UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia

Míriam Pompeu Nagem

Orientadora: Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Campinas, SP

2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

N133m

Nagem, Míriam Pompeu
Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia / Míriam Pompeu Nagem. --Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientadora: Stelamaris Rolla Bertoli.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Planejamento urbano. 2. Trânsito - Ruído. 3. Poluição sonora. 4. Ruído urbano. I. Bertoli, Stelamaris Rolla. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia

Míriam Pompeu Nagem

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli
Presidente e Orientadora/UNICAMP

Prof. Dr. Miguel Aloysio Sattler
UFRGS

Prof. Dr. Carlos Alberto Bandeira Guimarães
FEC/UNICAMP

Campinas, 10 de fevereiro de 2004.

Dedicatória

Dedico este trabalho a todas as pessoas que de alguma forma procuram aumentar o bem estar do ser humano favorecendo, ao mesmo tempo, a manutenção e a melhoria das condições do meio ambiente em que vivem. Dedico àqueles que lutam contra interesses meramente econômicos e imediatos; que estudam o comportamento do meio ambiente diante das intervenções humanas e que procuram desenvolver maneiras de resgatar as condições iniciais de conforto e equilíbrio; que têm sede de novas descobertas e de novos conhecimentos não apenas em benefício próprio, mas principalmente em favor da humanidade.

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, mais especificamente à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e ao Departamento de Arquitetura e Construção, aos seus funcionários e professores que auxiliaram direta e indiretamente na concretização deste mestrado. Agradeço à minha orientadora e amiga Stelamaris que contribuiu grandemente para a realização desta pesquisa. Agradeço, também, aos técnicos do Laboratório de Conforto Ambiental e Física, Daniel e Obadias, e ao então aluno de iniciação científica Thiago, pelo auxílio na coleta de dados. Na coleta de dados agradeço, ainda, àquelas pessoas que nem sequer sei o nome, mas que tornaram o trabalho mais ameno através de uma conversa agradável ou presenteando-nos com guloseimas. Agradeço, também, ao Prof. Lauro e aos colegas Christian, Luiz Antônio, Márcio, entre outros do Departamento de Arquitetura e Construção, pela ajuda e ao Alexandre Gori, assim como aos meus irmãos Paulo e Maurício, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Agradeço ao Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura da UNICAMP, CEPAGRI, pelos dados meteorológicos e à Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Campinas, SEPLAMA, pelas informações e materiais cedidos. Agradeço ainda, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pelo apoio financeiro.

Não posso deixar de agradecer, de forma especial, àqueles que mesmo distantes fisicamente sempre me deram a maior força e carinho. Agradeço, assim, a meus pais, irmãos, cunhadas e sobrinhos, à família do Ronaldo (também minha família), aos demais familiares e amigos. Por fim, agradeço ao Ronaldo pelo incentivo, ajuda e presença indispensável, valeu!

Sumário

1 Introdução 1

2 Objetivos 7

2.1 Objetivo geral 7

2.2 Objetivos específicos 7

3 A poluição sonora no Brasil 8

3.1 Legislações Federais 8

3.2 Legislações Estaduais e Municipais 11

4 Ruído ambiental 13

4.1 Classificação do ruído 13

4.2 Ruído ambiental / ruído do tráfego veicular 14

4.3 Características do som 16

4.4 Descritores de ruído ambiental 19

4.4.1 Escala logarítmica 20

4.4.2 Ponderação em Freqüência 20

4.4.3 Ponderação no tempo 21

4.4.4 Filtros para determinar a faixa de freqüência a ser analisada 21

4.4.5 Nível de Potência Sonora LW 21

4.4.6 Nível de Pressão Sonora Lp 22

4.4.7 Nível de pressão sonora equivalente contínuo LAeq 22

4.4.8 Níveis Estatísticos LAN 23

4.4.9 Níveis de Pressão Sonora Máximo LASmax. 24

4.4.10 Níveis de Pressão Sonora Mínimo LASmin. 24

4.4.11 Nível Sonoro de Pico Lpeak 24

4.4.12 Nível de Exposição Sonora LAE ou SEL 25
4.4.13 "Rating Level" LAr, Tr – nível corrigido 25
4.4.14 Nível Sonoro Médio Dia-Noite Ldn 26
5 Planejamento do mapeamento 27
5.1 Definição dos pontos e horários de medição 27
5.2 Definição das grandezas coletadas e dos equipamentos utilizados 32
5.2.1 Grandezas acústicas 32
5.2.2 Grandezas meteorológicas 33
5.2.3 Grandezas de tráfego 36
5.2.4 Grandezas geométricas 36
6 Metodologia de mapeamento sonoro aplicada à UNICAMP 37
6.1 Seleção da área a ser mapeada 37
6.2 Definição do número e distribuição espacial dos pontos 38
6.3 Definição dos dias, horários e duração das medições 42
6.4 Grandezas coletadas e equipamentos utilizados 43
6.4.1 Grandezas acústicas 44
6.4.2 Grandezas meteorológicas 45
6.4.3 Grandezas de tráfego 46
6.4.4 Grandezas geométricas 46
6.5 Procedimento de medição 47
7 Resultados 50
8 Discussão dos resultados 84
8.1 Análise geral dos dados coletados na UNICAMP 84
8.2 Correlação entre o ruído ambiental e o fluxo de veículos 88
8.3 Análise dos mapas acústicos dos horários de pico da UNICAMP 96
8.4 Sugestões para melhoria do ambiente acústico da UNICAMP 98
8.5 Avaliação geral das metodologias de mapeamento acústico 100
9 Conclusões 106
10 Perspectivas futuras 108
11 Anexos 109
11.1 Anexo A – Planilhas de coleta de dados 110
12 Referências bibliográficas 112

Lista de figuras

Figura 6-1. Localização da UNICAMP 38
Figura 6-2. Malha triangular utilizada como auxílio para determinação dos pontos de medição 39
Figura 6-3. Localização dos pontos de medição na foto aérea (30/06/2001) da UNICAMP 41
Figura 6-4. Medidor de nível de pressão sonora 44
Figura 6-5. Montagem com os equipamentos de medição da velocidade do vento e do fluxo e composição do tráfego veicular 46
Figura 7-1. Nível de pressão sonora equivalente contínuo horário dos 28 pontos de medição .. 50
Figura 7-2. Número de veículos leves, por faixa horária, de todos os pontos de medição 51
Figura 7-3. Número de veículos pesados, por faixa horária, de todos os pontos de medição 51
Figura 7-4. Dados gerais coletados no Ponto 02 52
Figura 7-5. Dados gerais coletados no Ponto 09 52
Figura 7-6. Ponto 01: Avenida Albert Einstein, entre as ruas Cláudio Abramo e Pitágoras 53
Figura 7-7. Dados coletados no Ponto 01 53
Figura 7-8. Ponto 02: Rua Mendeleev, entre as avenidas Bertrand Russel e Albert Einstein – Faculdade de Engenharia Mecânica / FEM 54
Figura 7-9. Dados coletados no Ponto 02 54
Figura 7-10. Ponto 03: FACAMP 55
Figura 7-11. Dados coletados no Ponto 03 55
Figura 7-12. Ponto 04: Avenida Cândido Rondon – Faculdade de Engenharia Agrícola / FEAGRI 56
Figura 7-13. Dados coletados no Ponto 04 56
Figura 7-14. Ponto 05: Rua dos Flamboyants, entre a rua 6 de Agosto e a avenida Oswaldo Cruz – Ciclo Básico da Engenharia Básica / NEPAM 57
Figura 7-15. Dados coletados no Ponto 05 57

Figura 7-16. Ponto 06: Rua Carlos Gomes, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Estudos de Linguagem / IEL 58
Figura 7-17. Dados coletados no Ponto 06 58
Figura 7-18. Ponto 07: Praça Henfil – Portaria 1 59
Figura 7-19. Dados coletados no Ponto 07 59
Figura 7-20. Ponto 08: Praça Carlos Drummond de Andrade – Portaria 2 60
Figura 7-21. Dados coletados no Ponto 08 60
Figura 7-22. Ponto 09: Avenida Roxo Moreira – Portaria 3 61
Figura 7-23. Dados coletados no Ponto 09 61
Figura 7-24. Ponto 10: Saída para PUC – Portaria 4 62
Figura 7-25. Dados coletados no Ponto 10 62
Figura 7-26. Ponto 11: Rua 5 de Junho – Parque Ecológico (Meio Ambiente) 63
Figura 7-27. Dados coletados no Ponto 11 63
Figura 7-28. Ponto 12: Avenida Dr. André M. Tosello, entre as avenidas Albert Einstein e Cândido Rondon - EMBRAPA 64
Figura 7-29. Dados coletados no Ponto 12 64
Figura 7-30. Ponto 13: Rua Josué de Castro, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Química / IQ 65
Figura 7-31. Dados coletados no Ponto 13 65
Figura 7-32. Ponto 14: Rua Vital Brasil, entre a avenida Adolfo Lutz e a rua Carlos Chagas – Hospital das Clínicas / HC 66
Figura 7-33. Dados coletados no Ponto 14 66
Figura 7-34. Ponto 15: Avenida Adolfo Lutz, entre a rua Tessáfio V. de Camargo e a avenida Prefeito José Roberto Magalhães Teixeira (rua Cecília Meireles) 67
Figura 7-35. Dados coletados no Ponto 15 67
Figura 7-36. Ponto 16: Centro da Praça do Ciclo Básico 68
Figura 7-37. Dados coletados no Ponto 16 68
Figura 7-38. Ponto 17: Avenida Érico Veríssimo – Comissão de Vestibular / Comvest 69
Figura 7-39. Dados coletados no Ponto 17 69
Figura 7-40. Ponto 18: Rua Lev Landau, entre as avenidas Bertrand Russel e Albert Einstein . 70
Figura 7-41. Dados coletados no Ponto 18 70
Figura 7-42. Ponto 19: Rua Pitágoras, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica / IMECC 71
Figura 7-43. Dados coletados no Ponto 19 71

Figura 7-44. Ponto 20: Rua Saturnino de Brito – Faculdade de Engenharia Civil / FEC 72
Figura 7-45. Dados coletados no Ponto 20 72
Figura 7-46. Ponto 21: Avenida Érico Veríssimo – Faculdade de Educação Física / FEF 73
Figura 7-47. Dados coletados no Ponto 21 73
Figura 7-48. Ponto 22: Posto de Gasolina da UNICAMP 74
Figura 7-49. Dados coletados no Ponto 22 74
Figura 7-50. Ponto 23: Avenida Albert Einstein – Faculdade de Engenharia Química / FEQ 75
Figura 7-51. Dados coletados no Ponto 23 75
Figura 7-52. Ponto 24: Rua Charles Darwin, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Biologia (Anatomia) 76
Figura 7-53. Dados coletados no Ponto 24 76
Figura 7-54. Ponto 25: Avenida Albert Einstein esquina com a rua Monteiro Lobato – Praça da Paz 77
Figura 7-55. Dados coletados no Ponto 25 77
Figura 7-56. Ponto 26: Avenida Prefeito José Roberto Magalhães Teixeira (rua Cecília Meireles) 78
Figura 7-57. Dados coletados no Ponto 26 78
Figura 7-58. Ponto 27: Rua Albert Sabin, entre a rua Carlos Chagas e a avenida Prefeito José Roberto Magalhães Teixeira (rua Cecília Meireles) 79
Figura 7-59. Dados coletados no Ponto 27 79
Figura 7-60. Ponto 28: Avenida Oswaldo Cruz – BANESPA 80
Figura 7-61. Dados coletados no Ponto 28 80
Figura 7-62. Mapa acústico: nível de pressão sonora equivalente contínuo do horário de pico das 8:00 às 9:00 horas, para os 28 pontos de medição 81
Figura 7-63. Mapa acústico: nível de pressão sonora equivalente contínuo do horário de pico das 12:00 às 13:00 horas, para os 28 pontos de medição 82
Figura 7-64. Mapa acústico: nível de pressão sonora equivalente contínuo do horário de pico das 17:00 às 18:00 horas, para os 28 pontos de medição 83
Figura 8-1. Análise dos mapas acústicos dos horários de pico da UNICAMP 97

Lista de tabelas

Tabela 3-1. Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos 10
Tabela 5-1. Parâmetros para medição e mapeamento acústico em diferentes metodologias 29
Tabela 5-2. Grandezas coletadas em diferentes metodologias 34
Tabela 6-1. Dias de coleta de dados e localização dos pontos de medição 40
Tabela 8-1. Percepção humana diante de mudanças no nível sonoro 85
Tabela 8-2. Resposta estimada da comunidade ao ruído 85
Tabela 8-3. Teste de regressão linear simples e múltipla entre os descritores sonoros, o número de veículos leves, o número de veículos pesados e o número de veículos leves e pesados 90
Tabela 10-1. Planilha de coleta de dados: variáveis acústicas e geométricas 110
Tabela 10-2. Planilha de coleta de dados: velocidade do vento e composição do tráfego 111

Lista de abreviações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANSI – *American National Standards Institute*

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEPAGRI – Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

GPS – *Global Positioning System*

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IEC – *International Electrotechnical Commission*

ISO – *International Organization for Standardization*

ISO 1996 – *Acoustics: Description and measurement of environmental noise*

NBR – Norma Brasileira

NBR 10.151 – Avaliação do nível de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade

NBR 10.152 – Níveis de ruído para o conforto acústico

SEPLAMA – Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente da prefeitura de Campinas

SMMA – Secretaria Municipal do Meio Ambiente da prefeitura de Campinas

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

Resumo

Dentre as diversas formas de poluição ambiental, a poluição sonora é uma das que tem conduzido à deterioração da qualidade de vida nas grandes cidades. Neste contexto, o mapeamento acústico tem sido utilizado como ferramenta para o levantamento de dados e para a avaliação do ruído ambiental. No entanto, não há uma metodologia específica para o mapeamento acústico. Cada pesquisador utiliza, assim, uma metodologia própria tendo-se, como resultado, uma diversidade de parâmetros e de procedimentos para coleta de dados. O objetivo central desta pesquisa é avaliar as metodologias existentes e estabelecer diretrizes para a elaboração de metodologias para o mapeamento acústico que auxiliem no planejamento urbano e na melhoria das condições de conforto da população. Com esta finalidade, diversas técnicas utilizadas por pesquisadores do Brasil e do mundo foram analisadas e utilizou-se o terreno da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) como campo experimental para o mapeamento sonoro. A coleta de dados foi realizada nos meses de abril, maio e junho às terças, quartas e quintas-feiras que não fossem feriado, em 28 pontos. Em cada ponto fez-se uma medição diária de 12 horas seguidas, das 7:00 às 19:00 horas, sendo que os dados foram coletados a cada 5 minutos. Foram coletadas grandezas acústicas, meteorológicas, de tráfego e geométricas para caracterizar os locais de medição. Como resultado, constatou-se que durante todo o período de coleta de dados os níveis de pressão sonora presentes em todos os pontos estavam acima dos estabelecidos pelas normas de conforto (50 dB(A)), e que é o tráfego de veículos a principal fonte de ruído na universidade. Foram elaboradas, então, algumas sugestões para melhorar o ambiente acústico da UNICAMP. Além disto, formulou-se diretrizes para confecção de metodologias para mapeamento acústico, indicando procedimentos tais como a escolha do número e distribuição dos pontos de medição, dos dias, horário e duração das medições, além da determinação das grandezas a serem coletadas.

Abstract

Among a variety of forms of environmental pollution, sound pollution is one of that has lead to the deterioration of the quality of life in big cities. In this context, the acoustic mapping has been used as a tool for data-collecting and evaluation of the environmental noise. However, so far, there is not a specific methodology for acoustic mapping. As a consequence, each researcher uses his/her proper methodology obtaining, as a result, a great variety of parameters and procedures for data acquisition. The main objective of this work is to elaborate a methodology for acoustic mapping that can assist the urban planning and the improvement of population comfort conditions. Several methodologies used by different researchers around the world, including in Brazil, have been analyzed and the Campus of the State University of Campinas (UNICAMP) was used as an experimental field for acoustic mapping. Data acquisition was carried through the months of April, May and June, on Tuesdays, Wednesdays and Thursdays, in twenty eight locations. Data collection was interrupted during holidays. In each location, sound, meteorological and traffic describers were measured during every period of five minutes from 7:00 to 19:00. Besides, geometric quantities for each location were obtained at the beginning of data acquisition. As result, it was verified that during the period of data collection, sound pressure levels in all points were above the values established by comfort standards (50 dB(A)), and that the traffic of vehicles was the main source of noise in the Campus. Some proposals were elaborated to improve the acoustic environment of the Campus. Guidelines for acoustic mapping were also suggested indicating procedures for the choice of the number and distribution of measurement points and days, schedule and duration of the measurements besides quantities to be measured.

1 Introdução

A revolução industrial, juntamente com os avanços tecnológicos observados nas últimas décadas, foi responsável pelo acelerado processo de degradação do ambiente em que vivemos. Ao mesmo tempo em que o homem passou a contar com novidades e facilidades no seu dia a dia, houve um grande aumento no número de fontes de poluição (GARCIA, 1994).

Para interromper este processo, as indústrias deverão produzir sem poluir, considerar qualquer impacto que possam causar ao meio ambiente e rever seus métodos de fabricação, considerando, por exemplo, o uso e a conservação do solo e da energia, a não produção de odores, de ruído e de resíduos, e a garantia da saúde ocupacional (CONDE, 1995). Deve-se, assim, tirar partido da tecnologia e da conscientização das pessoas para melhorar a qualidade de vida e para reverter o processo de destruição do meio ambiente (FALETTY, 1994).

Enquanto esta nova mentalidade de produzir e de viver sem poluir não se torna uma prática comum, o ser humano vem sofrendo os efeitos de suas intervenções e explorações inconseqüentes, passando a ter uma vida, apesar de todos os avanços, muitas vezes desconfortável. O conforto pode ser definido como uma sensação de bem estar, tendo um caráter subjetivo, e sendo influenciado por uma grande quantidade de fatores (BERTOLI, 2002). A intervenção humana no meio ambiente tem feito com que seja difícil experimentar uma sensação total de conforto, uma vez que distúrbios no clima, a poluição do ar e dos rios, além da poluição visual e do ruído, estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas (MAIZ e LEON, 1994).

Dentre as diversas formas de poluição ambiental, a poluição sonora é uma das que tem conduzido à deterioração da qualidade de vida nas grandes cidades. O número de reclamações por parte da população devido ao incômodo gerado pelo ruído tem aumentado com o passar dos anos, o que demonstra uma tendência de crescimento deste problema (BARROS, 2000). A maior parte das queixas efetuadas pela população de Belo Horizonte (MG), por exemplo, na Secretaria Municipal do Meio Ambiente, se refere a este incômodo, que representa 53% das reclamações (ALVARES e SOUZA, 1992).

A presença de um som em um ambiente pode ser desejável quando auxilia, por exemplo, na comunicação, no relaxamento ou no divertimento das pessoas. Entretanto, muitas vezes o som pode ser indesejável sendo simplesmente incômodo ou podendo até causar danos temporários ou irreversíveis na saúde e na audição, sendo chamado, nestes casos, de ruído. A classificação de um som como desagradável é subjetiva e depende das preferências pessoais, de aspectos culturais, da atividade que se desenvolve, do estado de ânimo de quem o escuta e do interesse econômico envolvido (BERISTÁIN, 1998).

São diversos os efeitos produzidos pela exposição ao ruído. Surdez temporária ou permanente (perda progressiva na capacidade de se perceber as altas freqüências), zumbido no ouvido, falta de tranqüilidade, interferência na comunicação, diminuição do desempenho e da concentração, irritabilidade, stress e agressividade são alguns dos danos fisiológicos e psicológicos que podem ocorrer na presença do ruído (BERISTÁIN, 1998). Normalmente, a comunicação verbal, o ensino e a aprendizagem, as atividades mentais e o sono são as situações mais afetadas (GIERKE e ELDRED, 1997).

Sistemas eletrônicos, utensílios domésticos, meios de transporte, construções, indústrias, atividades comerciais ou de prestação de serviços, igrejas, bares, casas noturnas e outros locais de diversão e vizinhança são algumas das fontes de ruído presentes no mundo atual. Além destas fontes, gera-se também ruído de forma indiscriminada, seja por ignorância ou para chamar atenção (BERISTÁIN, 1998).

O ruído é um poluente cujo controle é complexo devido à sua diversidade de origens e por sua onipresença, constatada principalmente nas grandes metrópoles (LEONEL, 1994). Com o objetivo de tentar reduzir os problemas gerados por níveis excessivos de ruído, legislações nacionais e internacionais têm estabelecido limites sonoros para diversas atividades de modo a garantir a segurança e o conforto da comunidade. Os objetivos principais da normatização são evitar o ruído incômodo e os danos à audição. Para isto, é estabelecida uma padronização dos métodos de medição sonora tornando-os bem definidos e reproduzíveis (NIELSEN e SORENSEN, 1997).

O controle da poluição sonora nos centros urbanos deve envolver medidas que garantam a manutenção de níveis sonoros para diferentes situações, horários e locais, seja fiscalizando, legislando ou executando atividades relacionadas a este tema (ALVES e PIZZUTTI, 1998). Normalmente, o controle do ruído em comunidades é baseado em restrições de acordo com o zoneamento (uso do solo) e horário do dia. Zonas sensíveis ao ruído, em torno de hospitais e escolas, por exemplo, são criadas devido às condições sonoras especiais de que necessitam (CASALI, 2000).

Quando possível, deve-se identificar a origem do ruído para que seja possível, então, reduzi-lo ou eliminá-lo. A conduta das pessoas e seus hábitos podem gerar problemas numa vizinhança, por exemplo. Neste caso, a responsabilidade é individual, sendo necessário um trabalho de conscientização das pessoas. Já a presença de comércio, serviços e indústrias pode ser um problema quando alcançam lugares sensíveis, sendo importante um planejamento urbano e um zoneamento que compatibilize os usos do solo possibilitando o equilíbrio entre novos investimentos e a manutenção da qualidade de vida. O transporte tem impacto sobre quem se localiza ao longo das vias ou em sua proximidade, sendo necessário o correto planejamento da distribuição dos corredores de tráfego veicular e a redução do ruído emitido pelos veículos (COLLADOS, 1998).

Na escala urbana, é muito importante prever o impacto de mudanças no sistema viário, no uso do solo e na arquitetura, por exemplo, evitando erros de caráter

acústico no desenvolvimento e na expansão das cidades (COSTABAL e SEBALLOS, 1994). Neste contexto, o planejamento urbano consciente se torna fundamental. O planejamento urbano tem como objetivo conferir ordem ao desenvolvimento de um espaço e prever soluções para as necessidades futuras. Para que seja bem executado, é importante que se tenha o máximo de informações a respeito das condições, problemas e possibilidades de um determinado lugar (PRINZ, 1980). Em relação à poluição sonora, pode-se planejar a localização de atividades que não necessitem de silêncio, tais como comércio, em áreas pouco tranqüilas, ao longo de avenidas ou de vias com grande movimento, criando uma barreira que proteja as zonas mais sensíveis ao ruído do tráfego veicular (MACEDO e SLAMA, 2000). Já as atividades que exigem silêncio devem ser separadas. Em Portugal, por exemplo, só é permitida a implantação de novas áreas residenciais, escolas e hospitais em locais classificados como pouco ruidosos (COELHO et al, 1996).

Já em uma escala reduzida, que represente cada edificação, o arquiteto e o engenheiro devem tirar partido do projeto arquitetônico em favor da obtenção do conforto da população. Se bem trabalhados, elementos tais como a forma, o volume, a orientação, a distribuição dos espaços, a localização das aberturas e a escolha dos materiais e das técnicas construtivas podem minimizar os efeitos negativos da intervenção humana no meio ambiente e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida das pessoas (KOWALTOWSKI e LABAKI, 1993).

Percebe-se que o controle do ruído urbano só terá resultados satisfatórios quando a comunidade, juntamente com as empresas e o município, agirem juntos. Campanhas de conscientização ambiental e de informação ao consumidor farão com que a população valorize os produtos mais silenciosos. As novas legislações e os selos que comprovam a qualidade dos produtos estão estimulando as empresas a produzir levando em conta os impactos negativos do ruído (TEIXEIRA e TENENBAUM, 2000a). O combate à poluição sonora requer, assim, soluções técnicas, educativas e legais (BERISTÁIN, 1998).

