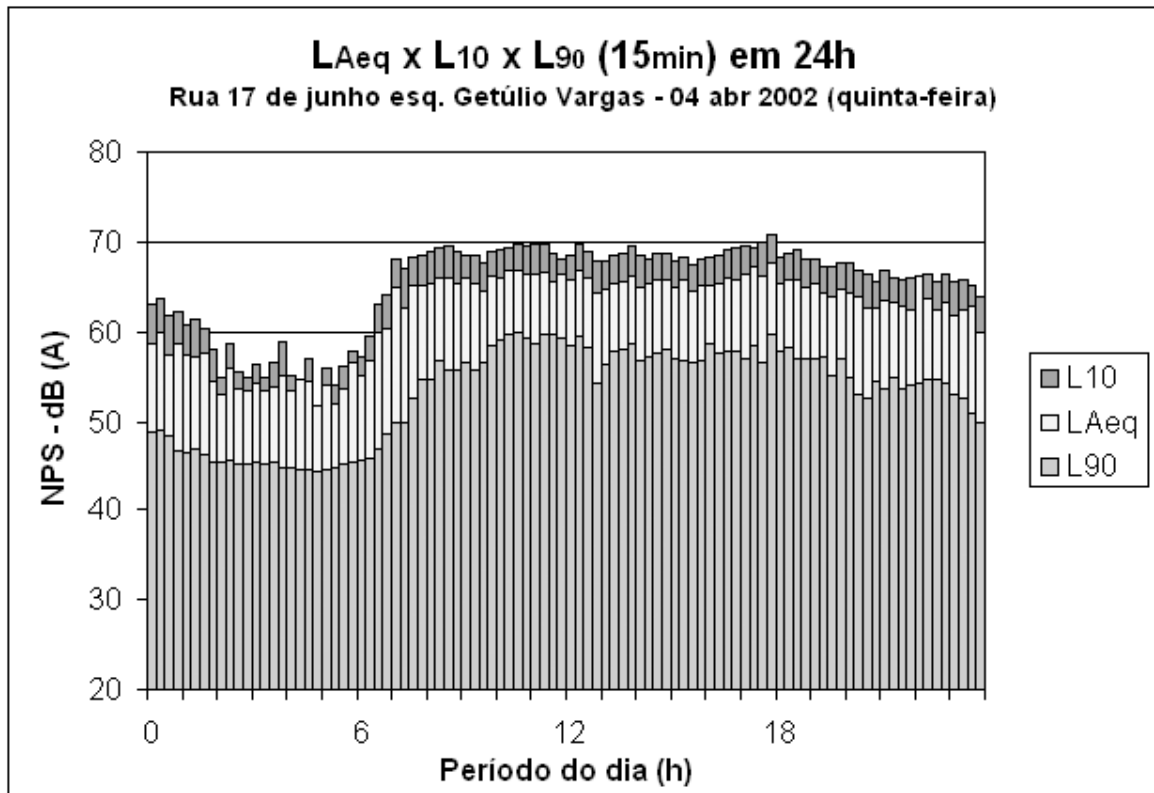


Figura 88: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

Tabela 48: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (sexta-feira) – $L_{eq} = 64,2$ dB(A)

Hora	L_{eq} (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	60,0	79,4	46,2	63,6	54,0	49,4	5,55
01-02	57,8	80,3	44,8	61,5	50,9	47,0	5,61
02-03	57,8	78,7	44,5	61,9	50,6	46,7	5,84
03-04	57,1	77,7	44,4	60,8	48,9	45,7	5,92
04-05	54,8	72,4	43,7	57,5	46,3	44,9	5,45
05-06	55,7	79,1	43,6	57,7	46,1	44,8	5,62
06-07	58,4	79,3	43,3	61,2	50,1	46,1	6,05
07-08	64,9	87,1	47,2	68,1	60,2	52,9	5,83
08-09	65,8	81,5	50,1	69,1	62,3	55,5	5,18
09-10	66,2	83,7	51,0	69,3	63,4	57,5	4,69
10-11	66,4	90,9	50,6	68,9	62,9	57,0	4,76
11-12	65,8	82,2	52,1	69,2	62,8	57,8	4,45
12-13	65,6	80,9	50,2	68,6	62,6	56,1	4,89
13-14	65,9	88,6	50,1	68,6	63,0	57,4	4,49
14-15	65,3	81,2	51,0	68,7	62,7	57,2	4,50
15-16	65,8	83,5	51,5	68,9	62,5	56,7	4,78
16-17	65,3	82,4	50,7	68,6	62,3	56,6	4,64
17-18	66,3	91,5	53,3	69,2	63,4	58,3	4,28
18-19	65,8	82,6	53,4	68,7	63,3	58,6	4,01
19-20	66,2	92,2	52,2	68,3	63,0	58,6	4,03
20-21	64,6	82,6	51,7	67,2	62,3	57,4	3,97
21-22	64,2	85,3	49,2	67,1	60,7	55,1	4,74
22-23	63,8	81,1	49,6	66,9	60,9	54,8	4,70
23-24	62,4	80,4	47,8	65,8	59,6	53,4	4,82
							4,95