Diante do sério problema da poluição sonora, o mapeamento acústico tem sido utilizado como ferramenta para o levantamento de dados e para a avaliação do ruído ambiental. O ruído ambiental é aquele que se percebe ou que se origina em locais públicos, sendo um ruído que causa efeitos coletivos e que interfere na qualidade ambiental de um lugar (COLLADOS, 1998).Ele é resultado da combinação das diversas fontes existentes em uma comunidade (RIVAS, 1994), sendo uma função aleatória e variável, (SLAMA e NIEMEYER, 1998) o que dificulta, muitas vezes, o seu controle.

O monitoramento dos níveis de ruído através do mapeamento sonoro é importante, pois permite a visualização da distribuição do ruído ambiental favorecendo o planejamento e a redução dos níveis sonoros (CAREY, 1996). Além disto, o mapa acústico possibilita avaliar a evolução do ambiente acústico através da comparação com medições realizadas em épocas diferentes (RIOS e SILVA, 1995). Desta forma, a monitoração dos níveis do ruído ambiental possibilita observar as tendências de evolução das características ambientais, permitindo intervir e controlar os fatores que as influenciam (COELHO, 1995). O conhecimento do nível de exposição das populações ao ruído possibilita, assim, um planejamento urbano embasado com informações que favorecem uma melhor distribuição das atividades e usos do solo, além de auxiliar na informação e conscientização da população (COELHO et al, 1996).

Apesar da existência de normas nacionais e internacionais relacionadas à medição sonora, não há uma metodologia específica para o mapeamento do ruído ambiental. Cada pesquisador utiliza, assim, uma metodologia própria tendo-se, como resultado, uma diversidade de parâmetros e de procedimentos para a coleta de dados e para o mapeamento sonoro.

O objetivo central desta pesquisa de mestrado é a elaboração de diretrizes para a elaboração de uma metodologia para o mapeamento acústico. Com esta finalidade, analisaram-se diversas técnicas de mapeamento acústico utilizadas no Brasil e no mundo e utilizou-se o terreno da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) como campo experimental para o mapeamento sonoro. Elaborou-se, então, uma metodologia

preliminar e realizaram-se medições sonoras em vários pontos da UNICAMP, utilizando-se como referência a norma brasileira NBR 10.151 - Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade e a norma internacional ISO 1996 - *Acoustics – Description and measurement of environmental noise*.

A UNICAMP foi escolhida para ser mapeada devido à suas características urbanas e à diversidade de fontes sonoras e de atividades ali presentes, o que favorece o estudo do seu ambiente acústico. Os resultados obtidos da coleta de dados, além de terem sido fonte de informação para a elaboração do mapa acústico da UNICAMP, possibilitaram, também, a análise do ruído ambiental ali presente e, de maneira especial, o estudo da contribuição do ruído de tráfego para os níveis sonoros medidos.

Por ser uma universidade, o estudo do seu ambiente acústico é muito importante, pois a maioria das atividades ali desenvolvidas necessita de baixos níveis sonoros. Em ambientes educacionais e acadêmicos (salas de aula, bibliotecas, entre outros), os ruídos internos e externos atrapalham a comunicação, dificultando a compreensão e fazendo com que mensagens não sejam claramente entendidas ou entendidas de maneira equivocada, o que interfere diretamente no processo de ensino e de aprendizagem (BERISTÁIN, 1998). Além disto, a presença de ruídos elevados pode provocar sonolência, desatenção e irritabilidade nos alunos, além de stress e problemas nas cordas vocais nos professores, podendo gerar um desgaste físico e psicológico uma vez que exige um esforço muito maior (PAIXÃO e SANTOS, 1995).

Esta dissertação está estruturada, basicamente, em três partes. A primeira, correspondente aos Capítulos 3, 4 e 5, trata da poluição sonora no Brasil, do ruído ambiental e do planejamento do mapeamento acústico, contendo informações a respeito do tema tratado nesta pesquisa; a segunda parte, Capítulos 6 e 7, contem a parte prática da pesquisa, com a metodologia de mapeamento acústico aplicada à UNICAMP e os resultados obtidos. Já na última parte, Capítulos 8 e 9, tem-se a finalização da dissertação com a discussão dos resultados e com as conclusões.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Determinação de diretrizes para elaboração de uma metodologia para o mapeamento acústico, que auxilie no planejamento urbano e na melhoria da qualidade de vida.

2.2 Objetivos específicos

- Medição do ruído ambiental e mapeamento acústico do terreno da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP;

- Estudo das tendências de transformação da área da UNICAMP e suas conseqüências para a qualidade de seu ambiente sonoro.

- Formulação de possíveis recomendações que possam auxiliar na melhoria do conforto acústico da universidade e, conseqüentemente, no bem estar de seus usuários.

3 A poluição sonora no Brasil

3.1 Legislações Federais

As legislações ambientais brasileiras, nos níveis federal, estadual e municipal, vêm enfatizando, nas últimas décadas, a necessidade da conservação do meio ambiente e, conseqüentemente, a melhora da qualidade de vida da população, ao estabelecerem normas, leis e regulamentações que buscam controlar as intervenções humanas.

O capítulo VI da Constituição Brasileira, referente ao Meio Ambiente, estabelece que "*Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida...*" (BRASIL, 1988). Com esta finalidade, o Poder Público, entre outras ações, passa a exigir um estudo de impacto ambiental antes da implantação de qualquer obra ou atividade que possa causar alguma forma de degradação do meio ambiente; passa, também, a controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que possam gerar algum risco, além de passar a promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino juntamente com a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

Ainda na esfera Federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou várias resoluções que estabelecem normas de preservação do meio ambiente. A Resolução nº 1, de 08 de março de 1990, inclui os problemas dos níveis excessivos

de ruído no controle da poluição do meio ambiente, estabelecendo critérios para seu controle em diversas situações (BRASIL, 1990a). A partir desta Resolução, todas as atividades geradoras de ruído devem seguir diretrizes vinculadas à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), no caso de ruído produzido por veículos automotores.

Os níveis de ruído considerados aceitáveis são, assim, determinados pelas normas da ABNT: NBR 10.151 – Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade e NBR 10.152 – Níveis de ruído para o conforto acústico. A primeira fixa níveis de ruído para ambientes externos, ao ar livre, enquanto a segunda fixa níveis de ruído para ambientes internos. No controle do ruído considera-se o local, horário e a natureza das atividades emissoras de modo a compatibilizar o exercício das atividades com a preservação da saúde e do sossego público (BRASIL, 1990a).

A norma NBR 10.151 (2000) especifica um método para medição sonora onde, de acordo com as características do ruído, são estabelecidas correções para os níveis medidos. A comparação entre o nível corrigido e o nível de critério, estabelecido pela Norma como admissível, indica se o nível sonoro está na faixa tolerável ou se são necessárias medidas para reduzi-lo.

Pode-se ver na Tabela 3-1 os níveis de critério para ambientes externos de acordo com os horários diurno e noturno. A norma NBR 10.151 (2000) estabelece que os períodos diurno e noturno podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. No entanto, o período noturno não deve começar depois das 22:00 horas e não deve terminar antes das 7:00 horas. No caso de domingos e feriados o término do período noturno não deve ser anterior às 9:00 horas.

Tabela 3-1. Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos [Fonte: NBR 10.151, 2000]

Tipos de áreas	Diurno(dB(A))	Noturno(dB(A))
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

Obs. - Se o ruído ambiente for superior ao valor da tabela, o NCA assume o valor do ruído ambiente;
- O nível corrigido para um ruído sem características especiais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente contínuo (L_{Aeq});
- Quando o ruído tiver características impulsivas ou de impacto o nível corrigido deve ser o nível máximo medido acrescido de 5 dB(A);
- Quando o ruído tiver características tonais o nível corrigido será o L_{Aeq} acrescido de 5 dB(A);
- Para ruídos que apresentem tanto características impulsivas ou de impacto como características tonais, o nível corrigido deve ser determinado aplicando-se os procedimentos anteriores e tomando-se o maior valor encontrado.

Já a Resolução nº 2, de 08 de março de 1990, instituiu, em caráter nacional, o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – Silêncio. Este programa tem como objetivo ensinar e conscientizar a população e capacitar técnicos para receber denúncias e tomar providências de combate à poluição sonora, além de incentivar a produção de equipamentos com menor intensidade de ruído, sendo coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (BRASIL, 1990b).

Em outras duas Resoluções, nº 1 e nº 2, de 11 de fevereiro de 1993, o CONAMA: “Considerando que o ruído excessivo causa prejuízo à saúde física e mental e afeta particularmente a audição; Considerando a necessidade de se reduzir a poluição sonora nos centros urbanos; Considerando que os veículos rodoviários automotores são as principais fontes de ruído no meio ambiente; Considerando que a utilização de tecnologias adequadas e conhecidas, permite atender às necessidades de controle da poluição sonora; Considerando os objetivos do Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora” (BRASIL, 1993a,b) estabeleceu limites máximos de ruído para veículos automotores em aceleração e na condição de parado.

3.2 Legislações Estaduais e Municipais

Na esfera estadual, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), ligada à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, coordena ações de gestão ambiental relativas à poluição sonora em caráter preventivo e em caráter corretivo, quando ocorre incômodo na comunidade. No estado de São Paulo, as ações de controle de ruído são principalmente voltadas ao controle de fontes industriais. Entretanto, alguns municípios executam o controle de outras atividades tais como comércio, casas noturnas, bares, igrejas e construção civil. Este controle é feito, então, nas atividades que geram ruído regularmente e nos casos onde ocorre alguma reclamação por parte da população (BRASIL, 2001).

Já na escala municipal, a Lei Orgânica do Município de Campinas, de 31 de março de 1990, estabelece que compete ao município, juntamente com a União e o Estado, entre outras atribuições, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, propondo, para isto, normas de controle (CAMPINAS, 1990). Com esta finalidade, o Plano Diretor, de 17 de janeiro de 1996, estabelece objetivos e metas da política ambiental do meio ambiente (CAMPINAS, 1996) e a Lei de Uso e Ocupação do Solo, de julho de 2001, define categorias de uso do solo e o zoneamento da cidade (CAMPINAS, 2001). Este controle é de fundamental importância uma vez que tem influência direta na qualidade ambiental da cidade. Além disto, Código de Projetos e Execução de Obras e Edificações do Município de Campinas, Lei no. 7.413 de 30 de dezembro de 1992, estabelece, entre outras coisas, condições gerais para implantação, arejamento e instalação de edificações (CAMPINAS, 1992).

Na legislação ambiental de Campinas, a Lei Municipal no. 2.516, de 16 de junho de 1961, e seu Decreto Regulamentador no. 5.441, de 30 de junho de 1978, dispõem sobre a poluição sonora. A Lei dispõe sobre ruídos urbanos, sobre a localização e o funcionamento de estabelecimentos incômodos, nocivos e perigosos, ditando que é proibido perturbar o bem-estar e o sossego público ou da vizinhança com ruídos de

qualquer natureza. São estabelecidas, ainda, especificações próprias para ruídos de máquinas e de veículos (CAMPINAS, 1961). Já o Decreto, prescreve níveis máximos e mínimos permitidos, de acordo com o horário do dia, e estabelece critérios para medição sonora. Limita, também, a instalação de atividades geradoras de ruído de acordo com o zoneamento da cidade (CAMPINAS, 1978).

Apesar da importância dos impactos que a poluição sonora gera no cotidiano das pessoas, o ruído urbano tem sido pouco estudado no Brasil. Isto tem dificultado a elaboração de diretrizes de uso e ocupação do solo, além de documentos normativos e legislações aplicáveis à realidade do país (SATTLER, ROTT e CORADINI, 1995).

Em Campinas, por exemplo, não há na Secretaria Municipal do Meio Ambiente nenhum projeto ligado à poluição sonora. A justificativa, normalmente, é a falta de verba e a urgência em se resolver problemas que geram conseqüências imediatas, tais como enchentes e queimadas, além do grave problema da poluição das águas. Embora estes sejam problemas reais e necessitem de soluções urgentes, é necessário que se inicie um processo de estudo e controle do ruído ambiental. Sabe-se que a poluição sonora, a médio prazo, pode levar a um desgaste da população, gerando problemas de saúde, stress, diminuição no rendimento, agressividade, entre outros. Assim, é necessário que se iniciem ações no sentido de planejar o desenvolvimento urbano controlando a expansão da cidade e as fontes geradoras de ruído, penalizando quem superar os limites de emissão sonora prescritos nas normas e conscientizando as pessoas de que elas podem, também, contribuir para um ambiente mais saudável e agradável.

4 Ruído ambiental

4.1 Classificação do ruído

Quando se deseja fazer uma medição sonora, é comum que se classifique o ruído de acordo com a situação do ambiente acústico no momento da medição. A Norma *ISO 1996: Acoustics – Description and measurement of environmental noise, Part 1: Basic quantities and procedures* (1982), estabelece a seguinte classificação:

Ruído ambiental – ruído de todas as fontes sonoras, situadas próximas ou afastadas (ruído de tráfego, pássaros, máquinas, etc.).

Ruído específico – é o ruído da fonte sob investigação. É um componente do ruído ambiental e pode ser identificado e associado a uma fonte específica.

Ruído residual – é o ruído ambiental sem o ruído específico. É o ruído em um local, sob certas condições, quando o ruído da fonte específica é eliminado.

Ruído inicial – é o ruído em um certo ponto antes de ocorrerem mudanças, por exemplo, antes da construção de barreiras ou da implementação de alguma indústria.

Além desta nomenclatura, pode-se encontrar, no livro "*Environmental noise Booklet*", elaborado pela *Brüel & Kjær* (2000), a categoria de ruído de fundo:

Ruído de fundo – terminologia utilizada para designar o nível sonoro medido quando a fonte específica não é audível e, algumas vezes, tem o valor de um parâmetro de ruído, tal como o L_{90}.

4.2 Ruído ambiental / ruído do tráfego veicular

No mapeamento sonoro, o ruído ambiental é o foco de estudo, sendo caracterizado pelas diversas fontes sonoras presentes no local da medição. No caso de mapeamentos urbanos, tem sido comprovado que o tráfego rodoviário é um dos maiores poluidores ambientais (NUNES, DORNELLES e SOARES, 2000). Pesquisas de opinião pública realizadas em vários países mostraram ser o ruído de tráfego o que mais incomoda à população (SATTLER, ROTT e CORADINI, 1995). No Chile, por exemplo, 40% dos entrevistados consideraram o ruído como um importante problema ambiental, perdendo apenas para a poluição atmosférica, sendo que o ruído que mais incomoda é o do trânsito, seguido pelo gerado pelas próprias pessoas (SUÁREZ e PÉREZ, 1998). Em Madrid, 81% da população consideraram o ruído ambiental como um poluente comprometedor para a qualidade de vida e o tráfego terrestre foi indicado como a principal fonte de ruído (32%), seguido pelo ruído criado pelos vizinhos (22%) e pelo ruído gerado por obras (11%) (LÓPEZ, 1998). Já em Valência, em pesquisa realizada em 1984, 80% das pessoas entrevistadas consideraram o ruído de tráfego como a fonte de ruído que mais incomodava (DIAZ et al, 1998). Em uma pesquisa recente, realizada em Curitiba, as principais fontes de ruído causadoras de incômodo identificadas foram o tráfego de veículos (73%) e os vizinhos (38%), sendo que os últimos foram identificados como a principal fonte de desconforto (ZANNIN.et al, 2002).

O transporte veicular, seja por automóveis, motocicletas, ônibus, *vans* ou caminhões, beneficia a população, mas sua concentração em pontos específicos produz a contaminação sonora do ambiente e prejudica o bem estar da população (GAVINOWICH e RUFFA, 2000). Nas grandes cidades o tráfego de veículos tem sido a principal fonte de ruído ambiental devido ao aumento no número de veículos em

circulação, aos fluxos de veículos e ao percentual de veículos pesados (TEIXEIRA e TENENBAUM, 2000b). O crescimento das cidades e o distanciamento entre as residências e os locais de trabalho, lazer ou serviços, fazem com que as pessoas se desloquem diariamente gerando um grande fluxo de veículos (BERTOLI e PAIVA, 1997). Além disto, parte dos veículos tem idade elevada e precário estado de conservação, o que contribui grandemente para o aumento dos níveis sonoros (SATTLER, ROTT e CORADINI, 1995). O ruído produzido pelo tráfego veicular depende, assim, entre outros fatores, da conservação dos veículos, da postura dos motoristas, das características do tráfego e das vias e das condições atmosféricas (COELHO, 1995).

Uma informação importante é que nem sempre maiores volumes de tráfego correspondem a maiores níveis de ruído. As características do tráfego e as condições geométricas das vias podem gerar altos níveis sonoros mesmo com um fluxo pequeno de veículos (VALADARES e GERGES, 1998).

A redução na emissão do ruído pelos veículos vem sendo um objetivo da indústria automobilística, nas últimas décadas, com a finalidade de garantir o conforto dos passageiros e de atender às legislações governamentais (MURATON e HAYASHI, 1994). Com o avanço das tecnologias e com as maiores exigências por parte das legislações e dos consumidores, o ruído gerado pelo motor e pelo escapamento dos veículos diminuiu notavelmente, tornando-se maior a influência do ruído relacionado diretamente ao tipo de pavimento e à sua conservação. Pesquisas têm sido feitas, então, buscando alternativas de pavimentos que contribuam para a melhoria da qualidade sonora. Um pavimento poroso já foi testado e vários estudos mostram uma redução significativa do ruído dependendo da velocidade e/ou da granulometria do material de revestimento (MURGEL, 2000). Além disto, o desgaste irregular do pneu faz com que ele se torne uma fonte de ruído nos veículos modernos. Para evitar este problema, é necessário que se faça regularmente o rodízio dos pneus, ou seja, que se garanta a correta manutenção dos veículos (FALKENSTEIN, 1995).

A implantação de técnicas e de medidas moderadoras de tráfego, também conhecidas como *traffic calming*, tem sido, também, uma alternativa na busca pela redução da poluição sonora nas grandes cidades. Este tipo de medida tem gerado benefícios não só em relação à maior segurança no tráfego, como também em relação a uma redução perceptível no nível geral dos ruídos. Experiências estrangeiras mostram que ocorre redução no nível sonoro quando se reduz a velocidade dos veículos, quando se remove o tráfego de passagem das áreas residenciais e quando se utiliza materiais especiais de revestimento nas vias (BARBOSA, 1998). Os moderadores de tráfego são, assim, dispositivos que têm a função de reduzir os impactos negativos do tráfego veicular. Reduzem a velocidade e/ou o fluxo de veículos diminuindo, conseqüentemente, os acidentes de trânsito, o ruído e a poluição atmosférica, além de incentivarem e priorizarem o tráfego de pedestres, de ciclistas e o transporte coletivo (BOAVENTURA et al, 2000).

4.3 Características do som

O tráfego rodoviário é composto por um grande número de veículos que circulam em intervalos de tempo irregulares com diferentes velocidades, acelerações e tipos de potência motriz. Trata-se, então, da sobreposição de diferentes fontes sonoras com características distintas (COELHO, 1995). Suas características fazem com que em alguns momentos o ruído seja considerado como contínuo e, em outros, como intermitente, dependendo do fluxo de veículos ser grande ou pequeno. O som pode ser também classificado, além de contínuo e de intermitente, como flutuante (irregular), impulsivo, tonal e de baixa freqüência (BRÜEL & KJÆR, 2000), especificações que indicam características sonoras especiais.

Um som é considerado como contínuo quando é produzido sem interrupções e do mesmo modo, podendo ser medido e caracterizado em poucos minutos. A norma ISO 1996/1 (1982) estabelece como ruído contínuo (uniforme, estável) aquele que varie

menos de 5dB ao longo do tempo. Um tráfego rodoviário fluido é considerado como ruído contínuo (COELHO, VALADAS & GUEDES, 1996).

Já um som intermitente é aquele produzido em ciclos, por exemplo, quando passa um veículo por vez, fazendo com que o nível do ruído cresça e decresça rapidamente. Neste caso, o nível sonoro pode ser medido como um ruído contínuo desde que seja possível distinguir intervalos diferentes de nível de pressão sonora (ISO 1996/1, 1982). A identificação da duração dos ciclos - eventos - deve ser notada, sendo necessário um tempo de medição que possibilite a localização e medição dos mesmos, associando a eles a sua duração e o seu nível sonoro.

Um ruído impulsivo é aquele que contém picos de energia acústica com duração menor do que 1s e que se repetem em intervalos maiores do que 1s, tal como marteladas, bate-estacas, tiros e explosões, enquanto que um ruído tonal é aquele que contém tons puros, como o som de apitos ou zumbidos (ABNT, 2000).

O efeito do ruído no ser humano varia não apenas com a intensidade (altura do som), mas com a freqüência (graves e agudos) e com o modo como ele varia no tempo. Um som cujas maiores componentes estão nas altas freqüências e/ou que contém tons puros, normalmente é mais incômodo. Em relação à variação do ruído com o passar do tempo, geralmente um ruído intermitente e/ou impulsivo perturba mais do que um som contínuo. Além destes fatores, para um mesmo estímulo físico, o seu efeito irá variar grandemente dependendo do estado fisiológico e psicológico do ouvinte (MAEKAWA & LORD, 1994). O tráfego veicular urbano, em geral, tem suas componentes nas baixas freqüências, enquanto que o tráfego livre tem suas componentes nas altas freqüências (COELHO, 1995).

Outras características importantes do som dependem do tipo da fonte sonora. As fontes sonoras podem ser divididas em fontes fixas (indústrias, casas comerciais, obras civis e obras públicas, entre outras) e fontes móveis (veículos no tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, por exemplo) (CAMPOS, CERQUEIRA & SATTLER,

2002). Além desta classificação, as fontes sonoras podem ser denominadas como pontuais simples, lineares, pontuais em linha e planas (GERGES, 2000).

As fontes são consideradas como pontuais quando suas dimensões são pequenas se comparadas com a distância ao ouvinte. Isto acontece quando a distância da fonte ao receptor for, aproximadamente, cinco vezes maior do que a maior dimensão da fonte sonora (MEHTA, JOHNSON & ROCAFORT, 1999). Neste caso, a energia sonora se dissipa radialmente e o nível de pressão sonora é o mesmo em todos os pontos a uma mesma distância da fonte. Além disto, o nível sonoro decresce de 6dB quando se dobra a distância do ouvinte à fonte (GERGES, 2000). Um exemplo de fonte pontual é uma máquina parada ao ar livre.

Já as fontes lineares são aquelas pequenas em uma direção e grandes na outra se comparadas com a distância ao ouvinte. A fonte linear pode ser uma simples fonte, como um longo cano transportando um fluido turbulento, ou pode ser composta por várias fontes pontuais operando simultaneamente, tal como um fluxo de veículos em uma rua (BRÜEL & KJÆR, 2000). O som se dissipa cilindricamente e o nível sonoro é o mesmo para todos os pontos a uma mesma distância do eixo da(s) fonte(s). Diferentemente da fonte pontual, no caso das fontes lineares, o nível sonoro decai 3dB quando se dobra a distância do ouvinte à fonte (GERGES, 2000).

As fontes pontuais em linha e as fontes planas são casos especiais. O primeiro acontece quando se tem, por exemplo, uma linha de máquinas idênticas e, o segundo caso, quando se tem a transmissão do ruído através de uma porta, janela ou parede de uma casa (GERGES, 2000).

Vários fatores afetam o nível de ruído e os resultados medidos podem variar em dezenas de decibéis para uma mesma fonte. Esta variação acontece devido às maneiras como o ruído é emitido pela fonte, como ele se propaga pelo ar e como ele chega ao receptor. Os fatores mais importantes que afetam a propagação do ruído são: tipo da fonte, distância percorrida, absorção atmosférica, efeito do vento, variação de

temperatura, obstáculos (tais como barreiras, edificações e vegetação), absorção do solo, reflexões, umidade e precipitação (BRÜEL & KJÆR, 2000).

4.4 Descritores de ruído ambiental

Os descritores sonoros são utilizados para avaliar e regulamentar os vários efeitos do ruído, que compreendem não apenas o incômodo, mas o risco de dano à audição, interferência na fala e efeitos na saúde extra-auditivos (CASALI, 2000). Normas e regulamentações especificam quais parâmetros devem ser medidos e, na maioria dos casos, também indicam como configurar o equipamento de medição e manipular os fatores envolvidos, tais como as condições meteorológicas, por exemplo.