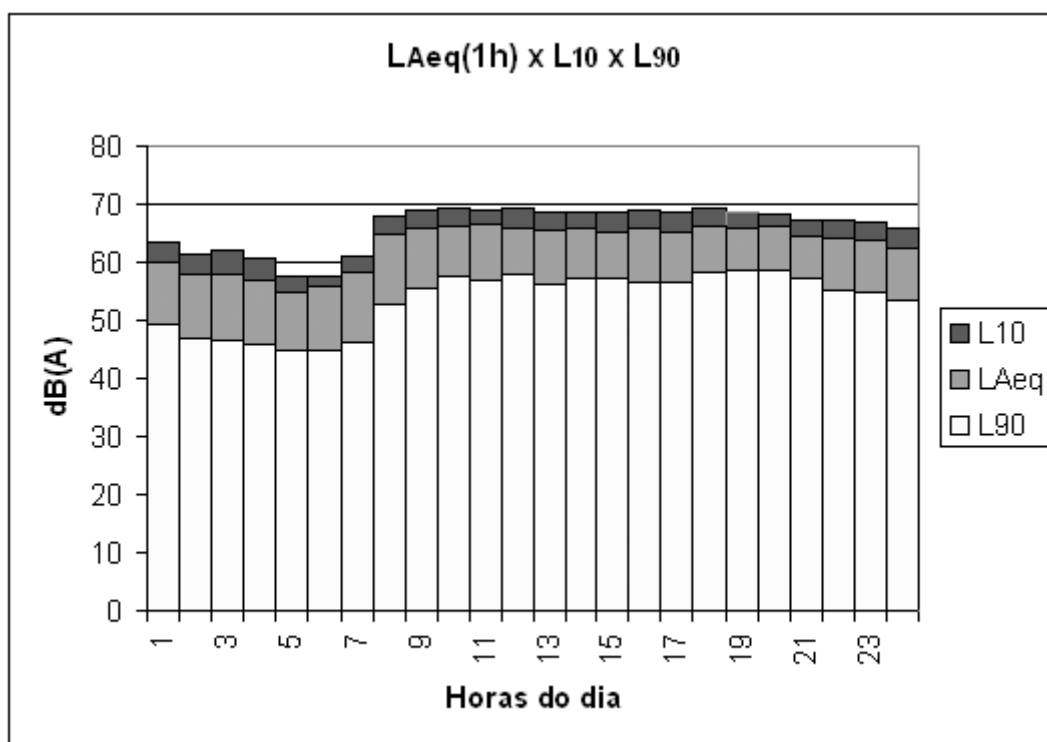


Figura 89: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

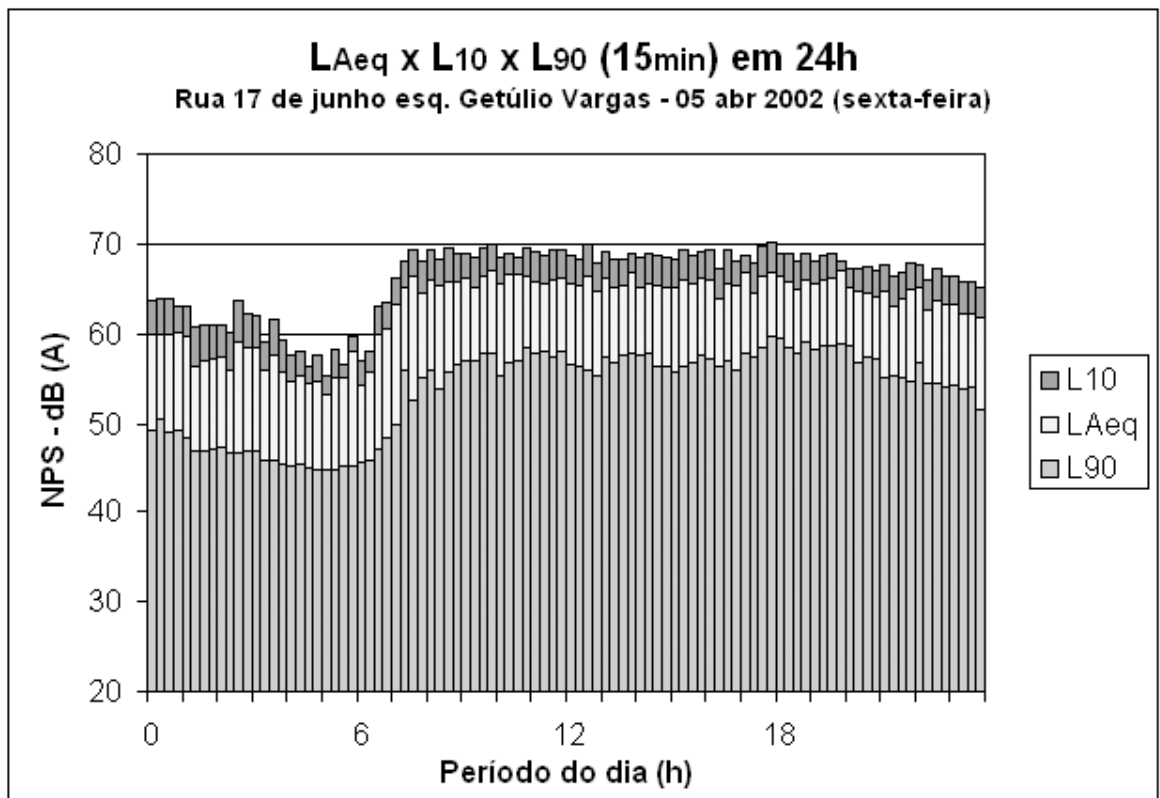


Figura 90: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

Tabela 49: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (sábado) – $L_{eq} = 62,5$ dB(A)

Hora	L_{eq} (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	61,5	82,1	46,4	64,3	56,8	50,8	5,29
01-02	59,9	78,7	45,6	64,0	54,2	48,3	5,94
02-03	58,7	81,3	44,6	62,7	52,7	47,2	5,93
03-04	58,4	76,6	44,4	62,6	52,2	47,2	5,84
04-05	57,0	79,9	44,0	61,1	49,4	45,6	6,05
05-06	57,8	78,1	43,9	61,1	49,7	45,8	6,09
06-07	57,7	76,6	44,1	61,4	50,2	46,0	6,02
07-08	60,8	80,0	45,5	64,6	54,4	48,2	6,16
08-09	62,9	86,7	47,3	66,3	58,1	51,4	5,69
09-10	63,0	77,8	48,2	66,5	59,4	52,6	5,25
10-11	63,3	78,5	50,0	66,6	60,4	54,3	4,71
11-12	63,5	83,4	48,6	66,7	60,4	54,0	4,95
12-13	63,6	83,2	48,9	66,9	60,7	54,0	4,96
13-14	63,7	84,1	48,3	66,6	60,0	53,3	5,13
14-15	63,4	83,0	49,4	66,6	60,1	53,1	5,14
15-16	62,9	81,8	48,8	66,1	59,8	53,6	4,83
16-17	63,1	80,5	50,0	66,4	60,2	54,2	4,72
17-18	63,4	78,9	50,6	66,6	60,9	55,5	4,33
18-19	63,6	84,2	50,4	66,4	61,2	55,9	4,17
19-20	64,7	87,2	51,0	66,8	61,8	56,7	4,13
20-21	64,9	87,0	51,3	67,2	61,6	56,4	4,38
21-22	63,7	82,5	48,5	66,4	60,0	54,0	4,91
22-23	63,1	88,8	47,7	65,4	59,0	53,7	4,69
23-24	61,7	79,6	47,4	64,8	59,5	53,9	4,25
							5,15