A simbologia utilizada nos descritores sonoros, normalmente, é a seguinte:

$$D_{ikjf}$$

onde: “D“ caracteriza o descritor

“ i “ indica a ponderação em freqüência (normalmente ponderação A)

“ k “ indica a ponderação no tempo (F - *fast*, S - *slow* ou I - *impulsive*)

“ j “ representa o intervalo de tempo medido

“ f ” representa a faixa das freqüências analisadas

A ISO 1996: “*Acoustics – Description and measurement of environmental noise*”, como o próprio nome diz, fala da caracterização e medição do ruído ambiental, importante campo da acústica. Os métodos e procedimentos descritos nesta norma ISO *(International Organization for Standardization)* têm a intenção de serem aplicados para todas as fontes sonoras, individualmente ou em combinação, as quais contribuem para o ruído total de um local. No nível tecnológico atual, essa finalidade parece ser mais bem atendida pela adoção do nível sonoro equivalente contínuo ponderado em A, como uma quantidade básica. Os resultados devem ser sempre expressos, então, em termos desta quantidade, mesmo se complementados por correções ou por outros descritores que, em certos casos, podem ser julgados apropriados (ISO 1996/1, 1982).

A seguir, serão revisados alguns conceitos que ajudarão a compreender o significado dos dados e dos resultados obtidos nas medições sonoras.

4.4.1 Escala logarítmica

O ouvido humano responde a uma larga faixa de níveis sonoros, desde o limiar da audição até o limiar da dor. Esta faixa é muito extensa, sendo difícil, muitas vezes, expressar ordens de grandeza tão diferentes em uma mesma escala linear. Por este motivo, passou-se a utilizar a escala logarítmica para expressar os níveis sonoros (GERGES, 2000).

4.4.2 Ponderação em Freqüência

Os circuitos eletrônicos dos medidores sonoros são padronizados e classificados de modo a simularem o comportamento do ouvido humano. O ouvido humano não é igualmente sensível a todas as freqüências, sendo mais sensível à faixa entre 2KHz a 5KHz e menos sensível para as freqüências extremamente baixas ou altas (GERGES, 2000). A audibilidade humana varia, também, de acordo com a intensidade dos sons.

Existem os circuitos de compensação A, B, C e D que corrigem os níveis sonoros em decibéis ponderando-os de acordo com as freqüências gerando, como resultado, o dB(A), dB(B), dB(C) e dB(D). O circuito de ponderação em A aproxima-se das curvas de igual audibilidade para baixos níveis de pressão sonora (corrige-se fortemente as baixas freqüências, atenuando-as, e corrige-se pouco as altas freqüências) sendo, então, o que mais se aproxima da maneira conforme o ouvido percebe os sons. Ele é bastante utilizado em várias áreas da acústica e, de forma especial, na acústica ambiental. A indicação de que o descritor de ruído ambiental está com ponderação em freqüência A pode ser dada no nome do descritor (L_{Aeq}, L_{Amax}., etc) ou na unidade utilizada (dB(A)).

4.4.3 Ponderação no tempo

Os tempos de resposta normalizados foram originalmente construídos nos instrumentos de medição de ruído para possibilitar uma indicação visual dos níveis de ruído variáveis. As normas de avaliação ambiental normalmente especificam qual ponderação no tempo deve ser utilizada. Existem as ponderações lenta, rápida e impulsiva (*slow, fast e impulsive*) (BRÜEL & KJÆR, 2000).

Na maior parte dos problemas relacionados ao ruído ambiental tem-se medido o nível de pressão sonora utilizando-se resposta lenta (*slow*) e ponderação segundo a curva A (CASALI, 2000).

4.4.4 Filtros para determinar a faixa de freqüência a ser analisada

Para se analisar os ruídos por faixas de freqüências, bandas, os medidores sonoros possuem filtros que deixam passar apenas as componentes do sinal de ruído que estejam dentro da largura da banda de freqüência desejada, atenuando consideravelmente as demais componentes. Em relação à largura da banda, os filtros podem ser de banda larga ou de banda estreita. Os filtros de oitava e 1/3 de oitava são exemplos de filtros de banda larga (GERGES, 2000).

4.4.5 Nível de Potência Sonora L_W

É a energia acústica total emitida pela fonte em uma unidade de tempo. A potência sonora só depende da própria fonte (GERGES, 2000), sendo independente das características do ambiente e da distância ao receptor, o que a torna muito útil para caracterizar fontes sonoras (BRÜEL & KJÆR, 2000).

4.4.6 Nível de Pressão Sonora L_p

O nível de pressão sonora (L_p) é definido, pela ISO 1996/1 (1982), por:

$$L_p = 10\log\left(\frac{p}{p_0}\right)^2, \text{ dB} \qquad (1)$$

Onde:
- p é a pressão sonora, em pascais;
- p_0 é a pressão sonora de referência, 20 μPa ($20x10^{-6}N/m^2$), que corresponde ao limiar da audição na freqüência de 1kHz (GERGES, 2000).

4.4.7 Nível de pressão sonora equivalente contínuo L_{Aeq}

O nível de pressão sonora equivalente contínuo (L_{Aeq}) é definido, pela ISO 1996/1 (1982), por:

$$L_{Aeq,T} = 10\log\left[\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2}\frac{{p_A}^2(t)}{{p_0}^2}\mathrm{d}t\right], \text{ dB(A)} \qquad (2)$$

Onde:
- $L_{Aeq,T}$ é o nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado em A, em decibéis (dB), sobre um intervalo de tempo T, começando em t_1 e terminando em t_2;
- p_0 é a pressão sonora de referência, 20 μPa;
- $p_A(t)$ é a pressão sonora instantânea ponderada em A.

O nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado em A representa o nível de um som contínuo (estacionário) que, em um intervalo de tempo específico, tem a mesma energia sonora do som em estudo, cujo nível varia com o tempo (ISO 1996/1, 1982). Além de ser utilizado como padrão de análise para o ruído ambiental, o L_{Aeq} também é utilizado na avaliação da exposição ao ruído ocupacional. Ele representa o

potencial de lesão auditiva do nível variável (oscilante) que depende não somente do seu nível como também da sua duração (GERGES, 2000). O L_{Aeq} representa, assim, o nível do ruído contínuo (fixo) ao qual as pessoas estão sujeitas, em várias situações, devido aos diversos tipos de ruído, sendo equivalente ao ruído original que é variável.

O L_{Aeq} é o descritor sonoro mais importante. Medidas de banda larga, por exemplo, são feitas utilizando-se a ponderação em freqüência segundo a curva A, quando se avalia o ruído ambiental. Ele é o indexador de ruído mais utilizado no estudo do ruído de tráfego rodoviário, sendo que o nível corrigido (*rating level*) e os níveis estatísticos, tais como L_{10} e L_{90}, também são utilizados (BRÜEL & KJÆR, 2000).

4.4.8 Níveis Estatísticos L_{AN}

Em alguns estudos do ruído ambiental, pode ser desejável descrever uma situação sonora tanto pelo uso do L_{Aeq} como pela distribuição estatística dos níveis de pressão sonora ponderados em A. Com este propósito, níveis estatísticos tais como L_{95}, L_{50} e L_5 podem ser determinados (ISO 1996/2, 1987).

O nível estatístico representa o valor do nível de pressão sonora ponderado em A que foi excedido em uma porcentagem (N%) do intervalo de tempo considerado. Por exemplo, o $L_{A95,1h}$ é o nível que foi excedido em 95% de um período de uma hora (ISO 1996/1, 1982).

Além dos níveis estatísticos citados acima, são utilizados, também, o L_{10} e o L_{90}, sendo que o L_{10} é mais usado para estudos de ruído ambiental (ruído de trânsito) (GERGES, 2000).

Uma análise da distribuição estatística dos níveis sonoros é uma ferramenta útil quando se avalia o ruído. A análise não fornece apenas informações a respeito da variabilidade dos níveis sonoros, mas também se sobressai em várias normas como base para avaliação do ruído de fundo. Por exemplo, o L_{90}, nível excedido em 90% do tempo de medição, é utilizado como indicador do nível sonoro do ruído de fundo,

enquanto que o L_{10} e o L_5 são algumas vezes usados para indicar o nível de eventos de ruído (BRÜEL & KJÆR, 2000).

Os níveis estatísticos descrevem a situação do ambiente acústico em termos da probabilidade com que certos níveis podem ser excedidos. O histograma cumulativo do ruído mostra o percentual do tempo total de exposição em relação ao nível de pressão sonora dB(A) (GERGES, 2000).

4.4.9 Níveis de Pressão Sonora Máximo $L_{ASmax.}$

O L_{ASmax} é o nível de ruído máximo ponderado em A, medido normalmente com tempo de resposta ponderado lento (*slow*). Ele é o nível mais alto do ruído ambiental, ocorrido em uma posição, durante um certo período de tempo, sendo freqüentemente utilizado em conjunto com outros parâmetros sonoros (por exemplo, L_{Aeq}) para assegurar que um evento de um ruído simples não excedeu um limite. Para este descritor sonoro é essencial especificar a ponderação no tempo (lenta, rápida e impulsiva) (BRÜEL & KJÆR, 2000).

4.4.10 Níveis de Pressão Sonora Mínimo $L_{ASmin.}$

É o nível sonoro mínimo ponderado em A, medido normalmente com tempo de resposta ponderado lento. Ele é o nível mais baixo do ruído ambiental ocorrido em uma posição, durante um certo período de tempo. Da mesma forma que o L_{ASmax}., é muito importante que se especifique a ponderação no tempo utilizada na medição sonora (BRÜEL & KJÆR, 2000).

4.4.11 Nível Sonoro de Pico L_{peak}

Descreve o nível sonoro máximo absoluto registrado em uma posição durante um intervalo de tempo. É o pico absoluto do som contínuo (GERGES, 2000).

4.4.12 Nível de Exposição Sonora L_{AE} ou SEL

O nível de exposição sonora (L_{AE} ou SEL) é definido, pela ISO 1996/1 (1982), por:

$$L_{AE} = 10 \log \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{{p_A}^2(t)}{{p_0}^2} \mathrm{d}t \qquad (3)$$

Onde:
- $p_A(t)$ é a pressão sonora instantânea ponderada com a curva A;
- $t_2 - t_1$ é um intervalo de tempo grande o suficiente para abarcar todos os sons significantes de um determinado evento;
- p_0 é a pressão sonora de referência (20 μPa);
- t_0 é a duração de referência (1s).

Para se medir o ruído de um evento, o nível de exposição sonora é medido, combinando o seu nível e a sua duração em um único descritor. Ele é um parâmetro parecido com o L_{Aeq}, sendo utilizado para a avaliação de eventos que têm características semelhantes, mas durações diferentes. (BRÜEL & KJÆR, 2000). O nível de exposição sonora é o nível sonoro de um tempo de 1 segundo que contém a mesma energia total que um evento sonoro de um tempo particular de duração. Ele é utilizado para descrever o ruído de uma fonte móvel ou altamente transitória (CASALI, 2000).

4.4.13 "Rating Level" $L_{Ar,\,Tr}$ – nível corrigido

O *rating level* (L_{Ar}), ou nível corrigido, é definido, pela ISO 1996/2 (1987), por:

$$\left(L_{Ar,T}\right)_i = \left(L_{Aeq,T}\right)_i + k_{1i} + k_{2i} \qquad (4)$$

Onde:
- $\left(L_{Ar,T}\right)_i$ é o nível corrigido para cada intervalo de tempo de referência;

- $\left(L_{Aeq,T}\right)_i$ é o nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado em A durante o *i*-ésimo intervalo de tempo de referência;
- k_{1i} é uma correção devido às características tonais do ruído, aplicada ao *i*-ésimo intervalo de tempo de referência;
- k_{2i} é uma correção devido às características impulsivas do ruído, aplicada ao *i*-ésimo intervalo de tempo de referência.

O nível corrigido é a medida da exposição ao ruído corrigida por fatores conhecidos que aumentam o incômodo. É usado para comparar níveis medidos com limites de ruído estabelecidos em normas, que normalmente variam dependendo do tipo do uso do solo e do horário do dia (BRÜEL & KJÆR, 2000). Um sistema ideal de correção será aquele no qual todos os fatores que influenciam no ruído estejam combinados em uma única escala adaptável a todos os tipos de ruído. No entanto, é extremamente difícil unir as reações físicas e psicológicas ao ruído (MAEKAWA & LORD, 1994).

Quando o som possui características tonais ou impulsivas em um intervalo de tempo especificado, um ajuste pode ser aplicado, para aquele intervalo, no nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado em A medido. Caso as características tonais ou impulsivas estejam presentes em apenas uma parte do intervalo de tempo de referência, os valores de k_{1i} e de k_{2i} podem ser ajustados levando em conta esta duração (ISO 1996/2, 1987).

4.4.14 Nível Sonoro Médio Dia-Noite L_{dn}

O nível sonoro médio dia-noite corresponde ao L_{Aeq} acrescido de 10dB(A) para o ruído ambiental que ocorra entre 22:00 e 7:00 horas, levando em consideração o aumento do incômodo à noite (BRÜEL & KJÆR, 2000).

5 Planejamento do mapeamento

Na revisão bibliográfica foram lidos diversos artigos relacionados ao mapeamento acústico. Estes artigos serviram como fonte de informação inicial e, a partir deles, pôde-se comparar os critérios utilizados por diversos pesquisadores. Nos próximos itens serão analisados vários fatores que devem ser definidos durante o planejamento do mapeamento sonoro, tais como: número de pontos de medição; distribuição espacial e localização dos pontos; dias, horários e duração das medições; grandezas acústicas, meteorológicas, geométricas e de tráfego a serem medidas; equipamentos a serem utilizados; configuração e posicionamento dos equipamentos.

5.1 Definição dos pontos e horários de medição

A definição dos pontos (número e distribuição pelo espaço) nos quais são realizadas as medições acústicas é uma etapa muito importante da metodologia para o mapeamento sonoro de uma região. Os pontos escolhidos formam a malha de amostragem da pesquisa e, a partir deles, é realizada uma interpolação para que se estime os níveis sonoros dos locais aonde não se tenha medido e se construa, como resultado, o mapa acústico. A malha de amostragem pode ser aleatória ou regular, dependendo da distribuição dos pontos, que pode ocorrer de forma casual ou regular (LANDIM, 2002). A escolha da amostra é um processo complexo que depende da disponibilidade de pessoal e de tempo, das condições financeiras, dos equipamentos disponíveis, da área de análise e do número de dados estatísticos (CASALI, 2000).

A localização e o número de posições de medição dependerão das características do ambiente em consideração. Os locais das medidas podem ter distâncias aproximadamente iguais entre si, sendo utilizadas as interseções de uma grade de linhas, por exemplo, e contornos de níveis de ruído iguais podem ser gerados pela interpolação entre estes pontos (ISO 1996/2, 1987).

Tem-se utilizado, normalmente, no caso do mapeamento do ruído ambiental, malhas de amostragem regulares, com seus pontos distribuídos homogeneamente pelo espaço. Elabora-se, por exemplo, malhas triangulares cujos vértices dos triângulos, nós, são os pontos de medição. Mapeamentos realizados em Portugal, para avaliação da exposição da população ao ruído e para avaliação do ruído ambiental, têm utilizado distâncias de 500 a 2.000m entre os pontos, enquanto que outras metodologias para o mapeamento do tráfego veicular utilizam malhas cujos nós podem distanciar uns dos outros de 10 a 1.000m, como está mostrado na primeira coluna da Tabela 5-1.

A densidade da grade de pontos vai depender da resolução espacial desejada e da variação dos níveis de pressão sonora do ruído, sendo que esta variação é maior na vizinhança de fontes ou de grandes obstáculos. A densidade da grade de pontos deve, assim, ser maior nestes lugares. Em geral, a diferença do nível de pressão sonora entre dois pontos adjacentes não deve ser maior do que 5dB. Caso diferenças significativamente maiores sejam encontradas, pontos intermediários devem ser criados (ISO 1996/2, 1987).

Ao se definir o tamanho da malha, ela é colocada sobre um mapa da região em estudo chegando-se ao número de pontos de medição. Em seguida, inicia-se a determinação dos dias, horários e duração das medidas. Na avaliação do ruído ambiental, o ideal seria que se medisse um período de tempo completo, tal como dias, semanas ou mesmo meses. Nestes casos, as medidas normalmente são obtidas a cada segundo, minuto ou quartos de hora e são utilizadas para se construir a história (distribuição) dos níveis de ruído de uma região. Contudo, estas longas medições podem ser caras e difíceis de serem executadas (BRÜEL & KJÆR, 2000).

Tabela 5-1. Parâmetros para medição e mapeamento acústico em diferentes metodologias

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das medidas	Fonte bibliográfica
5 pontos com monitores acústicos fixos	Medição constante durante todos os dias dos anos de 1998, 1999 e 2000	24 horas por dia	Dados de hora em hora	BORTOLI e KRÜGER, 2003
17 pontos	Terças, quartas e quintas Dias típicos	14:00 às 16:00	4 medidas de 12 minutos para cada ponto	LOURA e VALADARES, 2003
14 pontos distribuídos em diferentes bairros	Dia de semana típico Terça, quarta e quinta-feira	24 horas de medição	Dados horários e de 15 em 15 minutos	MAIA e SATTLER, 2003
Quadrícula de 400x400m		7:00 às 22:00 7:00 às 11:00 11:00 às 15:00 15:00 às 19:00 19:00 às 22:00	15 minutos de medição a cada hora	MORAES e LARA, 2003
9 pontos 250m uns dos outros	Dias úteis. Segunda à sexta-feira	Horário comercial 8:00 às 18:30 manhã 8:00 -11:00 intermediário 12:00-15:00 tarde 16:00-18:00	30 minutos a cada hora	MORAES et al, 2003
22 no período diurno e 5 no período noturno	Dias úteis	11:40 às 13:40 21:00 às 23:00	10 em 10 segundos durante 2 horas calculados, depois, de hora em hora	SOUZA, ANDRADE e CRUZ, 2003
		6:00 às 8:00 18:00 às 19:00 19:00 às 20:00 21:00 às 23:00	Amostras a cada 10 minutos 6 horas diárias	VALADARES e PAULA, 2000
	Dias úteis	18:00 às 19:00		SCHIMITT et al, 2000
		8:00 às 9:00 11:00 às 12:00 19:00 às 20:00 22:00 às 23:00	Em cada hora 20 minutos de gravação 5, 10 e 15 minutos	GAVINOWICH e RUFFA, 2000

Continuação da Tabela 5-1

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das medidas	Fonte bibliográfica
Desvio de 6 dB: 300m entre os pontos > 6 dB: pontos mais próximos < 6 dB: pontos mais dispersos	Dias com e sem movimento	Horário de pico em sua totalidade Medidas representativas dos períodos diurno e noturno	15 em 15s leitura instantânea durante 15 minutos 60 leituras por medida	MENDEZ e BASSO, 1998
Lugares sensíveis		7:00 às 10:00 18:00 às 22:00 1:00 às 5:00	10 a 15 minutos de medição	BUCHI e NUÑEZ, 1998
Malha triangular: 450m entre os nós	Terças, quartas e quintas	7:00 às 9:00 17:00 às 19:00 Horário de pico	5 minutos	PALHARES, VECCI e PAVANELLO, 1998
		7:00 às 11:00 - manhã 18:00 às 21:00 - tarde 0:00 às 3:00 - noite	10 a 15 minutos	SUÁREZ e PÉREZ, 1998
	Dias com e sem movimento	8:00 às 14:30 17:00 às 21:00 0:00 às 4:00	10 minutos durante todas as horas	DIAZ et al, 1998
	Sábado-diurno Sábado-noturno Terça / quinta-noturno	3 horários em cada ponto	3 medidas de 5 a 15 minutos em cada ponto	SATTLER, 1998
Malha triangular: 10 a 1000m entre os nós	Terça, quarta e quinta sem feriados	Horário de pico		PALHARES et al, 1996
Malha triangular: 500 a 2000m dependendo da densidade da população	Dias úteis	Durante o período diurno	Medições de curta duração	COELHO, VALADAS e GUEDES, 1996
	Dia típico Dias da semana	7:00 às 9:00 17:00 às 19:00 Horário de pico	30 a 45 minutos	BELDERRAIN, 1995
	De segunda a sexta	8:00 às 18:00	10 em 10s durante 15 minutos 90 medições	ALVARES e SOUZA, 1992

O planejamento da pesquisa baseado em princípios estatísticos proporciona uma maior garantia de que o pesquisador irá extrair do sistema em estudo o máximo de informação útil, fazendo um número mínimo de experimentos (BARROS NETO, SCARMINIO e BRUNS, 1995). A amostra deve ser escolhida, assim, conciliando a disponibilidade de tempo, dinheiro, pesquisadores, entre outros. As avaliações do ruído ambiental são feitas, na maioria das vezes, determinando-se medidas representativas dos horários a serem analisados.

A escolha dos meses e dias da semana para medição depende do objetivo do mapeamento. Algumas vezes analisam-se os dias com e sem movimento ou apenas os dias úteis. Realiza-se, também, as medições em dias típicos (dia médio anual) definindo-se, por exemplo, que as medições serão realizadas apenas nas terças, quartas e quintas-feiras sem feriados.

A escolha dos horários de medição também varia de acordo com os objetivos do mapeamento, sendo que na maioria das vezes são escolhidas faixas de horários para serem analisadas. Normalmente, escolhem-se horários que representem as partes do dia (manhã, tarde e noite).

A Tabela 5-1 mostra diferentes metodologias com dias e horários de medição diferenciados. Os horários de medição são escolhidos de acordo com as características do ambiente e das fontes sonoras em estudo. Algumas vezes, opta-se por fazer as medições nos horários de pico. Dependendo da finalidade e da disponibilidade de tempo e equipamentos, algumas análises do ruído são feitas, ainda, em períodos maiores de tempo que correspondam à maior parte do dia.

Assim como os horários de medição, a duração das medidas também varia de pesquisa para pesquisa, como pode ser visto na Tabela 5-1.

5.2 Definição das grandezas coletadas e dos equipamentos utilizados

5.2.1 Grandezas acústicas

Como já foi dito anteriormente, a norma ISO 1996/1 coloca o nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado com a curva A como o melhor descritor do ruído ambiental. As medidas do ruído devem, então, ser sempre expressas em termos desta grandeza, mesmo se complementadas com correções ou com outros descritores.

A instrumentação para medição do ruído ambiental deve compreender um medidor de nível de pressão sonora que integre e tire a média para ponderação em freqüência segundo a curva A e para ponderação no tempo lenta (*slow*). As medidas devem ser associadas a intervalos de tempo para serem gravadas. Como alternativa, amostragem ou análises de distribuição estatística podem ser, também, utilizados (ISO 1996/1, 1982).

Todo equipamento deve ser calibrado e a configuração para calibração deve ser de acordo com as instruções do fabricante. Uma calibração em intervalos de tempo (por exemplo, anualmente), deve ser prescrita pelas autoridades responsáveis pelo uso dos resultados das medições (ISO 1996/1, 1982). Deve-se calibrar o medidor sonoro antes e depois de cada série de medições. O calibrador verifica a sensibilidade do aparelho ajustando-a, se necessário, garantindo, com isto, a precisão dos resultados (BRÜEL & KJÆR, 2000).

A norma ISO 1996/1 (1982) estabelece que a localização dos pontos de medição depende do objetivo das medições. No caso de medidas externas, quando é desejável minimizar a influência de reflexões na medição deve-se, quando possível, executar a medição a pelo menos 3,5m de qualquer estrutura reflexiva, com exceção do solo.

Em regiões próximas a edificações o microfone deve estar, preferencialmente, de 1 a 2m da fachada e de 1,2 a 1,5m do solo. Caso seja desejável reduzir a influência das reflexões, as medições devem ser feitas, quando possível, a pelo menos 3,5m de qualquer estrutura reflexiva. Caso as medições sejam efetuadas de 1 a 2m da fachada, deve-se subtrair 3dB do valor medido (ISO 1996/2, 1987).

5.2.2 Grandezas meteorológicas

Os níveis sonoros são afetados pelas condições meteorológicas, especialmente quando a distância de propagação é grande devendo-se, nestes casos, medi-las (ISO 1996/1, 1982). Mudanças nas condições meteorológicas podem influenciar no nível sonoro recebido se a distância entre a fonte e o receptor for em torno de 30m ou mais (ISO 1996/3, 1987).

Caso seja possível, informações sobre as condições meteorológicas prevalentes na área sob consideração devem ser adquiridas, principalmente como informações estatísticas da velocidade e direção do vento, precipitação e temperatura (incluindo a ocorrência de inversões térmicas) de um intervalo de tempo típico, tal como um ano ou qualquer outro intervalo de tempo adequado (ISO 1996/2, 1987).

Assim como a ISO 1996/1 (1982) determina que devem ser registradas as condições meteorológicas do momento da medição do ruído, observa-se que na prática, em mapeamentos sonoros, tem-se realmente registrado a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do vento. Além destas variáveis, também se registra a direção do vento dominante, como pode ser visto na Tabela 5-2.

Em relação às faixas de valores nos quais estas variáveis devem ser enquadradas, algumas metodologias dizem que a temperatura deve estar entre –10 e 50^0C e a faixa de umidade do ar de 30 a 90% (CAREY, 1996), enquanto outros adotam os intervalos de 10 a 35^0C para a temperatura, 40 a 90% para a umidade e o valor da velocidade do vento deve ser menor que 5m/s (PALHARES et al, 1996).

Tabela 5-2. Grandezas coletadas em diferentes metodologias

Grandezas acústicas	Grandezas meteorológicas	Grandezas de tráfego	Grandezas geométricas	Fonte bibliográfica
L_{max}, L_{min}, L_{eq}		Fluxo e tipo de veículos		BORTOLI e KRÜGER, 2003
L_{10}, L_{90}, L_{eq}	Velocidade do vento, temperatura e umidade relativa		Número de pavimentos das edificações	LOURA e VALADARES, 2003
L_5, L_{10}, L_{20}, L_{30}, L_{40}, L_{50}, L_{60}, L_{70}, L_{80}, L_{90}, L_{eq}, L_{max}, L_{min}	Vento, temperatura, umidade, pressão atmosférica	Número e tipo de veículos		MAIA e SATTLER, 2003
L_{10}, L_{90}, L_{eq}, L_{max}, L_{min}	Temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção predominante dos ventos			MORAES e LARA, 2003
L_{10}, L_{50}, L_{90}, L_{eq}, TNI		Fluxo de veículos	Características físicas, morfológicas, funcionais e de uso e ocupação do solo. Inclinação e largura da via, declividades das encostas, número de pistas	SOUZA, ANDRADE e CRUZ, 2003
L_{10}, L_{50}, L_{90}, L_{eq}, SEL, L_{dn}				CASALI, 2000
L_{10}, L_{90}, L_{eq}, L_{max}, L_{min}, L_{AE}	Grandezas meteorológicas	Volume de tráfego (veículos por hora)		VALADARES e PAULA, 2000
L_1, L_{10}, L_{50}, L_{90}, L_{99}, L_{eq}		Tipo de tráfego, fluxo médio, velocidades, porcentagem de veículos pesados	Tipo de pavimentação	ARRUDA et al, 2000
L_{eq}, L_{max}, L_{min}, L_n		Fluxos e velocidades	Tipo de pavimento e inclinação da via, elevações no terreno e obstáculos	BUCHI e NUÑEZ, 1998
L_{10}, L_{90}, L_{eq}, L_{max}, L_{min}, SEL	Temperatura, umidade relativa do ar e vento		Localização e características locais	PALHARES, VECCI e PAVANELLO, 1998

Continuação da Tabela 5-2

Grandezas acústicas	Grandezas meteorológicas	Grandezas de tráfego	Grandezas geométricas	Fonte bibliográfica
L_{10}, L_{90}, L_{eq}, L_{max}, L_{min}		Densidade e composição do fluxo automotor	Altura e distância entre as fachadas e tipo de pavimento	CABANELLAS et al, 1998
	Temperatura, umidade relativa e velocidade do vento	Velocidade média, fluxo de veículos e porcentagem de veículos leves e pesados	Largura e inclinação da via, afastamento entre prédios e elementos físicos	NUNES e SANTOS, 1998
L_{10}, L_{90}, L_{eq}, L_{max}, L_{min}		Volume do tráfego e características do fluxo		SATTLER, 1998
	Temperatura, umidade e velocidade do vento	Fluxo e velocidade de veículos leves e pesados	Pavimentação, largura e inclinação da via, afastamento entre prédios, elementos físicos	NUNES, SANTOS e MALDANER, 1998
L_{10}, L_{50}, L_{90}, L_{eq}, L_{max}, L_{min}, L_{AE}	Temperatura, velocidade e direção predominante do fluxo de ar	Velocidade, fluxo e composição do tráfego		VALADARES e GERGES, 1996
L_{90}, L_{eq}, L_{max}, L_{min}, L_{peak}, L_{dn}	Temperatura e umidade do ar			CAREY, 1996
	Temperatura, umidade e velocidade e direção dos ventos dominantes	Composição do tráfego, velocidade	Tipo de pavimento, número de pistas, largura da via e dos canteiros, distância do ponto à via, inclinação e curvatura da via, existência de obstáculos	COELHO, 1995

Para facilitar a comparação de resultados, pode ser conveniente fazer as medições sob condições metereológicas específicas, que são reproduzíveis e que correspondem a condições de propagação sonora completamente estáveis, tais como (ISO 1996/2, 1987):

- Direção do vento com ângulo de mais ou menos 45^0 em relação à direção que ligue o centro da fonte sonora dominante ao centro da respectiva área;

- Velocidade do vento entre 1 e 5m/s;
- Nenhuma inversão térmica forte perto do solo e nenhuma precipitação forte.

5.2.3 Grandezas de tráfego

Nas metodologias consultadas, usualmente determinam-se as características do tráfego local coletando-se o fluxo de veículos e a velocidade média. Além destas grandezas, observa-se, também, a composição do tráfego definindo-se a porcentagem de veículos leves e pesados. Algumas metodologias estão apresentadas na Tabela 5-2.

5.2.4 Grandezas geométricas

Características físicas e grandezas geométricas também devem ser verificadas, como por exemplo: tipo do pavimento e sua conservação, largura e inclinação da via, número de pistas, topografia, obstáculos e superfícies reflexivas, largura dos canteiros centrais e passeios, distância do ponto à via, distância entre as fachadas e suas alturas médias, geometria das fachadas (existência de saliências), entre outros.

6 Metodologia de mapeamento sonoro aplicada à UNICAMP

6.1 Seleção da área a ser mapeada

Na determinação do local a ser mapeado, o terreno da UNICAMP foi escolhido por apresentar um ambiente sonoro com características urbanas convivendo com situações típicas de um campus universitário. Além da diversidade de situações disponíveis para o estudo do ruído ambiental, a coleta de dados na universidade favoreceu a integridade e a segurança dos pesquisadores e dos equipamentos de medição.

A UNICAMP se localiza no Distrito de Barão Geraldo, região noroeste de Campinas, ficando a 12 km do centro da cidade. Sua localização em Campinas e no Estado de São Paulo é mostrada na Figura 6-1.

Figura 6-1. Localização da UNICAMP [adaptado do site www.unicamp.br]

6.2 Definição do número e distribuição espacial dos pontos

Nesta pesquisa, optou-se por distribuir os pontos de coleta de dados regularmente por toda a área de estudo. Com este objetivo, elaborou-se uma malha triangular (rede de linhas), sobre o terreno da UNICAMP, cujos nós (vértices dos triângulos) corresponderiam aos pontos de medição, como pode ser visto na Figura 6-2.

Alguns pontos, no entanto, foram deslocados até as ruas ou avenidas mais próximas a eles de modo que se situassem em locais onde a medição fosse possível de ser realizada, garantindo, ao mesmo tempo, um padrão de distância entre os pontos e as vias. Foram determinados, desta forma, 28 pontos de medição dos quais 27 ficaram localizados a 0,50m dos corredores de tráfego e apenas um ponto ficou localizado no centro de um quarteirão (Ciclo Básico).

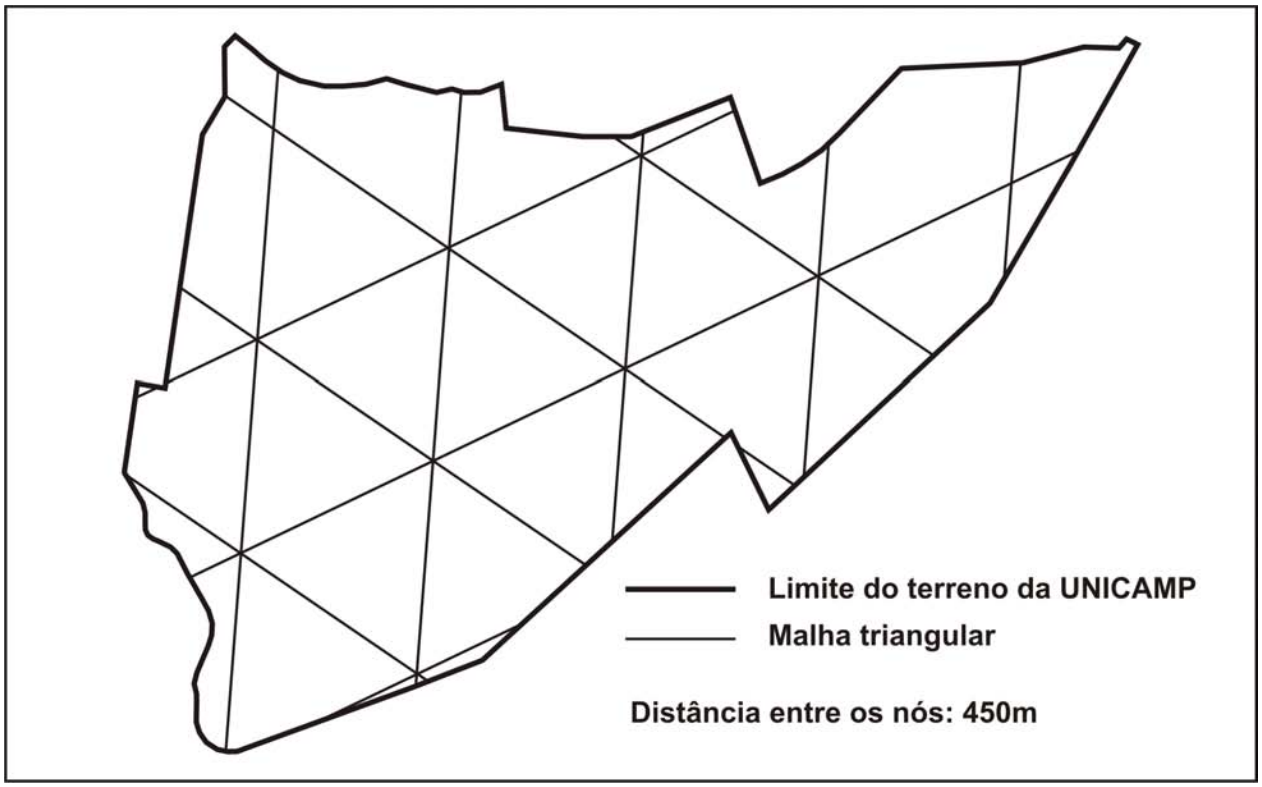

Figura 6-2. Malha triangular utilizada como auxílio para determinação dos pontos de medição

Esta padronização, somada à uniformidade da altura do medidor de nível de pressão sonora em relação à via, foi definida para facilitar a análise da influência do ruído de tráfego no ruído ambiental medido nos vários pontos de coleta de dados, uma vez que o nível sonoro varia, entre outros fatores, com a distância entre a fonte sonora e o receptor.

A Tabela 6-1 mostra a localização dos 28 pontos de medição, juntamente com o dia em que os dados foram coletados para cada ponto. Em seguida, na Figura 6-3, pode-se observar a localização destes pontos na foto aérea da UNICAMP, tirada no dia 30 de junho de 2001.

Tabela 6-1. Dias de coleta de dados e localização dos pontos de medição

Ponto	Data	Localização
Ponto 01	01/04/2003	Av. Albert Einstein entre as ruas Cláudio Abramo e Pitágoras
Ponto 02	02/04/2003	Rua Mendeleev, entre as avenidas Bertrand Russel e Albert Einstein – Engenharia Mecânica / FEM
Ponto 03	03/04/2003	FACAMP
Ponto 04	08/04/2003	Avenida Cândido Rondon – Engenharia Agrícola / FEAGRI
Ponto 05	09/04/2003	Rua dos Flamboyants, entre a Rua 6 de Agosto e a Avenida Oswaldo Cruz – Ciclo Básico da Engenharia Básica / NEPAM
Ponto 06	15/04/2003	Rua Carlos Gomes entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Estudos da Linguagem / IEL
Ponto 07	16/04/2003	Praça Henfil – Portaria 1
Ponto 08	22/04/2003	Praça Carlos Drummond de Andrade – Portaria 2
Ponto 09	23/04/2003	Avenida Roxo Moreira – Portaria 3
Ponto 10	24/04/2003	Saída para PUC – Portaria 4
Ponto 11	29/04/2003	Rua 5 de Junho – Parque Ecológico (Meio Ambiente)
Ponto 12	30/04/2003	Av. Dr. André M. Tosello, entre as avenidas Albert Einstein e Cândido Rondon – EMBRAPA
Ponto 13	13/05/2003	Rua Josué de Castro, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Química / IQ
Ponto 14	14/05/2003	Rua Vital Brasil, entre avenida Adolfo Lutz e a rua Carlos Chagas – Hospital das Clínicas / HC
Ponto 15	15/05/2003	Avenida Adolfo Lutz, entre a rua Tessáfio V. de Camargo e a avenida Prefeito José Roberto Magalhães Teixeira (rua Cecília Meireles)
Ponto 16	20/05/2003	Centro da Praça do Ciclo Básico
Ponto 17	21/05/2003	Avenida Érico Veríssimo – Comissão do Vestibular / Comvest
Ponto 18	22/05/2003	Rua Lev Landau, entre as avenidas Bertrand Russel e Albert Einstein
Ponto 19	27/05/2003	Rua Pitágoras, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel- Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica/IMECC
Ponto 20	28/05/2003	Rua Saturnino de Brito - Faculdade de Engenharia Civil / FEC
Ponto 21	29/05/2003	Avenida Érico Veríssimo – Faculdade de Educação Física / FEF
Ponto 22	11/06/2003	Posto de gasolina da UNICAMP
Ponto 23	12/06/2003	Avenida Albert Einstein - Faculdade de Engenharia Química / FEQ
Ponto 24	17/06/2003	Rua Charles Darwin, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Biologia (Anatomia)
Ponto 25	18/06/2003	Avenida Albert Einstein esquina com a rua Monteiro Lobato – Praça da Paz
Ponto 26	24/06/2003	Avenida Prefeito José Roberto Magalhães Teixeira (rua Cecília Meireles)
Ponto 27	25/06/2003	Rua Albert Sabin, entre as ruas Carlos Chagas e Cecília Meireles
Ponto 28	26/06/2003	Avenida Oswaldo Cruz – BANESPA

Figura 6-3. Localização dos pontos de medição na foto aérea (30/06/2001) da UNICAMP

6.3 Definição dos dias, horários e duração das medições

Para a definição dos dias, horários e duração das medições, foram realizadas várias medidas teste que auxiliaram na determinação dos critérios para a coleta de dados. Durante o planejamento da metodologia pensou-se, inicialmente, em fazer medições em mais de um ponto por dia e em intervalos de horários. No entanto, na metodologia aplicada à UNICAMP optou-se por ser fazer uma medição contínua de 12 horas, como será detalhado a seguir. A partir dos resultados obtidos nestas medições será possível, então, fazer uma análise refinada localizando-se possíveis intervalos de tempo que reflitam os horários onde os níveis de ruído são mais críticos ou aqueles que representem as atividades e fontes sonoras existentes na UNICAMP.

Utilizou-se como critério para a escolha dos dias de medição a definição de dias padrão, com características típicas que pudessem refletir situações sonoras semelhantes. As medições foram, então, realizadas nos meses de abril, maio e junho, durante o período letivo, nas terças, quartas e quintas-feiras, com exceção de feriados. Eliminaram-se, assim, as segundas e as sextas-feiras por serem os dias onde se constatou a maior variação no número de pessoas na UNICAMP. Além disto, os meses de abril, maio e junho foram escolhidos por possuírem características climáticas semelhantes na cidade de Campinas, sendo meses com pouca ocorrência de chuvas.

Cada ponto foi medido em um dia, totalizando-se, com isto, 28 dias de medição, sendo que as medições ocorreram das 7:00 às 19:00 horas, de forma contínua. A escolha desta faixa horária diurna teve como objetivo cobrir o horário comercial, com uma diferença horária para mais e para menos, de modo que fosse possível captar a influência dos deslocamentos de veículos e de pessoas antes e depois do horário do expediente. O período de 12 horas de medição seguidas irá possibilitar a visualização do comportamento acústico da UNICAMP ao longo de todo o dia, sendo que este período só não foi maior por questão de segurança e por falta de pessoal para revezamento ao longo da coleta de dados.

Nesta faixa horária de medição, os dados foram coletados a cada 5 minutos favorecendo, com isto, uma análise mais refinada do comportamento do ambiente acústico dos pontos de medição. Escolheu-se este intervalo de tempo para que fosse possível, assim, identificar a presença de alterações nos níveis sonoros em intervalos de tempo pequenos.

Outro motivo para a escolha deste intervalo de tempo foram as características técnicas do medidor de nível sonoro e o planejamento da coleta de dados. O medidor de nível de pressão sonora utilizado possui a capacidade máxima de armazenamento de 510 dados, por software, e o processo de transferência dos dados do aparelho para um computador gasta, aproximadamente, 2 horas. Este tempo inviabilizou a transferência no final de cada dia de medição, uma vez que se terminaria este processo tarde da noite e, no dia seguinte, uma nova coleta de dados deveria ser realizada. Assim, optou-se por dividir a capacidade de memória do equipamento pelos três dias de medição, podendo-se gerar, no máximo, 170 dados diários. Diante disto, analisaram-se quais os intervalos de tempo seriam compatíveis com tais limites chegando-se, então, a intervalos de 5 minutos que totalizaram 144 arquivos de dados por dia. Desta forma, os dados eram descarregados a cada três dias de medição. Infelizmente, as características desta pesquisa não permitiram utilizar um *laptop* para transferência simultânea dos dados do medidor para o computador durante a coleta de dados.

6.4 Grandezas coletadas e equipamentos utilizados

Neste item são especificadas as grandezas coletadas e os equipamentos de medição utilizados. Como auxílio às medições, elaborou-se uma planilha para facilitar a coleta e o arquivamento de todos os dados relacionados a cada ponto (Anexo A). Equipamentos de proteção individual e de integridade física dos aparelhos foram, também, utilizados durante todo o processo de coleta de dados.

6.4.1 Grandezas acústicas

Nesta pesquisa, optou-se por medir, além do nível de pressão sonora equivalente contínuo, ponderado em A, os níveis de pressão sonora máximo e mínimo, os níveis estatísticos L_1, L_5, L_{10}, L_{50}, L_{90}, L_{95}, L_{99}, o nível de exposição sonora e o nível sonoro de pico, em cada ponto.

Para a coleta destes dados, utilizou-se o medidor de nível sonoro integrador *Mediator 2238*, com o software *Enhanced SLM BZ 7125*, versão 1.0, e microfone de campo livre de ½" Tipo 4188, ambos da *Brüel & Kjær* (Figura 6-4). Ao microfone foi acoplado um protetor de vento, do mesmo fabricante, para minimizar as possíveis interferências causadas pelo vento com velocidade superior a 2,0 m/s (GERGES, 2000).

Figura 6-4. Medidor de nível de pressão sonora

O medidor de nível de pressão sonora utilizado é classificado como do tipo 1, de precisão, atendendo aos padrões das normas ANSI S1.43 – 1983, IEC 651 – 1979, IEC 804 – 1985, entre outras. Na coleta de dados, ele foi acoplado a um tripé a uma altura de 1,20m do solo, tendo sido calibrado no início e no final de cada período de medição. O calibrador de nível sonoro utilizado foi do Tipo 4231, fabricado pela *Brüel &*

Kjær. Ele é específico para os equipamentos utilizados e obedece às normas ANSI S1.40 – 1984 e IEC 942 – 1988.

Como a finalidade das medições sonoras era a de adquirir dados para o mapeamento acústico da UNICAMP, configurou-se o medidor de nível de pressão sonora com as especificações apropriadas para medições externas de ruído ambiental. Utilizou-se, para isto, o circuito de compensação em A, com ponderação no tempo de resposta lenta S (*slow*). A faixa dinâmica de medição foi definida para o intervalo de 30,0dB a 110,0dB. Utilizou-se o software *Noise Explorer Tipo 7815*, versão 3.31, também produzido pela *Brüel & Kjær*, para descarregar os dados do medidor de nível de pressão sonora para um computador.

6.4.2 Grandezas meteorológicas

Sabendo-se que os níveis sonoros medidos podem ser afetados pelas condições meteorológicas, coletou-se as velocidades máxima e mínima do vento, além da temperatura e da umidade relativa do ar. Estes dados meteorológicos foram adquiridos em parte nos pontos de medição e em parte através do Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura (CEPAGRI).

As velocidades máxima e mínima do vento foram coletadas através de um termo-anemômetro digital, modelo AM-4204 da *Lutron*. Com este aparelho foi possível coletar estes dados no período de tempo desejado, a cada 5 minutos.

Já a temperatura e a umidade relativa do ar foram obtidas através do CEPAGRI para intervalos de tempo de 10 minutos. O CEPAGRI foi criado em outubro de 1983 e está localizado na UNICAMP. Possui uma estação de coleta de dados meteorológicos na própria universidade, fazendo com que seus valores sejam uma referência apropriada para nossa pesquisa.

6.4.3 Grandezas de tráfego

Na UNICAMP, assim como nos demais ambientes urbanos, o tráfego de veículos é a principal fonte de ruído. Por este motivo, optou-se por fazer um levantamento específico das características do tráfego nos pontos de coleta de dados. Mediu-se, assim, o fluxo e a composição do tráfego veicular (porcentagem de veículos leves e pesados). Para isto, utilizou-se um contador de veículos da marca *Veeder Root* (Figura 6-5).

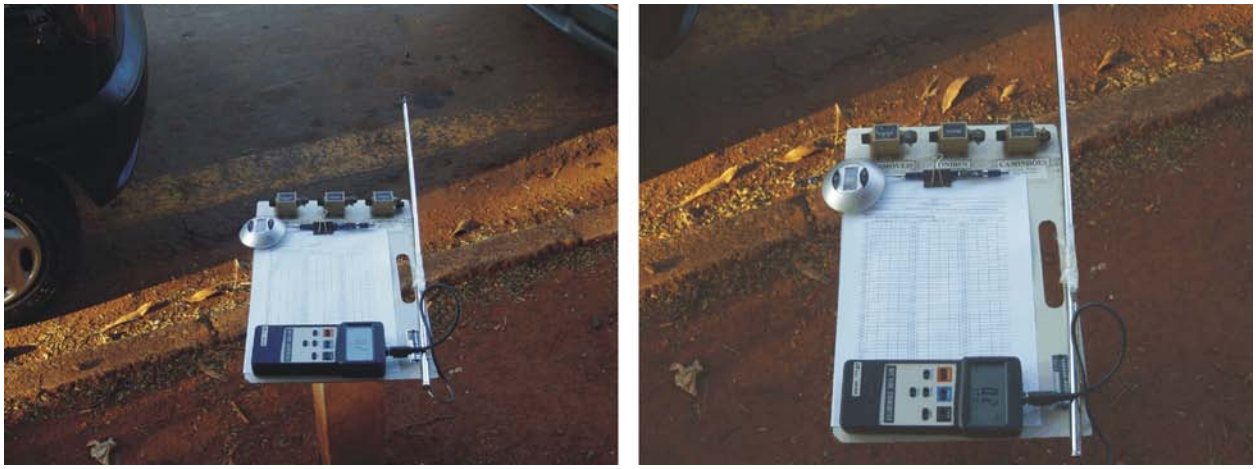

Figura 6-5. Montagem com os equipamentos de medição da velocidade do vento e do fluxo e composição do tráfego veicular

6.4.4 Grandezas geométricas

Para se caracterizar o entorno dos pontos de medição, fez-se o levantamento da distribuição espacial do ambiente construído (edificações e sistema viário) de cada um deles.

Em cada ponto foram observados o tipo de pavimento da via e seu estado de conservação, o número de pistas de rolamento, assim como a altura média das edificações e a distância entre as edificações opostas. Mediu-se a largura da via, do passeio de medição, do passeio oposto e do canteiro central, quando este estava

presente. A distância do medidor de nível de pressão sonora até o obstáculo e o cruzamento mais próximos, também foram coletados.