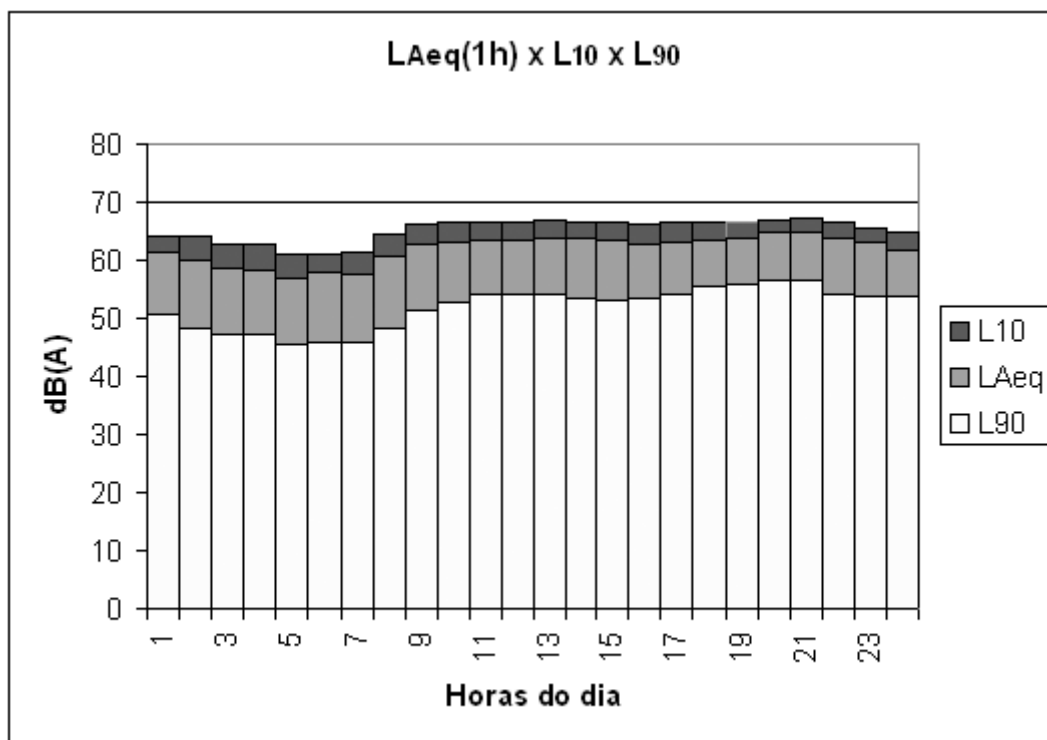


Figura 91: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

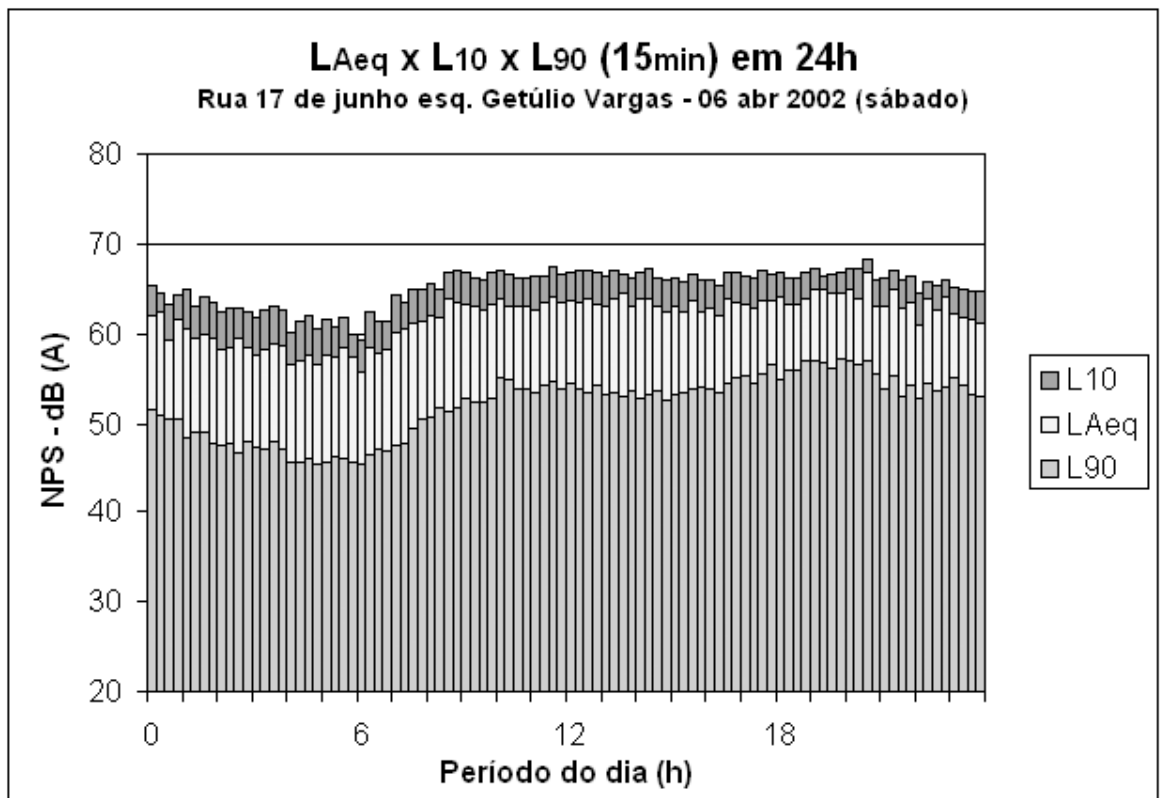


Figura 92: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

Tabela 50: MEDIÇÃO EXPERIMENTAL (domingo) – $L_{eq} = 60,7$ dB(A)

Hora	L_{eq} (dB(A))	Nível máximo (dB(A))	Nível mínimo (dB(A))	L10	L50	L90	Desvio Padrão
00-01	60,9	78,6	47,7	64,4	57,8	52,4	4,61
01-02	59,6	76,7	46,8	63,3	56,2	50,9	4,73
02-03	59,1	78,6	46,0	62,7	55,6	50,7	4,62
03-04	58,1	83,0	44,6	61,6	52,0	47,4	5,50
04-05	57,1	73,6	43,8	61,4	50,3	45,8	6,00
05-06	56,7	75,7	43,8	60,8	49,1	45,3	6,01
06-07	60,0	90,1	44,2	62,4	50,3	46,2	6,35
07-08	58,4	76,1	44,2	62,2	50,4	46,4	6,14