Observou-se, ainda, quais os elementos que de alguma forma poderiam interferir na propagação sonora e, conseqüentemente, no ambiente acústico em estudo tais como a presença de lombadas, interseções ou outras características físicas.

Na coleta das variáveis geométricas utilizou-se uma trena *Western* de 20 metros de comprimento, além de um aparelho de GPS (Posicionamento Global por Satélite). Para auxiliar no registro das características físicas dos pontos de medição, foram tiradas fotos digitais e adquiriu-se uma foto aérea do terreno da UNICAMP, tirada em 30/06/2001, com a Secretaria de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente da Prefeitura de Campinas (SEPLAMA).

6.5 Procedimento de medição

Em cada um dos 28 pontos onde os dados foram coletados, fez-se uma medição diária de 12 horas consecutivas, das 7:00 às 19:00 horas. Para facilitar o registro dos dados e a repetição dos procedimentos em todos os pontos, utilizou-se uma planilha que indicava quais as informações que deveriam ser coletadas (Anexo A).

Em todos os pontos o medidor de nível de pressão sonora foi colocado sobre um tripé a uma altura de 1,20m do solo e, quando possível, a no mínimo 3,50m de qualquer estrutura reflexiva. Manteve-se, também como padrão, a distância de 0,50m entre o medidor de nível sonoro e as ruas e avenidas.

Antes do início da medição sonora, colocavam-se pilhas novas no medidor de nível sonoro e, em seguida, o equipamento era calibrado. Além disto, cones de sinalização eram colocados em torno do medidor para protegê-lo dos pedestres e, nos locais onde era permitido estacionar, isolava-se o espaço em frente ao aparelho de modo a impedir que veículos parassem ali.

No horário do início da medição ligava-se o medidor de nível de pressão sonora simultaneamente a um cronômetro, que auxiliava a marcação dos intervalos de tempo para a coleta das demais informações. O medidor sonoro foi configurado para salvar, automaticamente, os dados acústicos a cada 5 minutos.

As demais informações foram coletadas, então, simultaneamente à medição dos níveis sonoros. Tanto as características do tráfego como as velocidades máxima e mínima do vento foram coletadas a cada 5 minutos e anotadas na planilha de medição.

No contador de veículos foram registrados todos os veículos que passaram em frente aos pontos durante as medições. Os veículos foram separados em duas categorias: leves e pesados, de acordo com o número de passageiros e com a capacidade de carga. Foram considerados como veículos leves as motocicletas e automóveis com capacidade máxima para 5 pessoas. Já as *vans*, caminhonetes, ônibus e caminhões foram considerados como veículos pesados.

Esta classificação entre veículos leves e pesados foi definida desta forma devido as condições existentes nesta pesquisa para a coleta de dados. Este procedimento simplificou o processo de coleta de dados uma vez que não havia uma equipe para revezamento durante as medições. Sabe-se, no entanto, que seria melhor separar as motocicletas em uma categoria específica, uma vez que o ruído gerado por elas é muito diferente do gerado pelos carros, caminhões e demais veículos.

As características geométricas foram coletadas durante o período das medições. Utilizou-se um GPS para adquirir as coordenadas geodésicas dos pontos e uma trena para obter as demais informações espaciais, tais como a largura das vias e dos passeios de medição. A altura média das edificações em torno dos pontos foi estimada e dados como o tipo de pavimento e seu estado de conservação, a presença de lombada, interseções, ou outros elementos foram anotados. Além disto, fotos digitais foram tiradas para registrar tais características.

Durante o período de medição, qualquer informação ou acontecimento importante para a análise dos dados coletados e para o mapeamento sonoro da UNICAMP foi registrado, também, na planilha de medição. Características especiais ou mudanças repentinas nas fontes sonoras e no ruído ambiental foram anotadas, juntamente com o horário em que ocorreram. Observou-se, de forma especial, a presença de fontes de ruído específicas de cada ponto de medição (torre de resfriamento de ar condicionado, geradores, estacionamentos, entre outros). Às 19:00 horas, quando a coleta de dados era finalizada, calibrava-se, novamente, o medidor de nível sonoro.

Ao final de cada semana de medição, descarregavam-se os dados acústicos no computador do Laboratório de Física e Conforto Ambiental da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP. Cada semana de medição gerou 432 arquivos, cada arquivo contendo todos os dados acústicos relacionados a um intervalo de medição. No entanto, os dados gerados pelo software *Noise Explorer*, utilizado na transferência dos arquivos do medidor sonoro para o computador, não eram em formato manipulável, tendo sido necessário, então, transformá-los para formatos de texto (*.xls* ou *.txt*). Cada um dos 432 arquivos tinha, então, que ser aberto e, em seguida, salvo em um novo formato. Depois desta etapa seria necessário, ainda, abrir cada um dos arquivos gerados para poder extrair deles as informações dos níveis sonoros e, então, elaborar tabelas e gráficos. Verificou-se, no período de planejamento da coleta de dados, que esta transformação poderia gerar erros na transferência dos dados entre arquivos. Foi elaborado, então, pelo Dr. Ronaldo Alves Pinto Nagem, um programa de computador, no sistema operacional *Linux*, que retirava as informações dos arquivos de saída em formato *.txt* e as colocava em tabelas com os dados já organizados. Este procedimento fez com que o número de dados gerados fosse viável de ser trabalhado. As tabelas prontas, criadas pelo programa computacional, foram importadas pelo *Microsoft Excel* e manipuladas gerando os resultados expostos no Capítulo 7.

7 Resultados

A seguir são expostos os resultados da coleta de dados efetuada no campus da UNICAMP. Primeiramente, é mostrada uma visão geral da situação acústica de todos os pontos através de um gráfico com os níveis de pressão sonora equivalente contínuo horários, ao longo do período de coleta de dados (Figura 7-1). Em seguida, é mostrada a variação diária do número de veículos leves e a variação diária do número de veículos pesados, indicando as diferentes características do tráfego veicular para os 28 pontos de medição (Figuras 7-2 e 7-3).

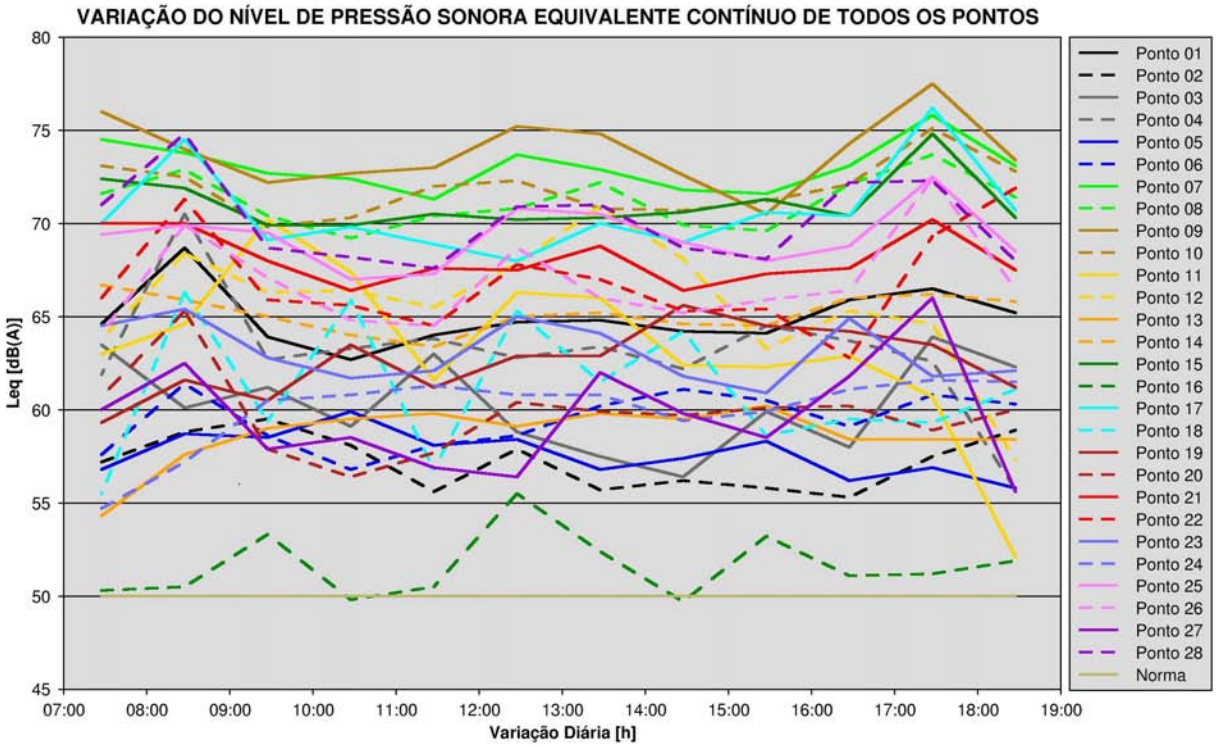

Figura 7-1. Nível de pressão sonora equivalente contínuo horário dos 28 pontos de medição

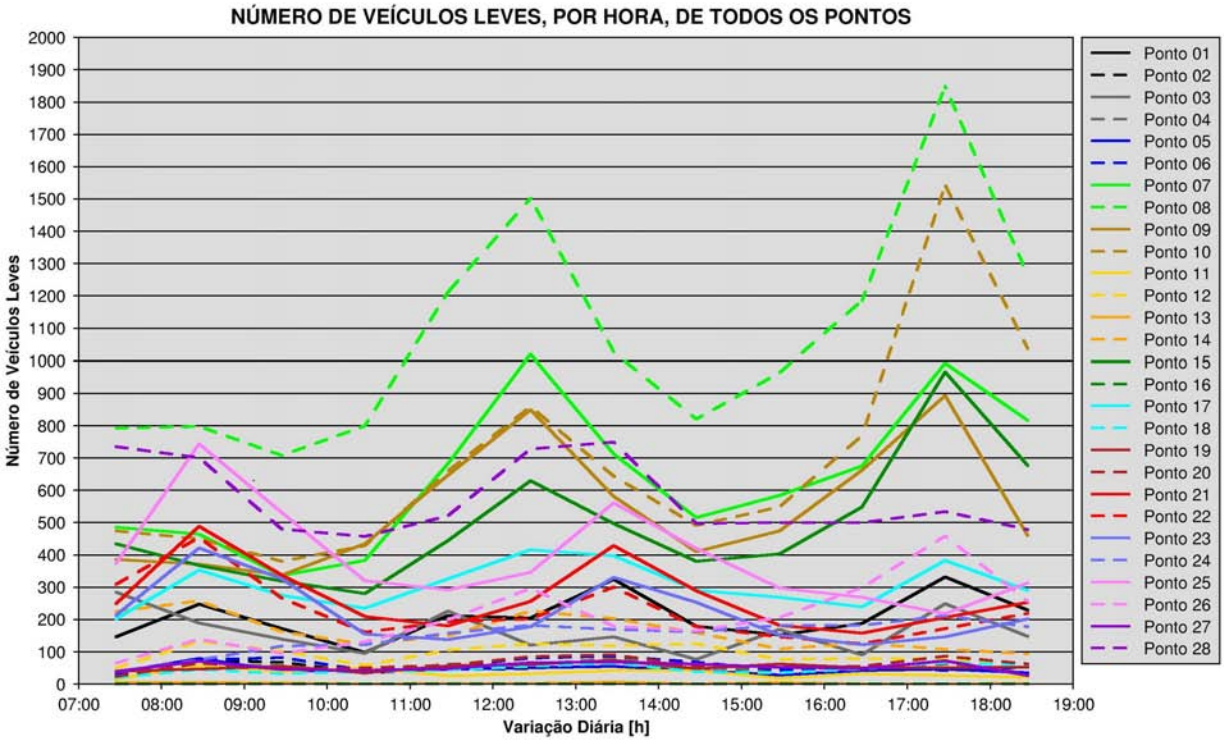

Figura 7-2. Número de veículos leves, por faixa horária, de todos os pontos de medição

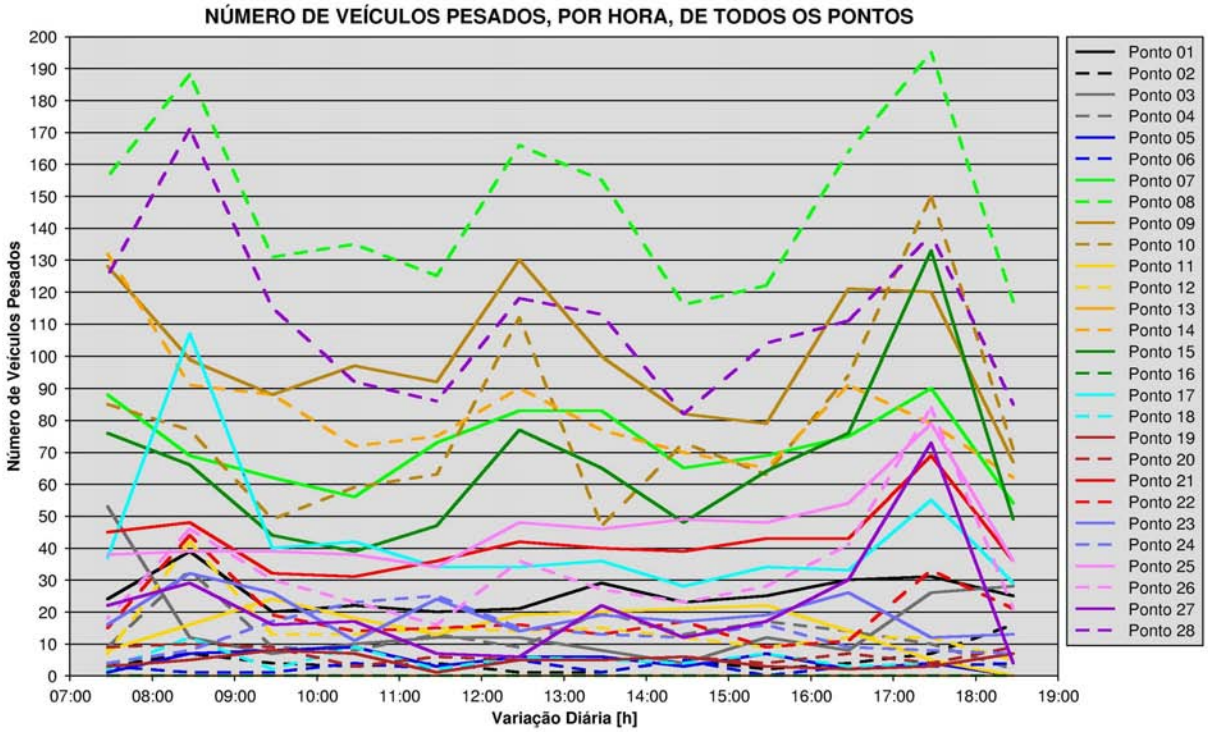

Figura 7-3. Número de veículos pesados, por faixa horária, de todos os pontos de medição

São mostradas, ainda, fotos onde podem ser vistas as características físicas dos locais de medição, seguidas de gráficos expondo os resultados obtidos a partir da coleta dos dados acústicos e de tráfego (Figuras 7-6 à 7-61). No caso dos descritores sonoros, optou-se por mostrar, para todos os pontos, apenas o L_{ASmax}, L_{ASmin}, L_{AS10}, L_{AS50}, L_{AS90} e o L_{Aeq}. Foi feita esta opção, pois como pode ser visto nas Figuras 7-4 e 7-5, a primeira representando um dos pontos mais silenciosos e a segunda um dos pontos mais ruidosos, existe uma grande proximidade de valores entre o L_{AS1} e o L_{ASmax}, entre o L_{AS5} e o L_{AS10}, entre o L_{AS95} e o L_{AS90} e entre o L_{AS99} com o L_{ASmin}. No final do capítulo são expostos, ainda, mapas acústicos do campus da UNICAMP (Figura 7-62 à 7-64), mostrando a distribuição espacial dos níveis de pressão sonora.

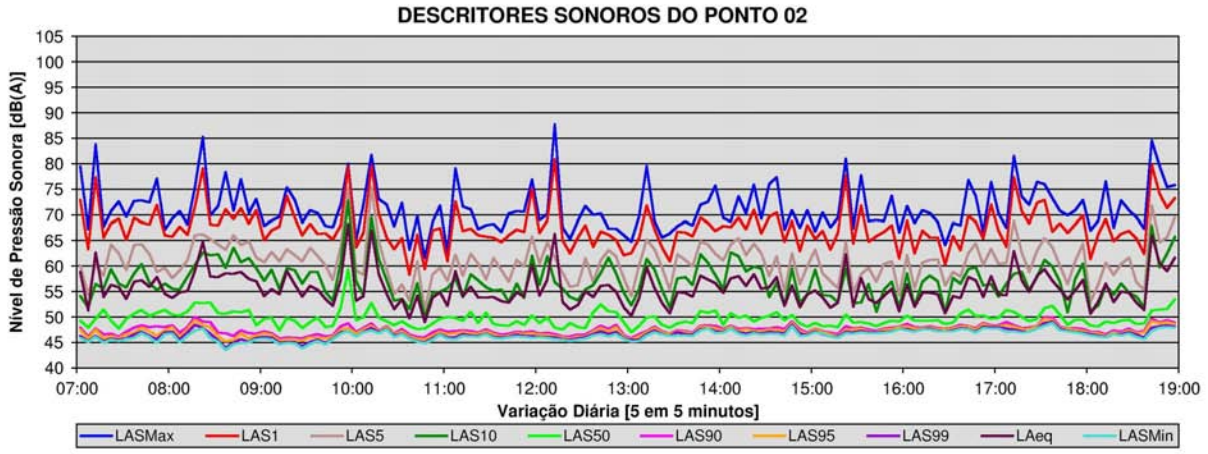

Figura 7-4. Dados gerais coletados no Ponto 02

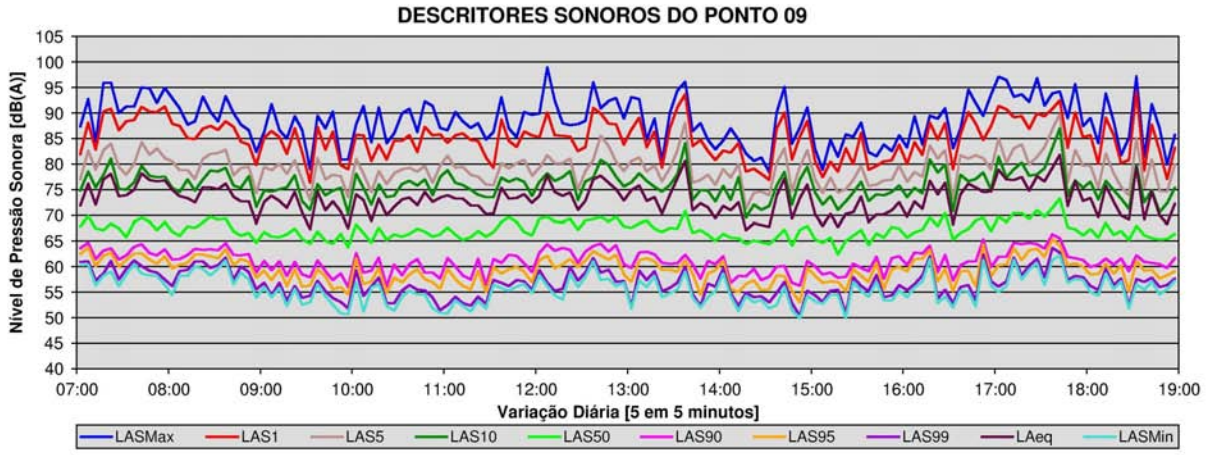

Figura 7-5. Dados gerais coletados no Ponto 09

Figura 7-6. Ponto 01: Avenida Albert Einstein, entre as ruas Cláudio Abramo e Pitágoras

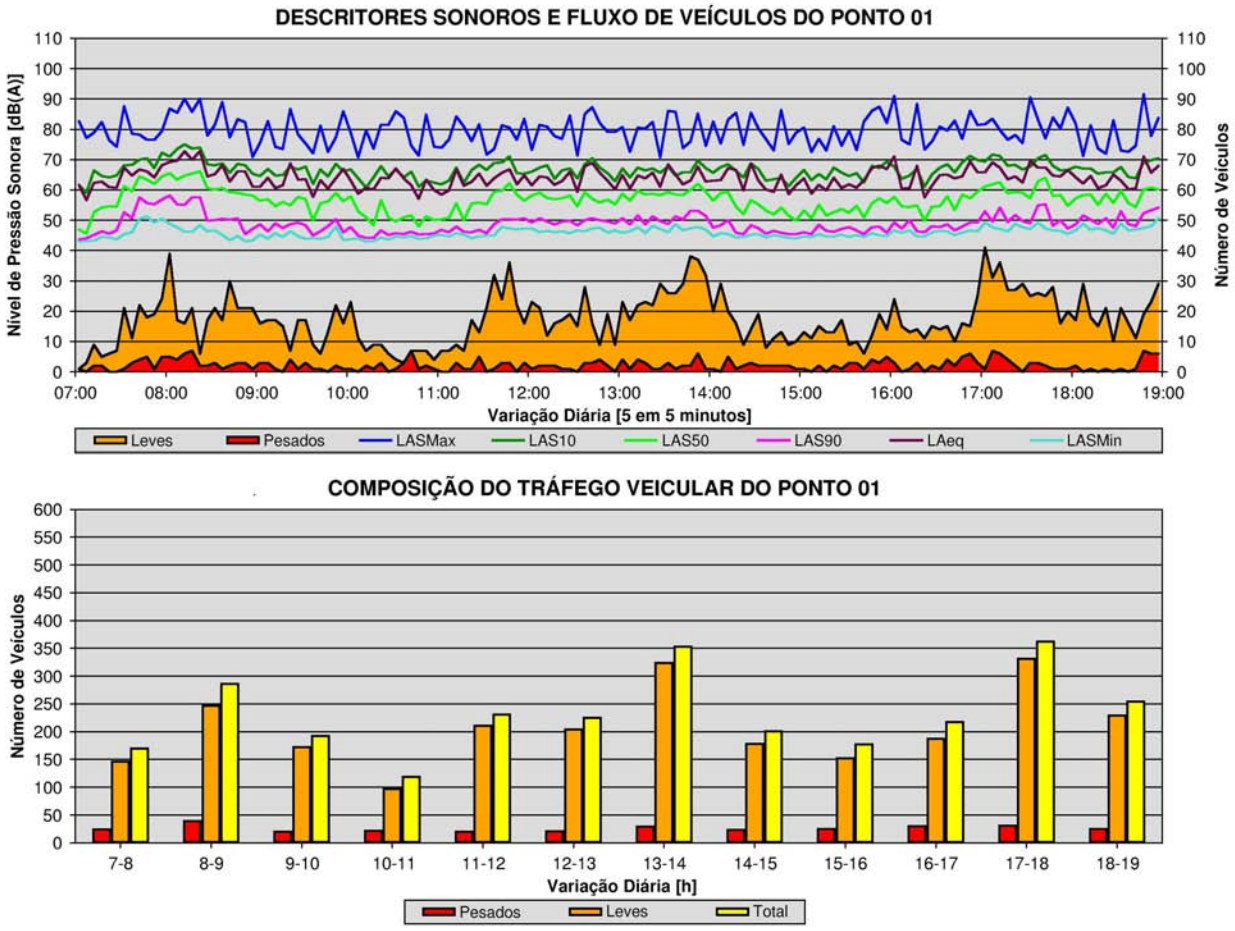

Figura 7-7. Dados coletados no Ponto 01

Figura 7-8. Ponto 02: Rua Mendeleev, entre as avenidas Bertrand Russel e Albert Einstein – Faculdade de Engenharia Mecânica / FEM

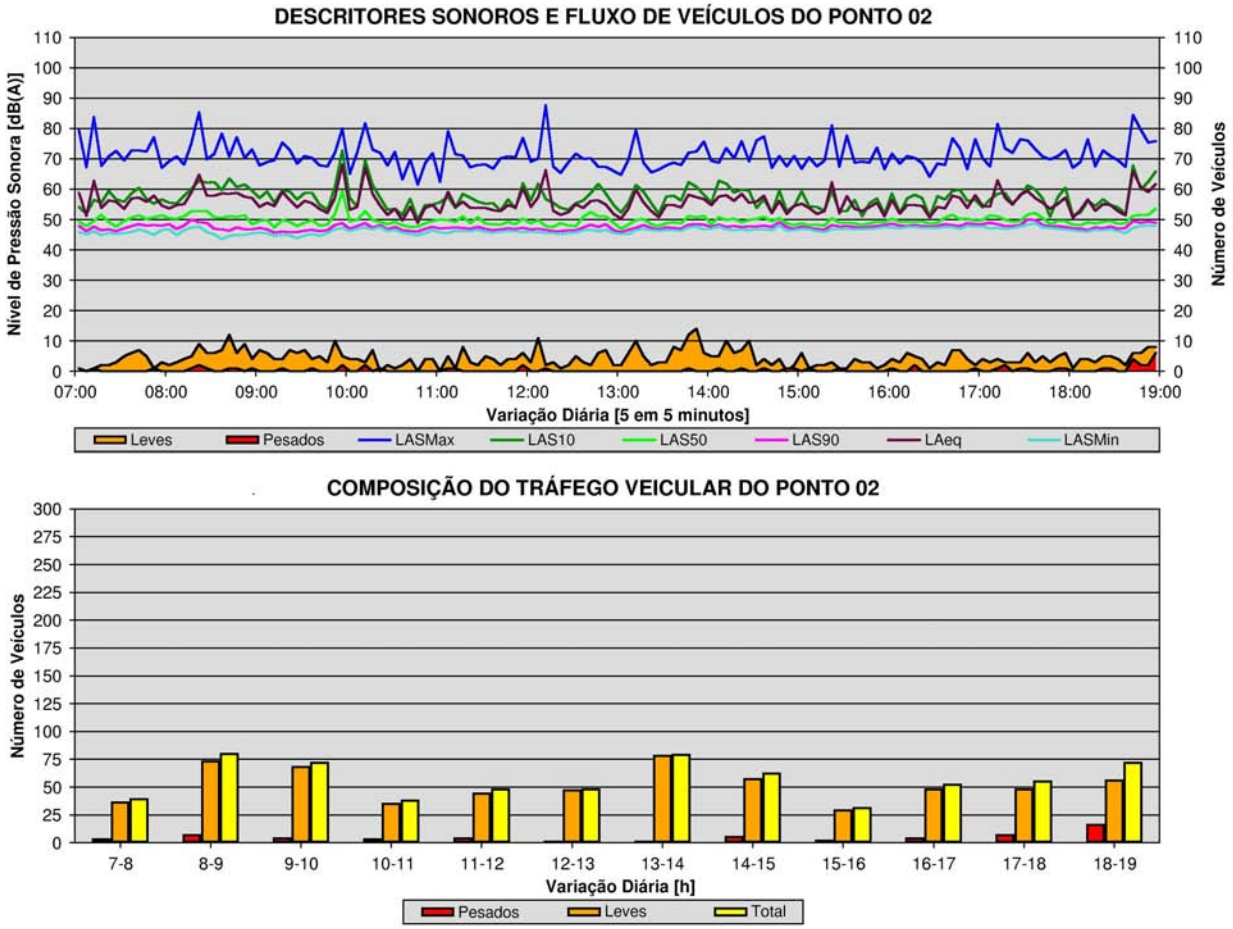

Figura 7-9. Dados coletados no Ponto 02

Figura 7-10. Ponto 03: FACAMP

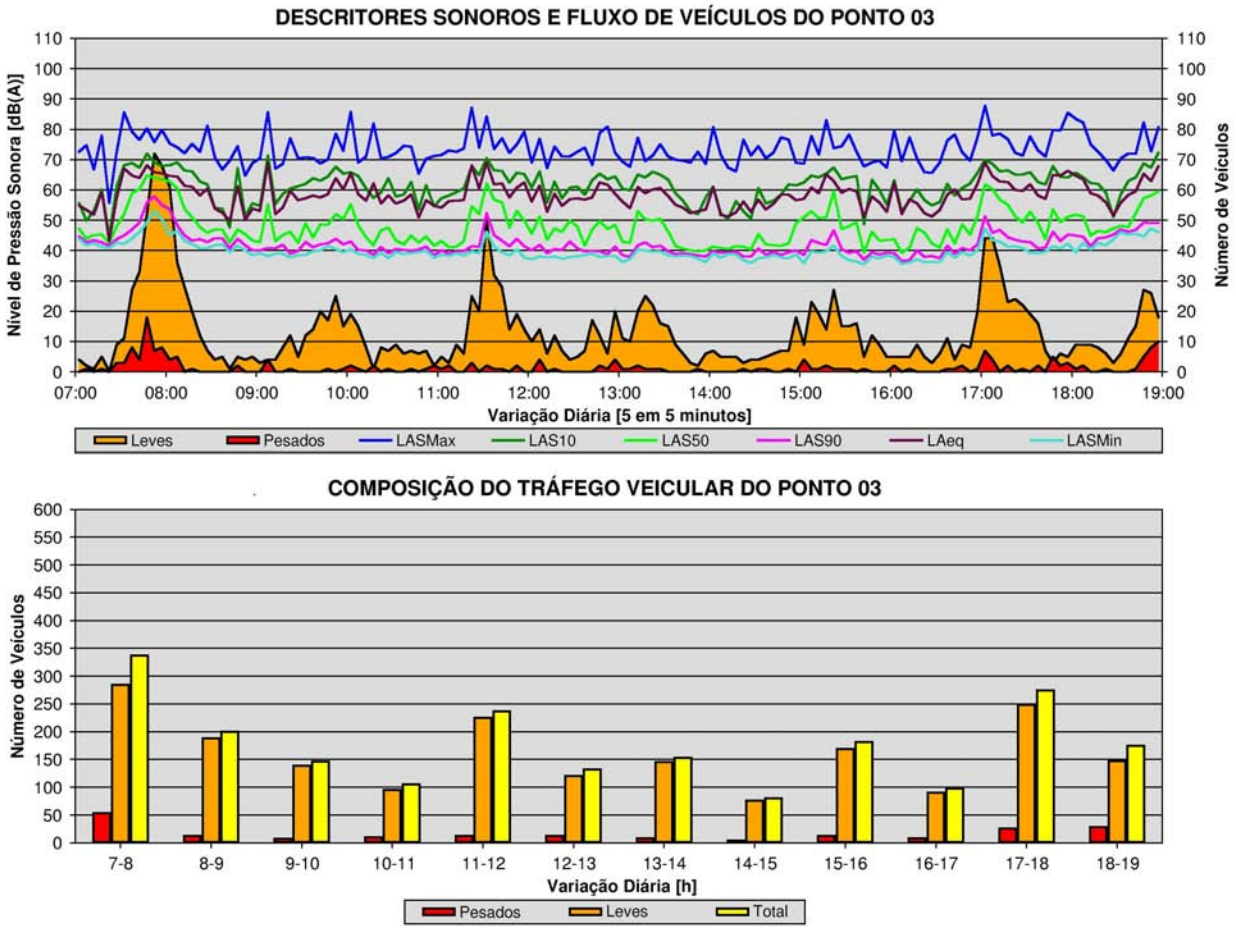

Figura 7-11. Dados coletados no Ponto 03

Figura 7-12. Ponto 04: Avenida Cândido Rondon – Faculdade de Engenharia Agrícola / FEAGRI

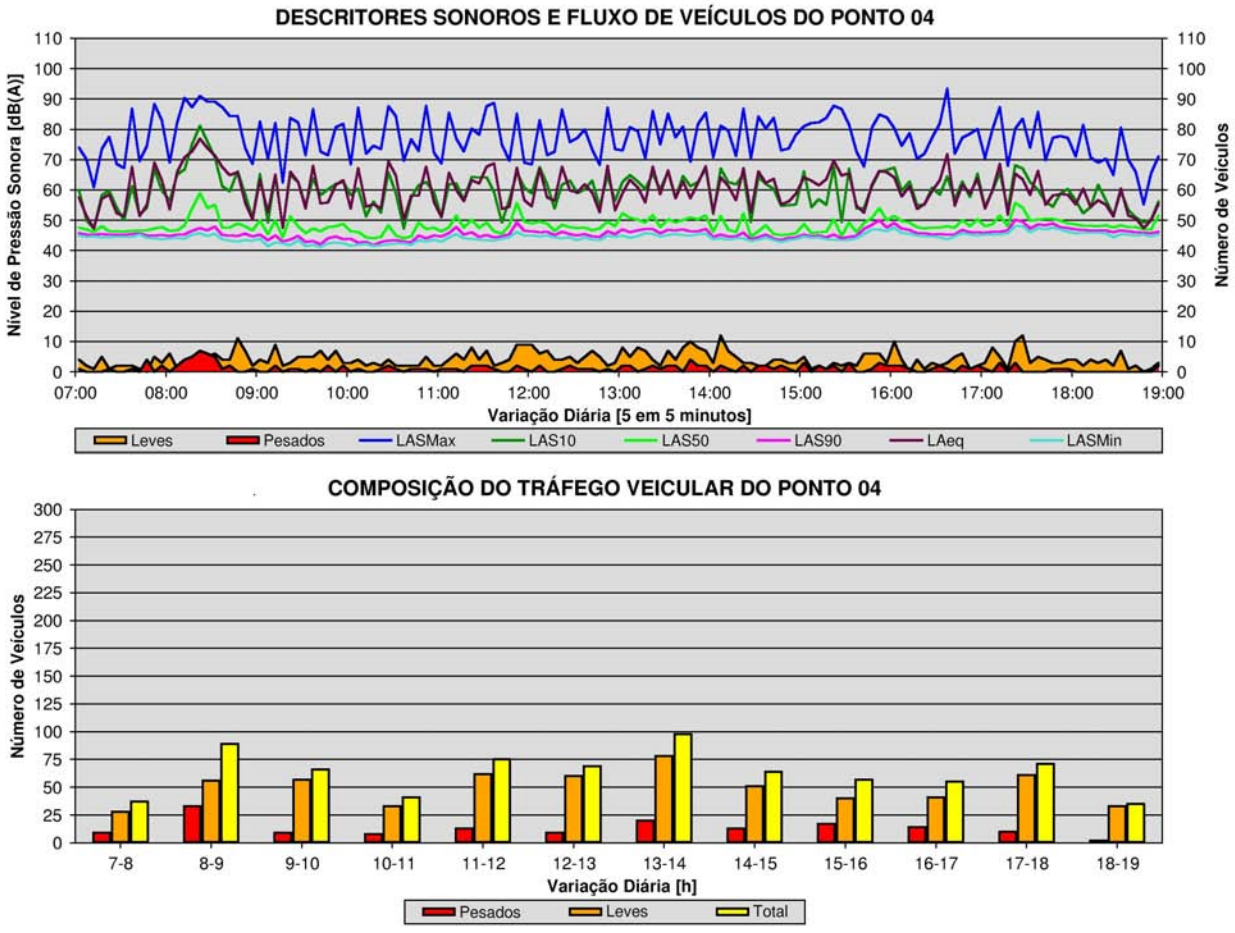

Figura 7-13. Dados coletados no Ponto 04

Figura 7-14. Ponto 05: Rua dos Flamboyants, entre a rua 6 de Agosto e a avenida Oswaldo Cruz – Ciclo Básico da Engenharia Básica / NEPAM

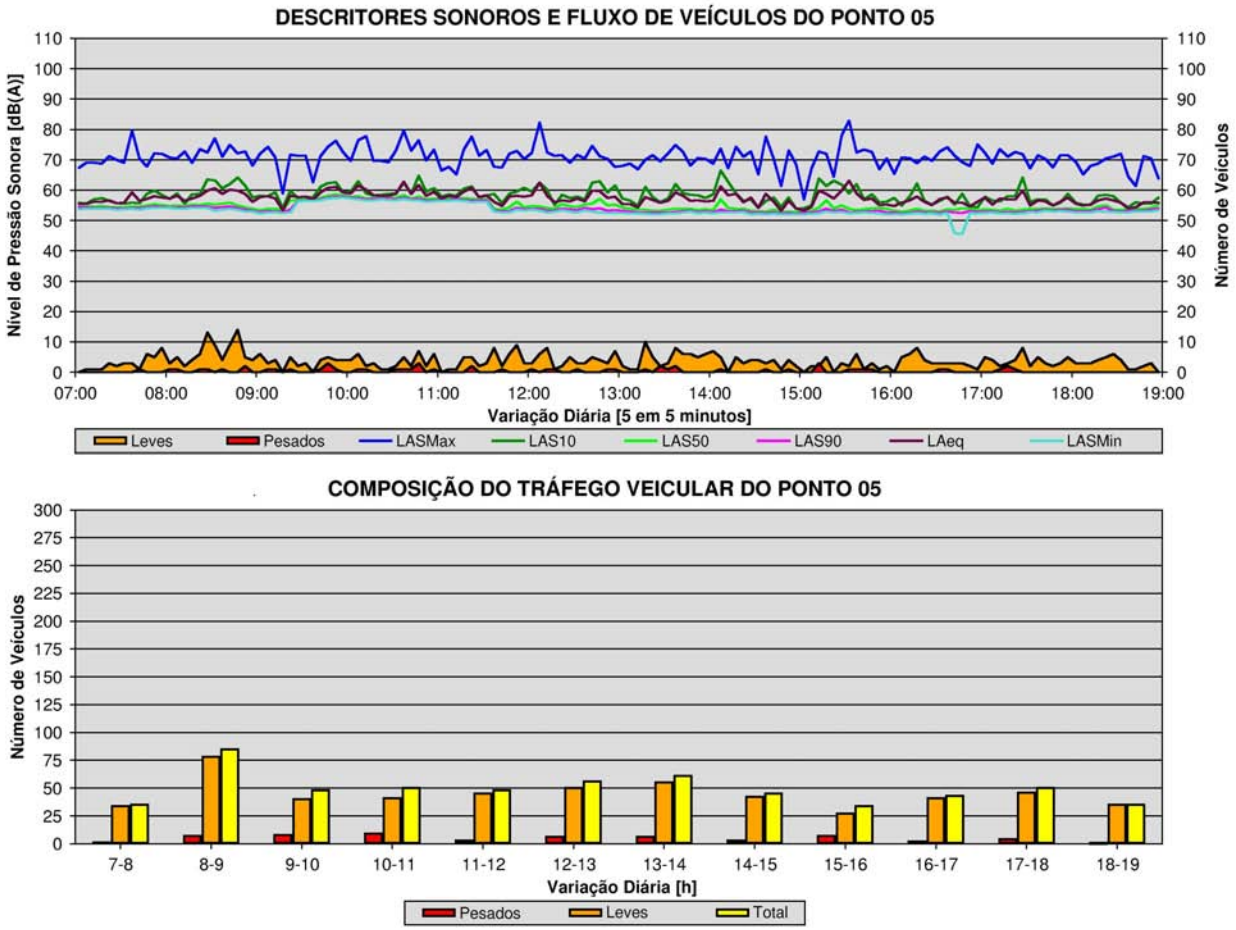

Figura 7-15. Dados coletados no Ponto 05

Figura 7-16. Ponto 06: Rua Carlos Gomes, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Estudos de Linguagem / IEL