08-09	58,7	81,8	44,8	61,4	51,2	46,9	5,76
09-10	59,6	79,1	45,6	63,4	53,8	48,2	5,77
10-11	60,4	81,6	45,8	63,7	55,1	49,3	5,62
11-12	61,6	80,4	46,7	65,1	56,7	50,4	5,67
12-13	61,7	81,4	46,9	65,2	57,7	51,2	5,36
13-14	61,5	77,7	46,3	65,2	57,4	50,3	5,69
14-15	60,1	75,9	46,5	63,5	55,6	49,8	5,33
15-16	60,8	79,7	46,5	64,4	56,9	50,5	5,31
16-17	60,6	78,3	47,7	63,9	56,5	51,3	4,98
17-18	61,4	79,4	47,5	64,9	57,8	52,3	4,82
18-19	62,7	81,6	49,5	65,7	60,1	54,9	4,25
19-20	63,3	84,7	50,2	66,1	60,4	54,8	4,44
20-21	62,6	81,0	49,1	65,7	59,8	54,4	4,40
21-22	61,8	77,3	47,9	65,2	58,5	53,1	4,74
22-23	61,9	84,0	47,3	64,8	58,2	51,8	5,06
23-24	60,6	84,7	46,5	63,6	55,5	50,4	5,15
							5,26