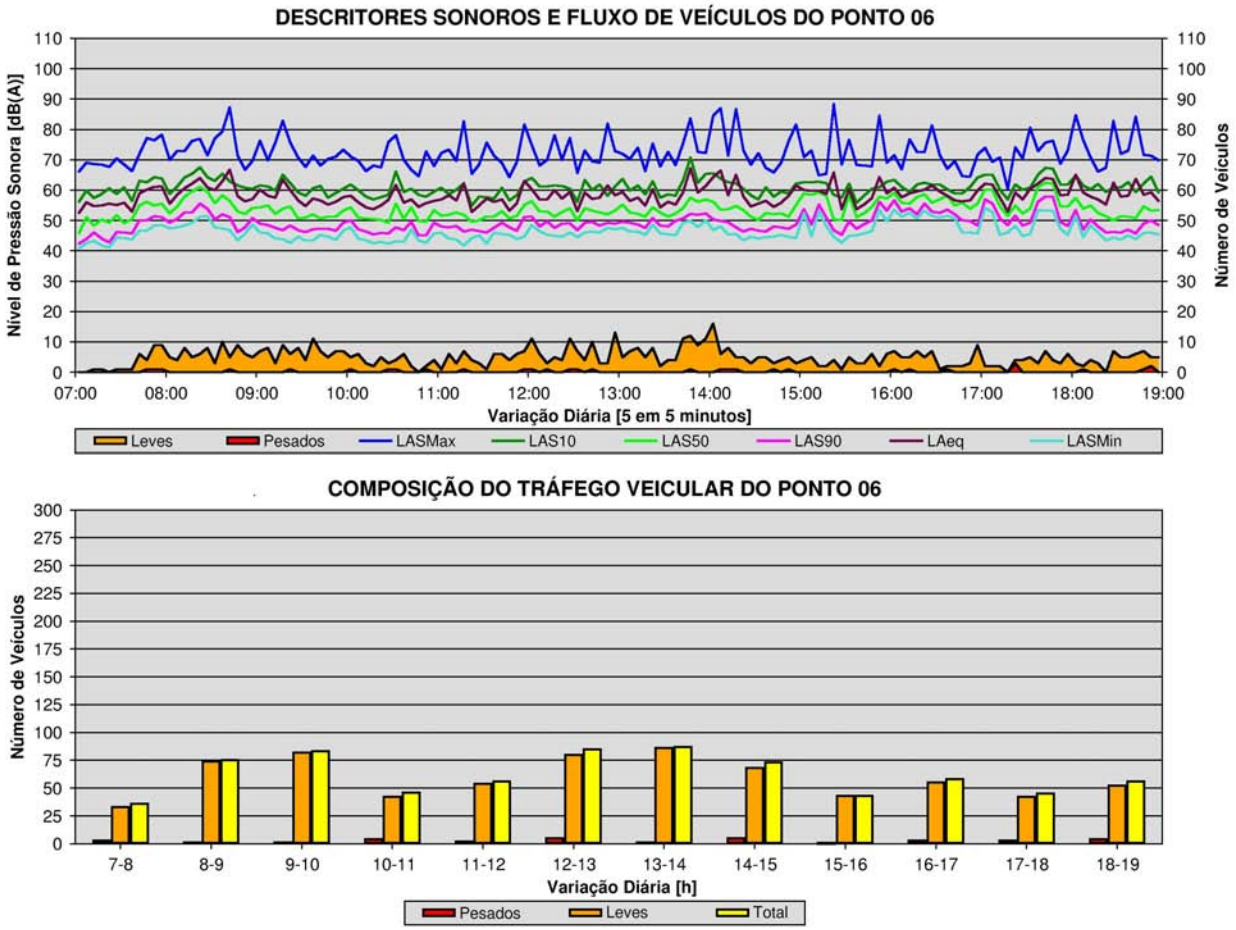

Figura 7-17. Dados coletados no Ponto 06

Figura 7-18. Ponto 07: Praça Henfil – Portaria 1

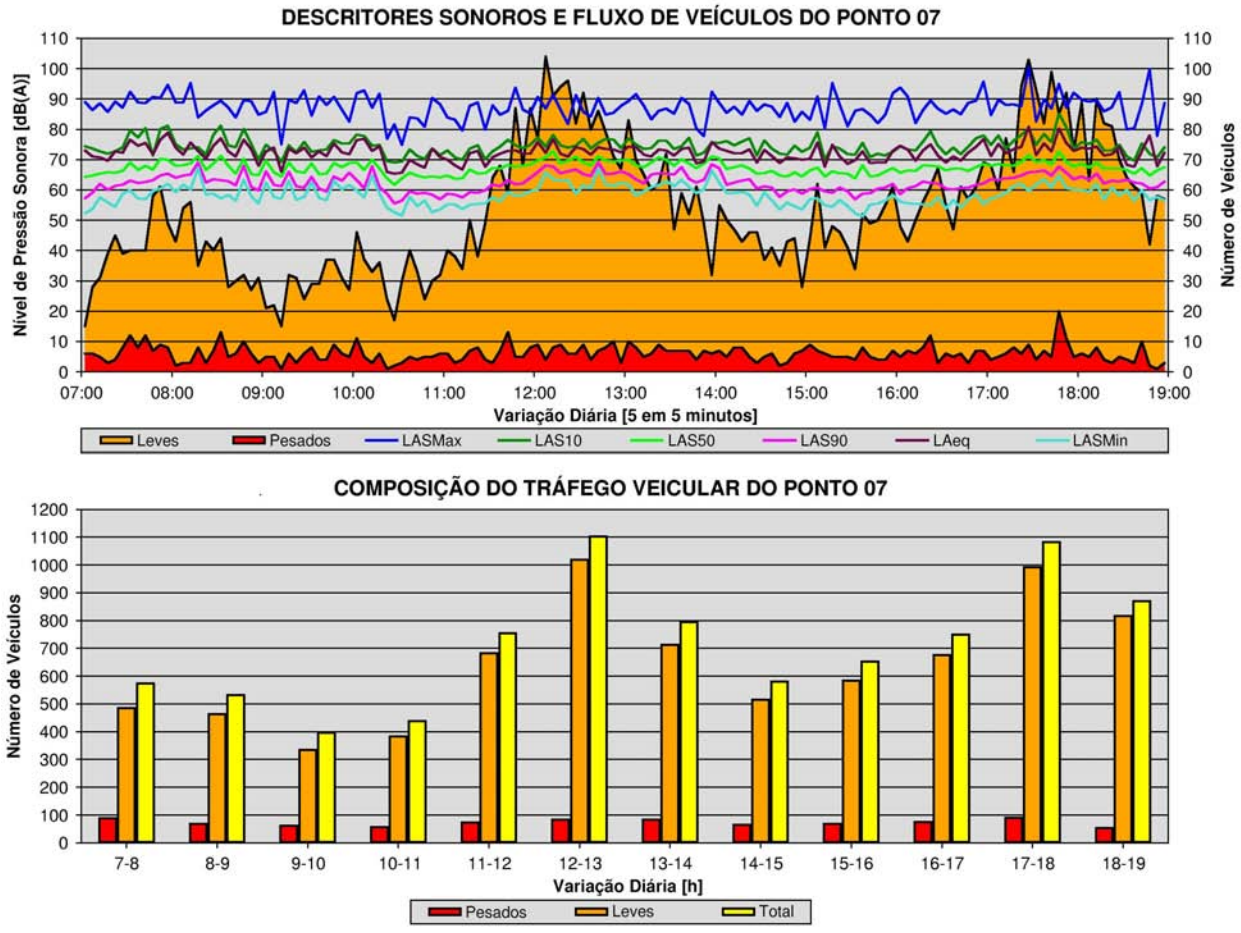

Figura 7-19. Dados coletados no Ponto 07

Figura 7-20. Ponto 08: Praça Carlos Drummond de Andrade – Portaria 2

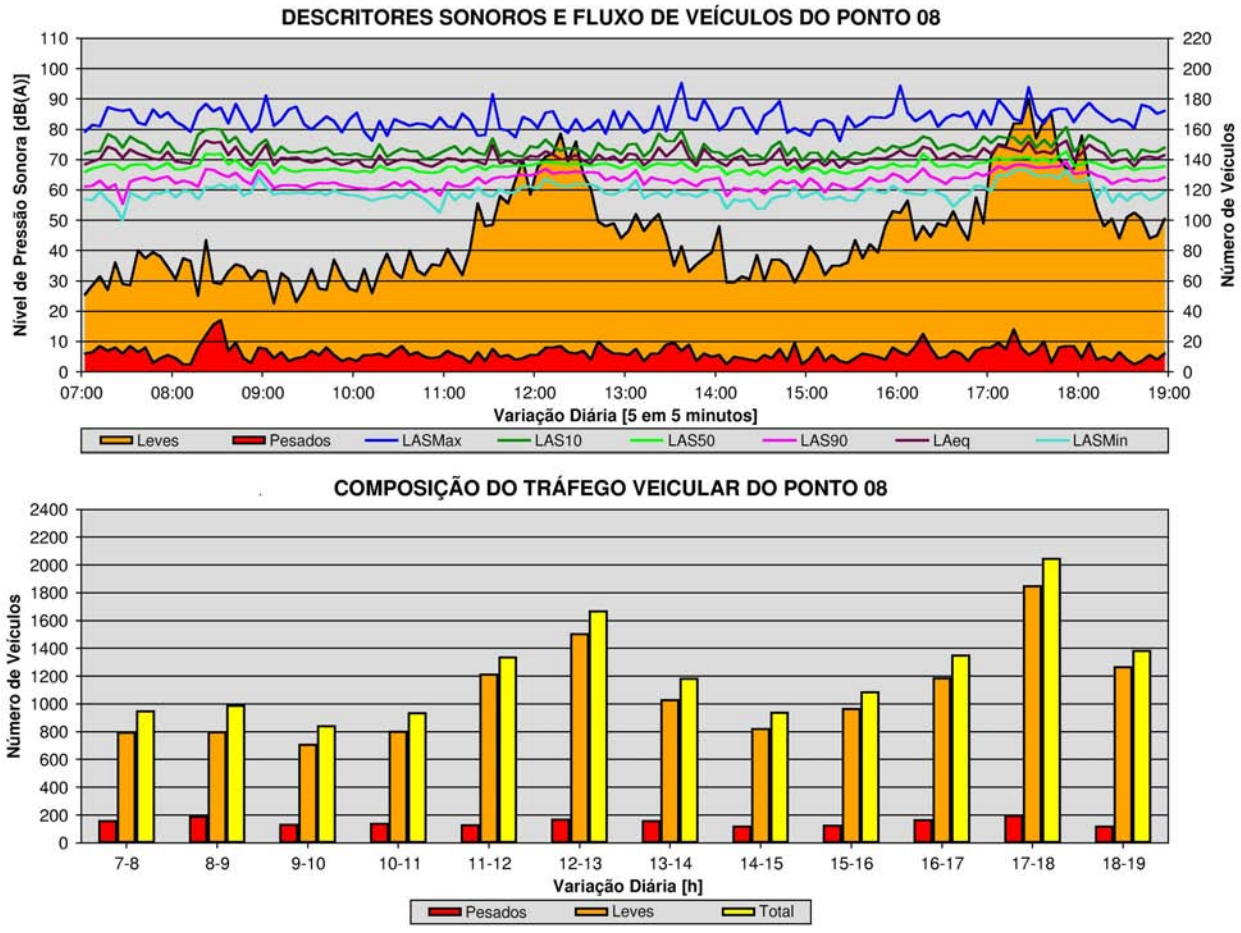

Figura 7-21. Dados coletados no Ponto 08

Figura 7-22. Ponto 09: Avenida Roxo Moreira – Portaria 3

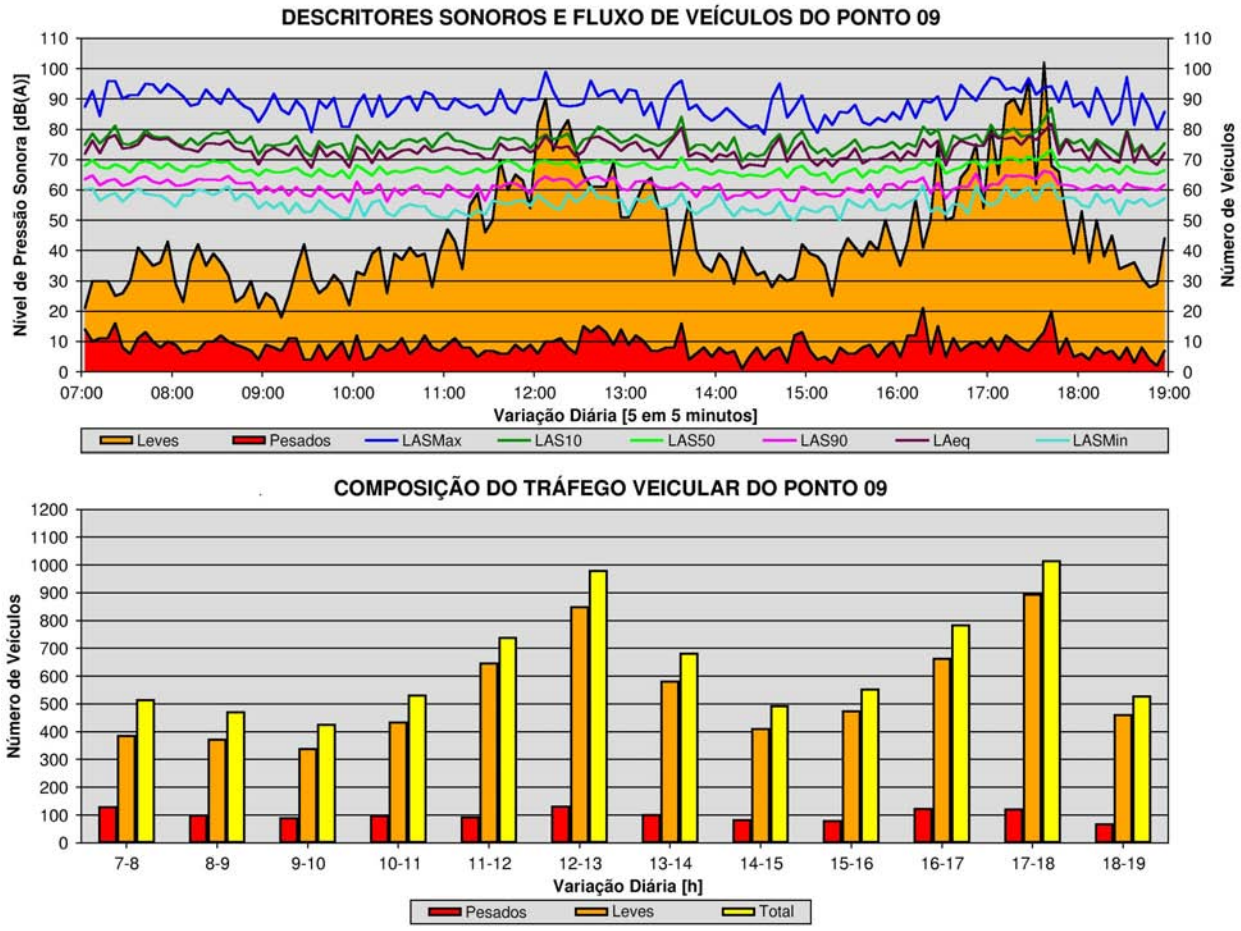

Figura 7-23. Dados coletados no Ponto 09

Figura 7-24. Ponto 10: Saída para PUC – Portaria 4

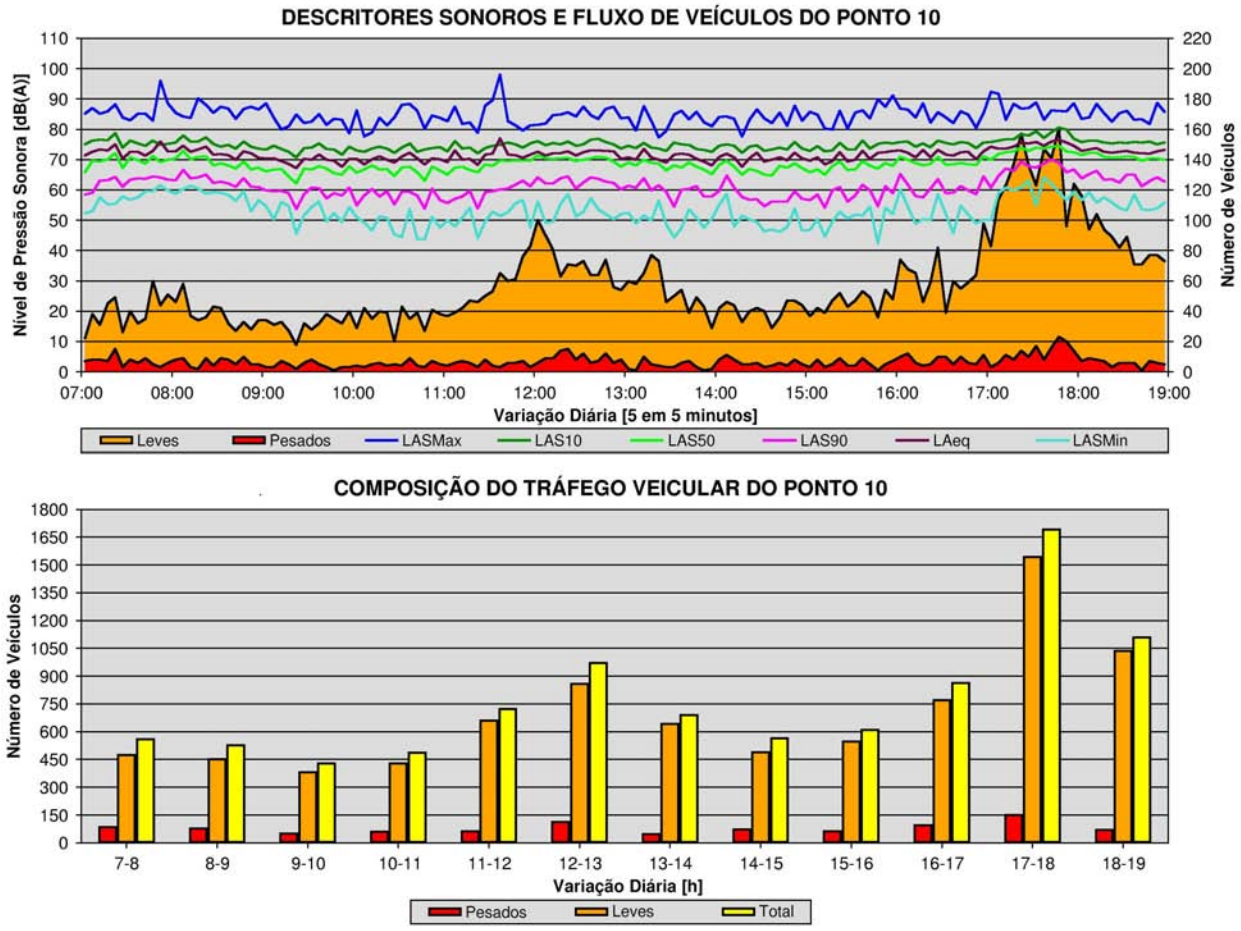

Figura 7-25. Dados coletados no Ponto 10

Figura 7-26. Ponto 11: Rua 5 de Junho – Parque Ecológico (Meio Ambiente)

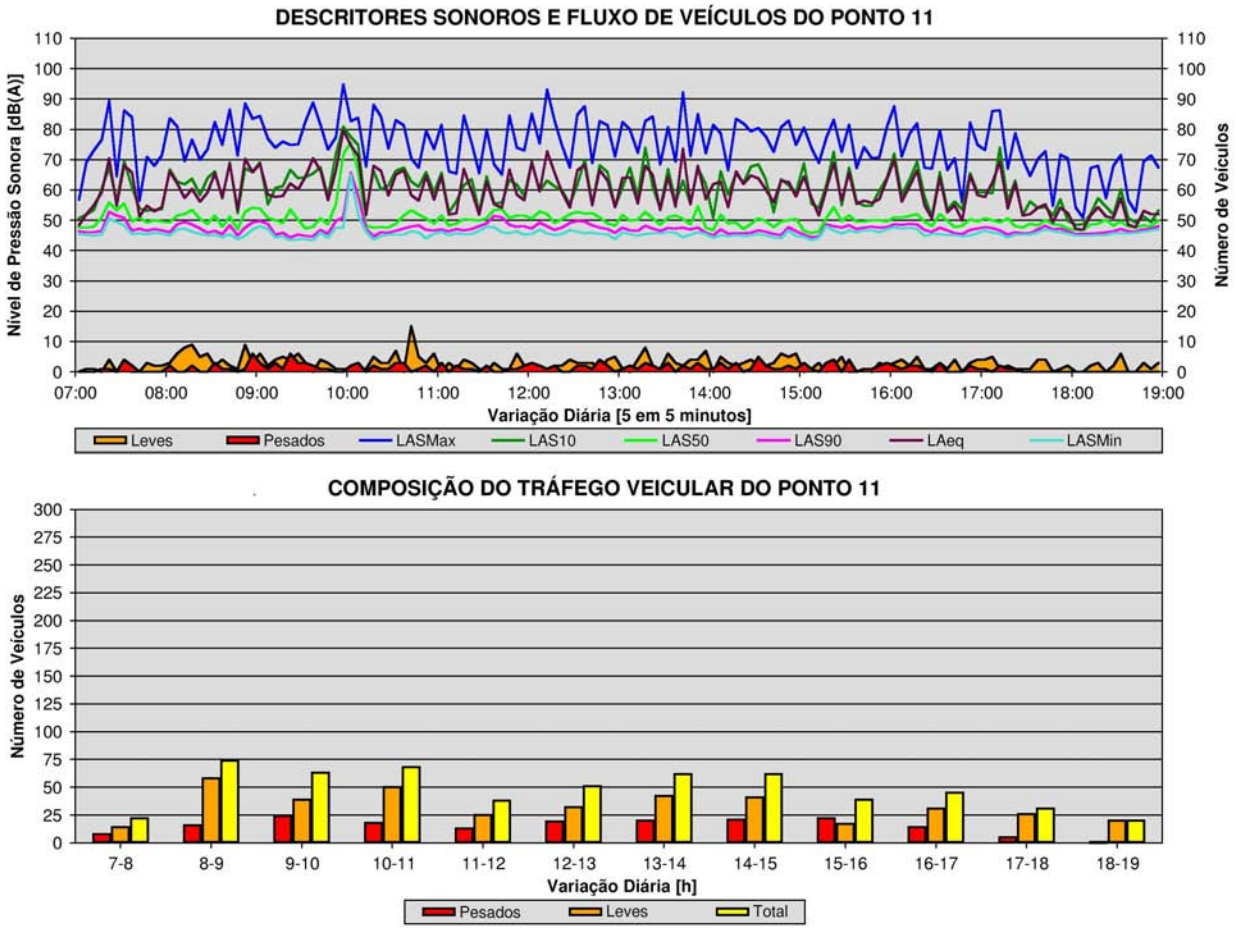

Figura 7-27. Dados coletados no Ponto 11

Figura 7-28. Ponto 12: Avenida Dr. André M. Tosello, entre as avenidas Albert Einstein e Cândido Rondon - EMBRAPA

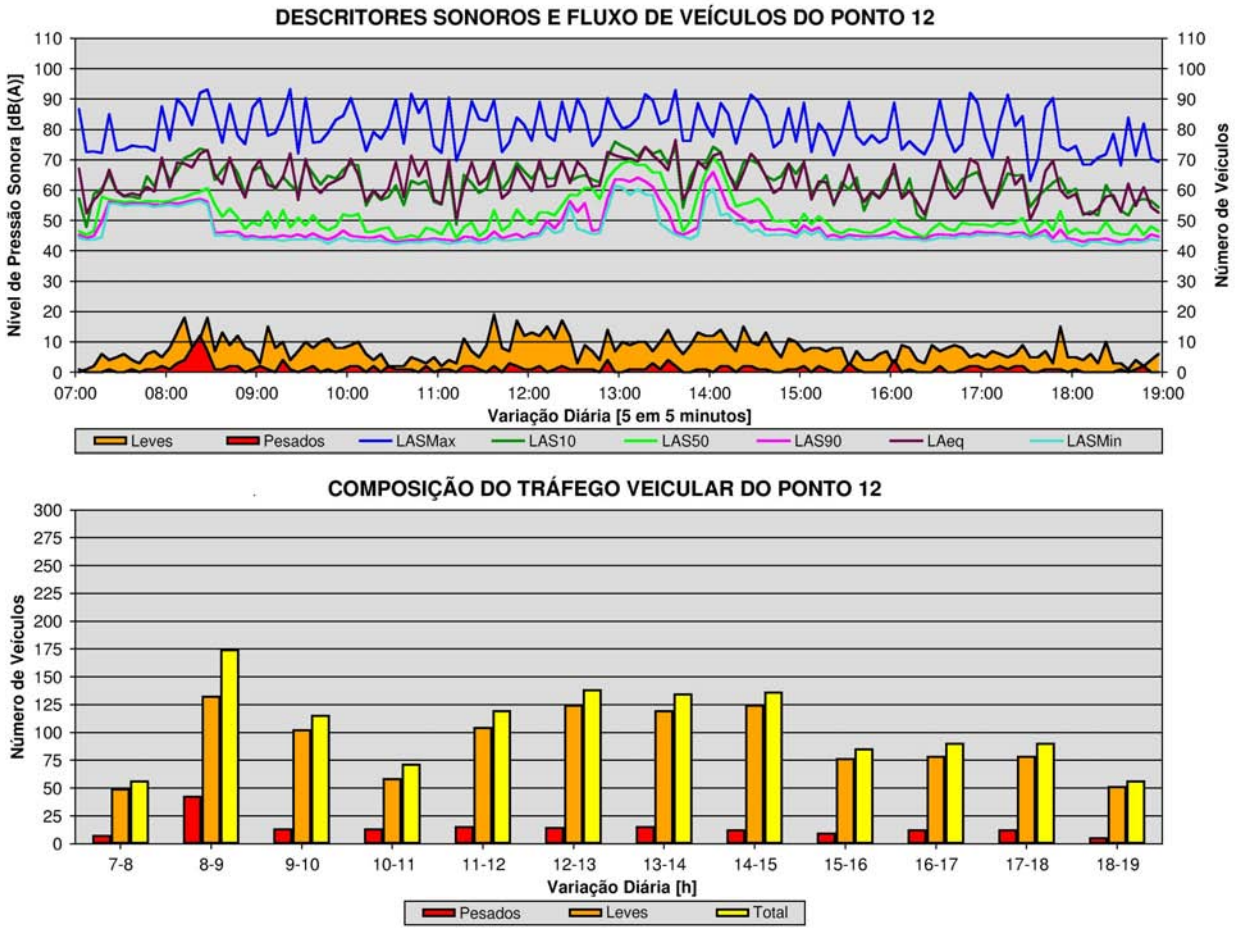

Figura 7-29. Dados coletados no Ponto 12

Figura 7-30. Ponto 13: Rua Josué de Castro, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Química / IQ

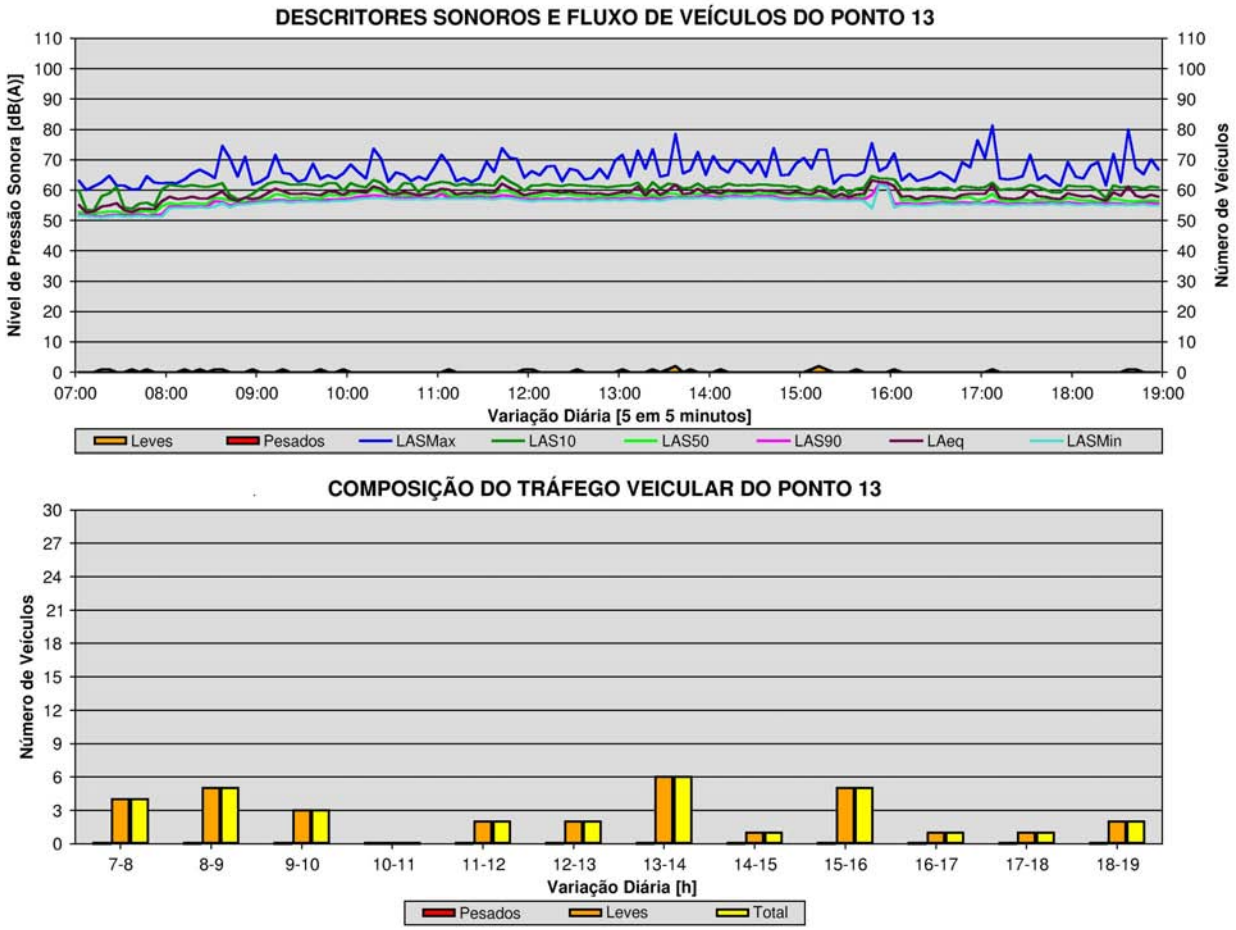

Figura 7-31. Dados coletados no Ponto 13

Figura 7-32. Ponto 14: Rua Vital Brasil, entre a avenida Adolfo Lutz e a rua Carlos Chagas – Hospital das Clínicas / HC

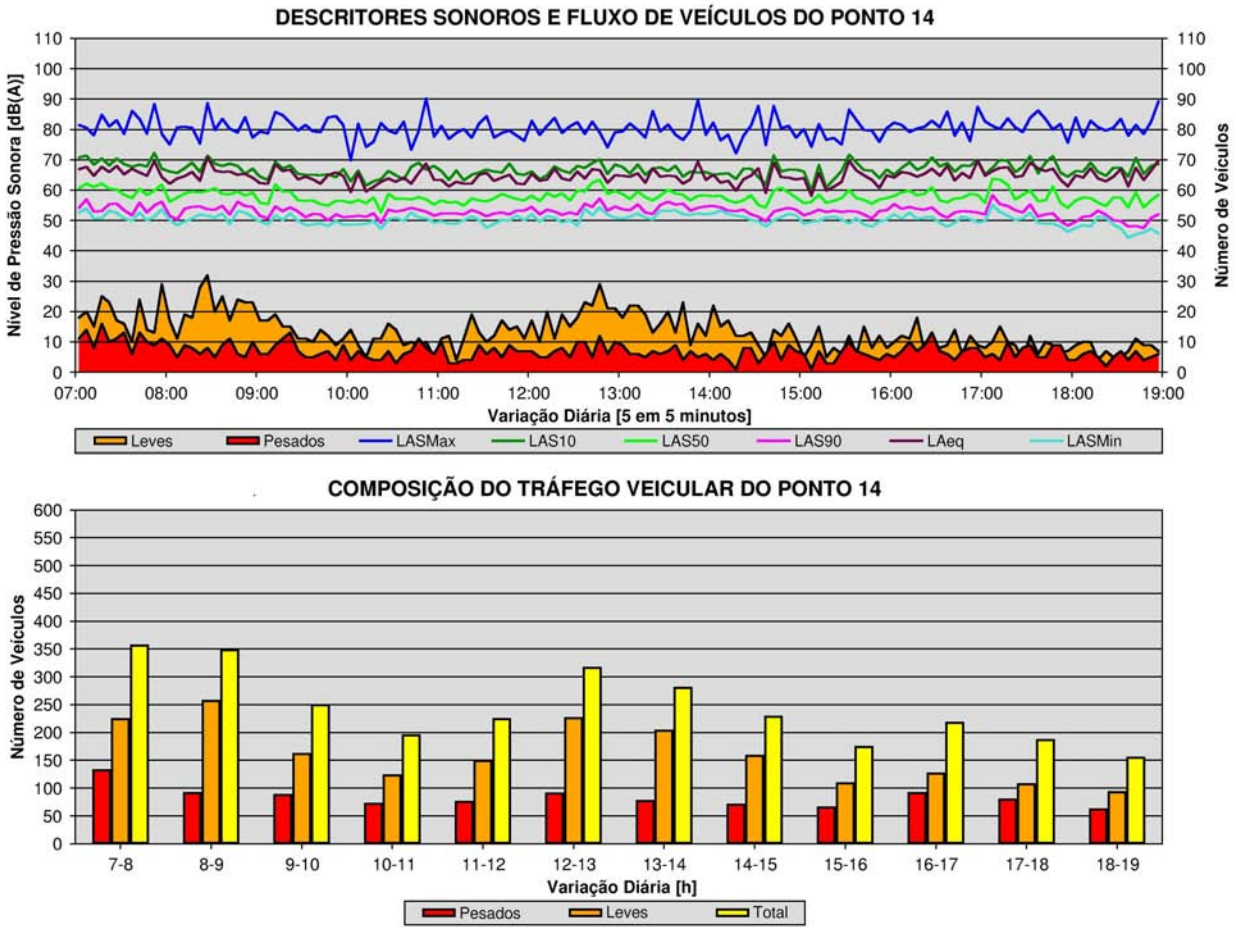

Figura 7-33. Dados coletados no Ponto 14

Figura 7-34. Ponto 15: Avenida Adolfo Lutz, entre a rua Tessáfio V. de Camargo e a avenida Prefeito José Roberto Magalhães Teixeira (rua Cecília Meireles)