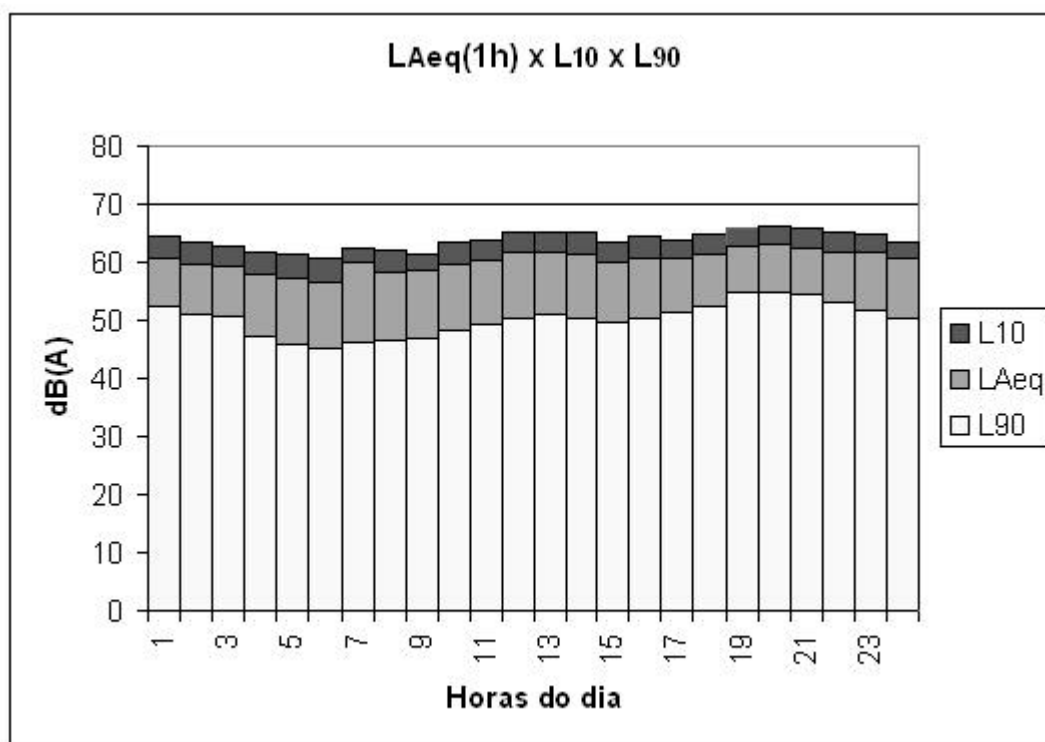


Figura 93: gráfico comparativo (horário) para L_{Aeq} x L_{10} x L_{90}

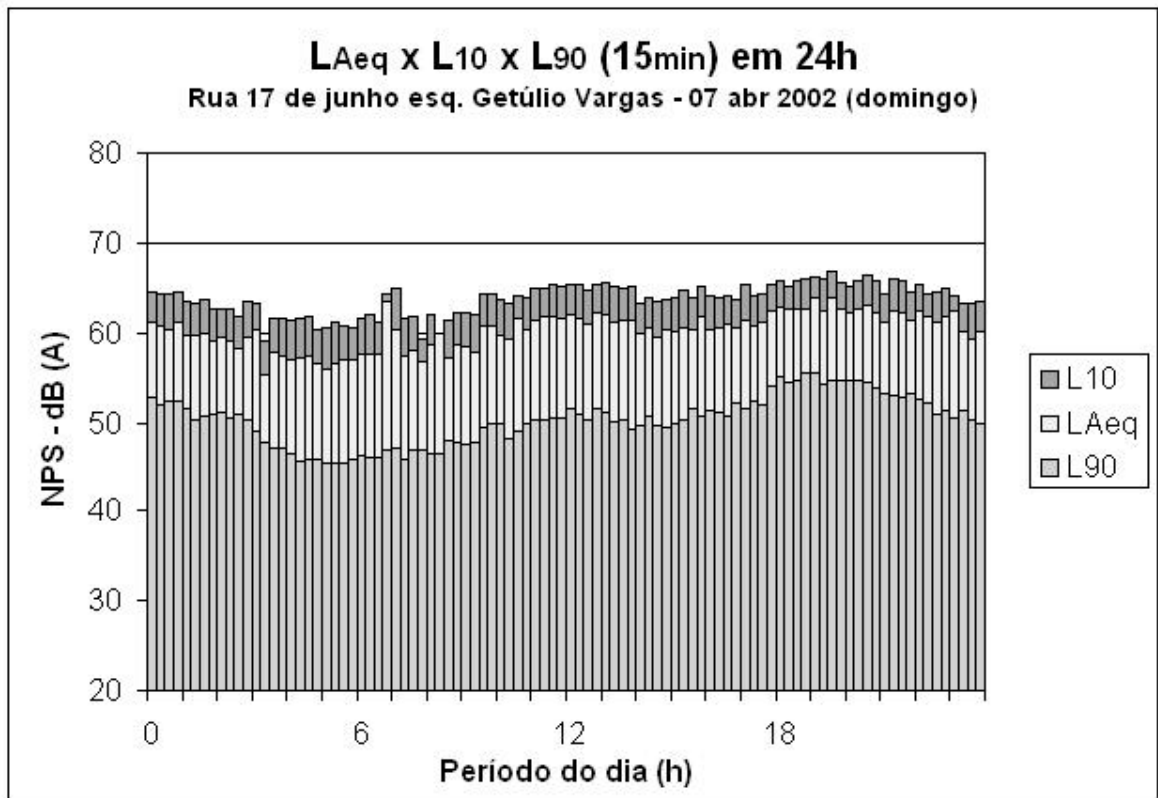


Figura 94: gráfico comparativo (15 min.) para L_{Aeq} X L_{10} X L_{90}