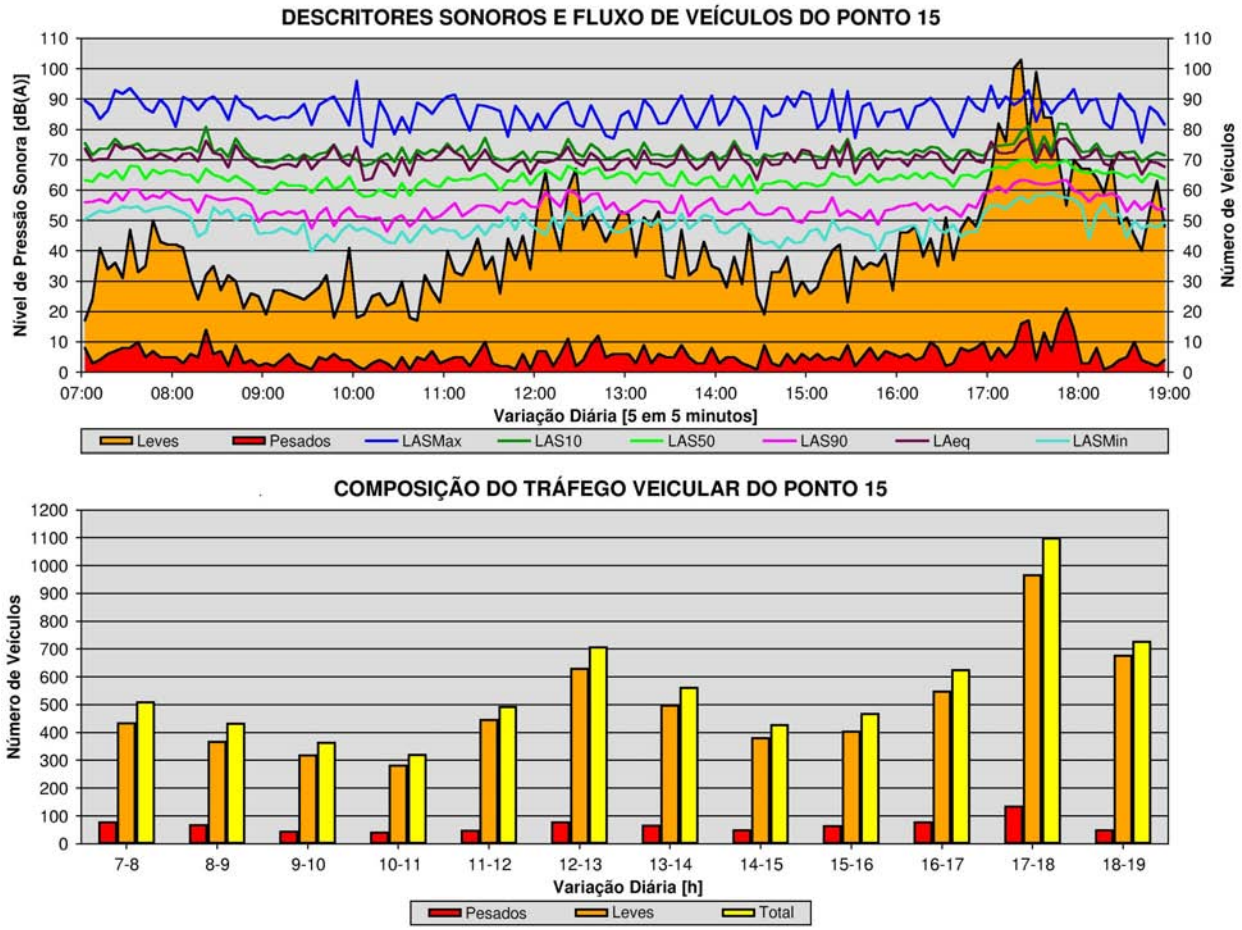

Figura 7-35. Dados coletados no Ponto 15

Figura 7-36. Ponto 16: Centro da Praça do Ciclo Básico

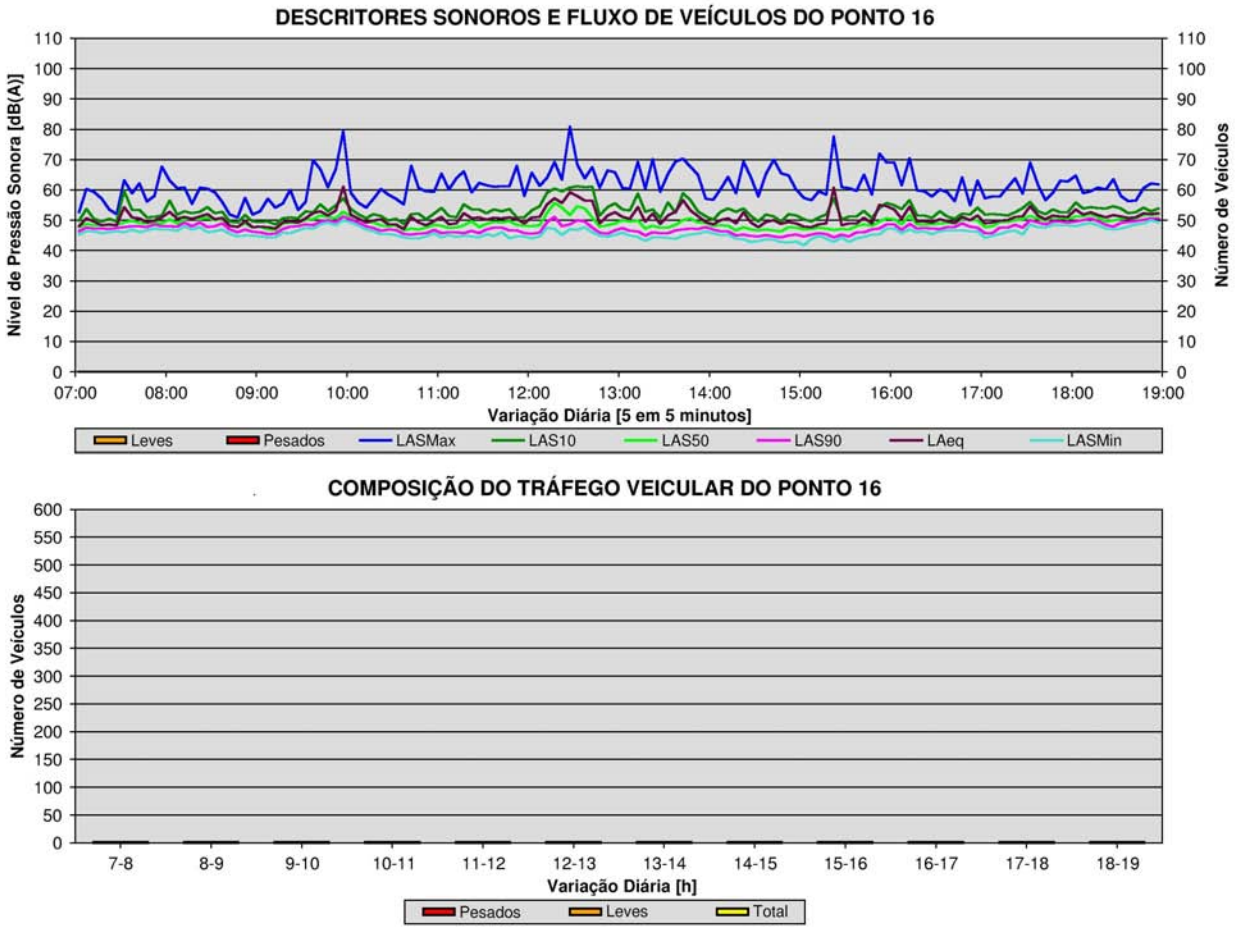

Figura 7-37. Dados coletados no Ponto 16

Figura 7-38. Ponto 17: Avenida Érico Veríssimo – Comissão de Vestibular / Comvest

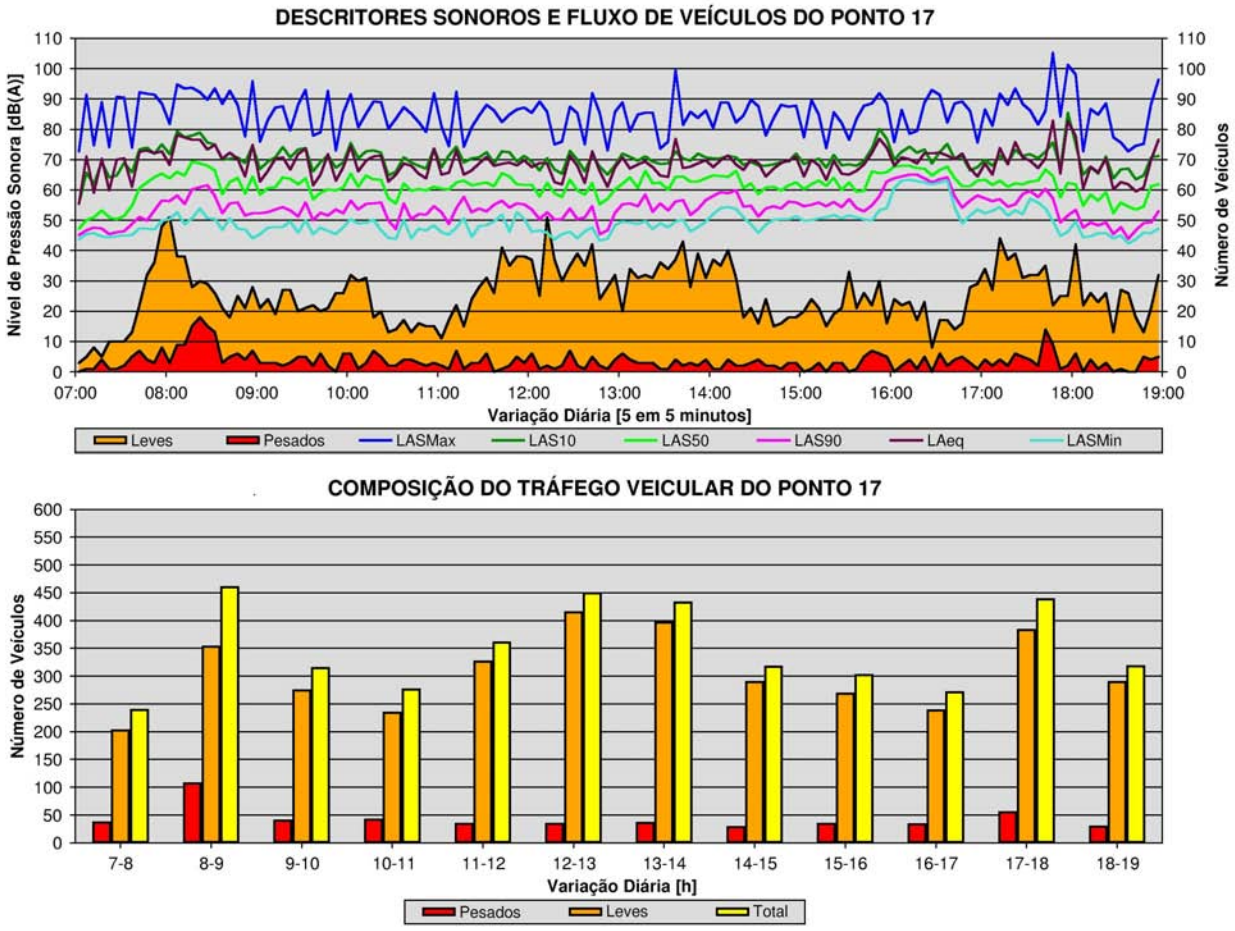

Figura 7-39. Dados coletados no Ponto 17

Figura 7-40. Ponto 18: Rua Lev Landau, entre as avenidas Bertrand Russel e Albert Einstein

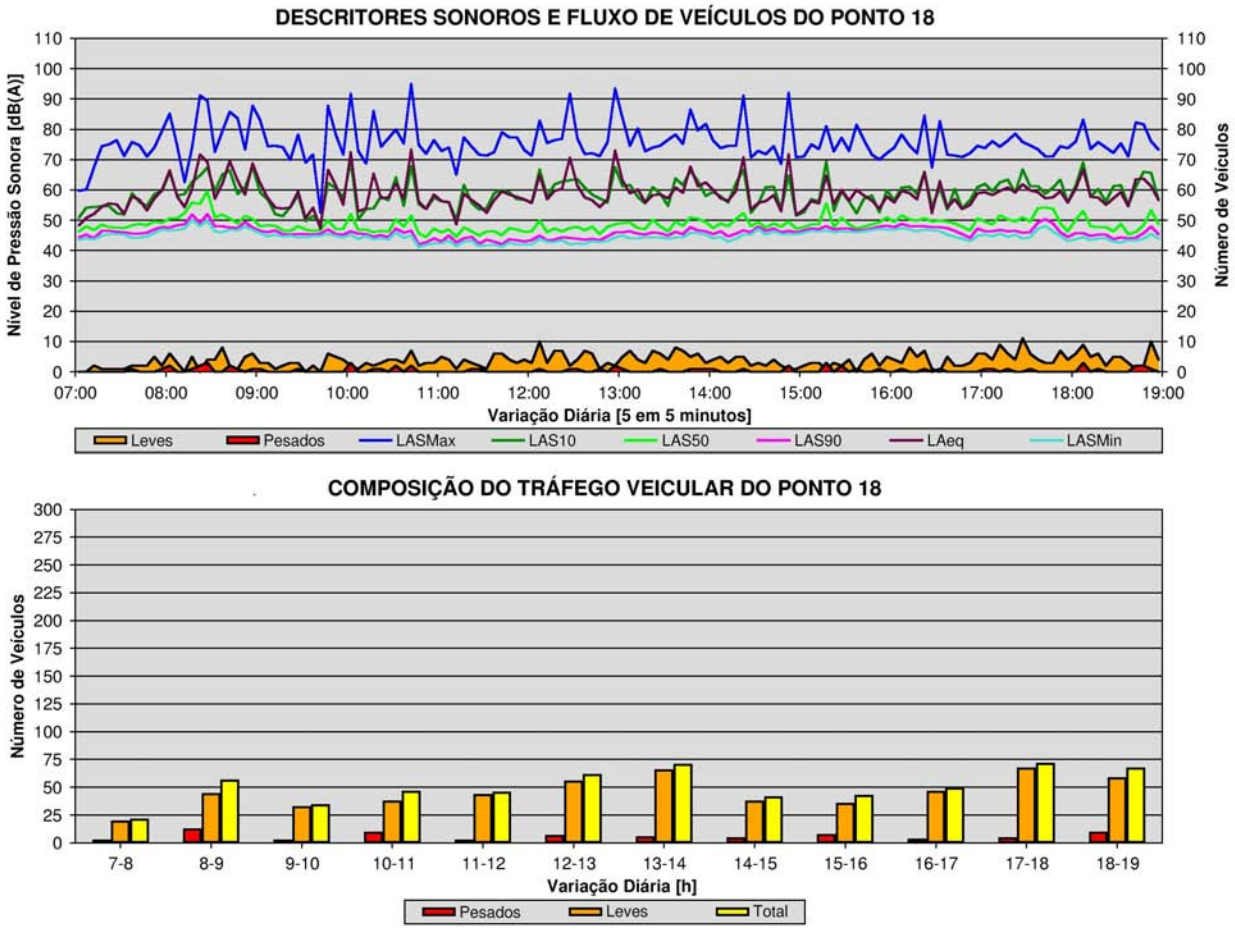

Figura 7-41. Dados coletados no Ponto 18

Figura 7-42. Ponto 19: Rua Pitágoras, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica / IMECC

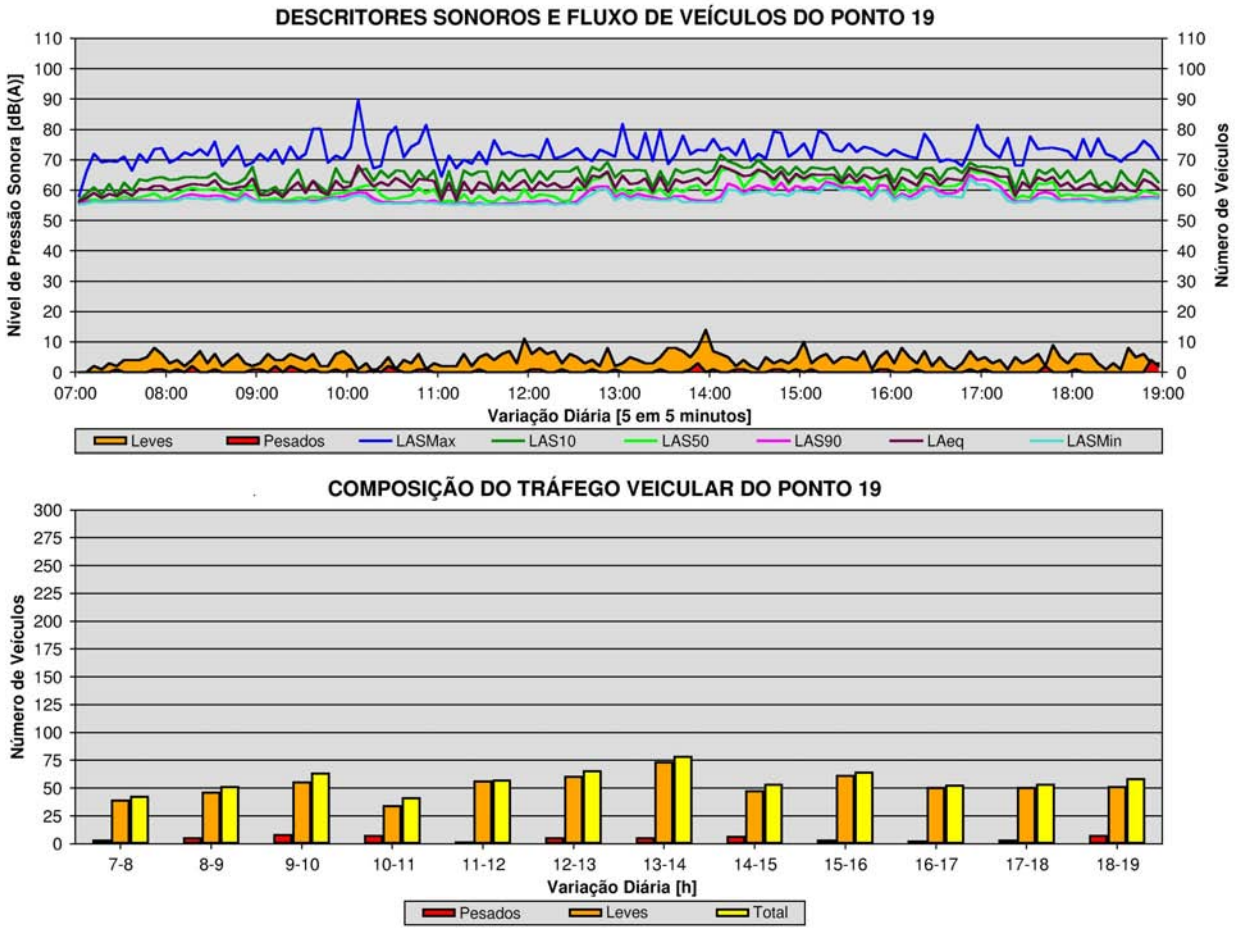

Figura 7-43. Dados coletados no Ponto 19

Figura 7-44. Ponto 20: Rua Saturnino de Brito – Faculdade de Engenharia Civil / FEC

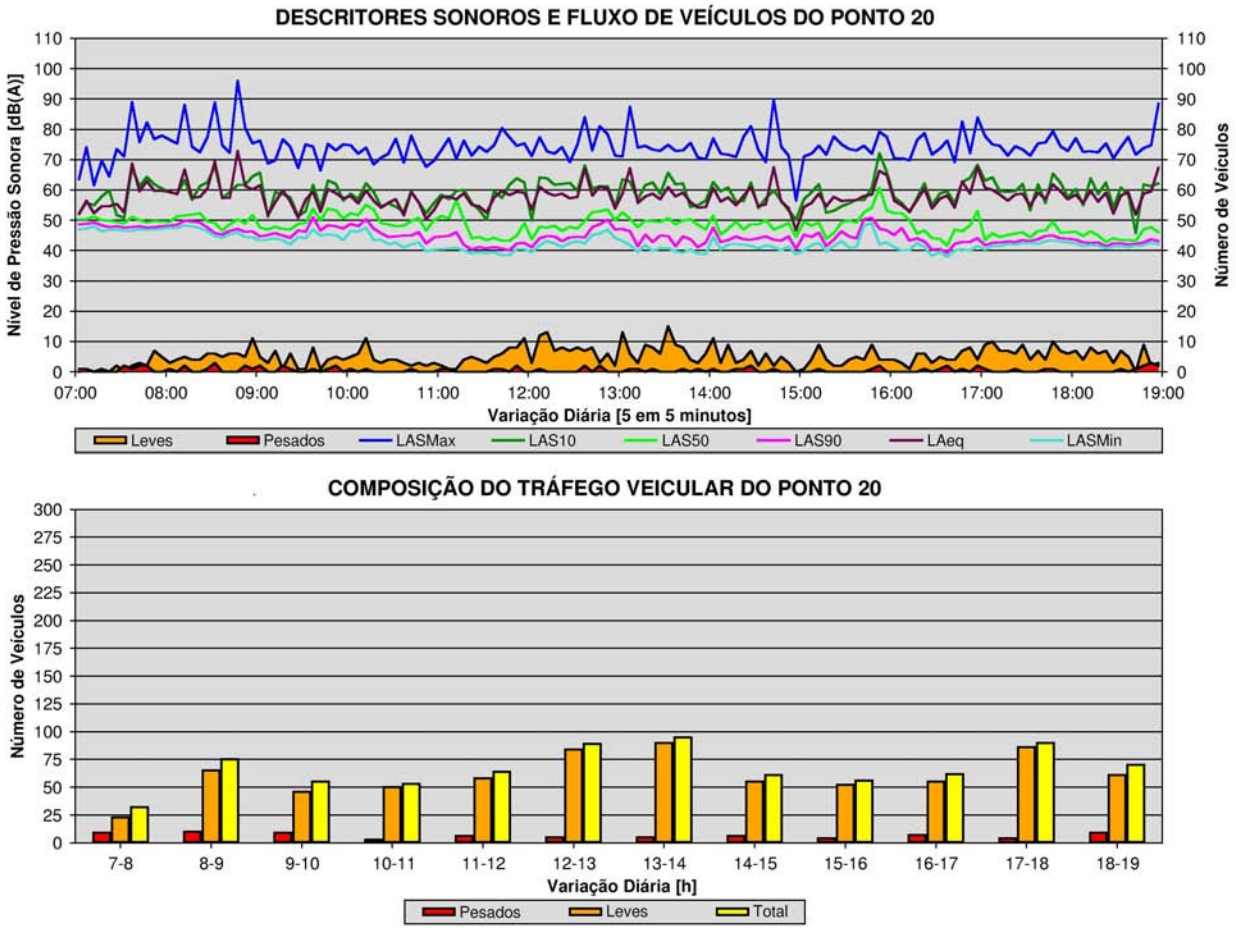

Figura 7-45. Dados coletados no Ponto 20

Figura 7-46. Ponto 21: Avenida Érico Veríssimo – Faculdade de Educação Física / FEF

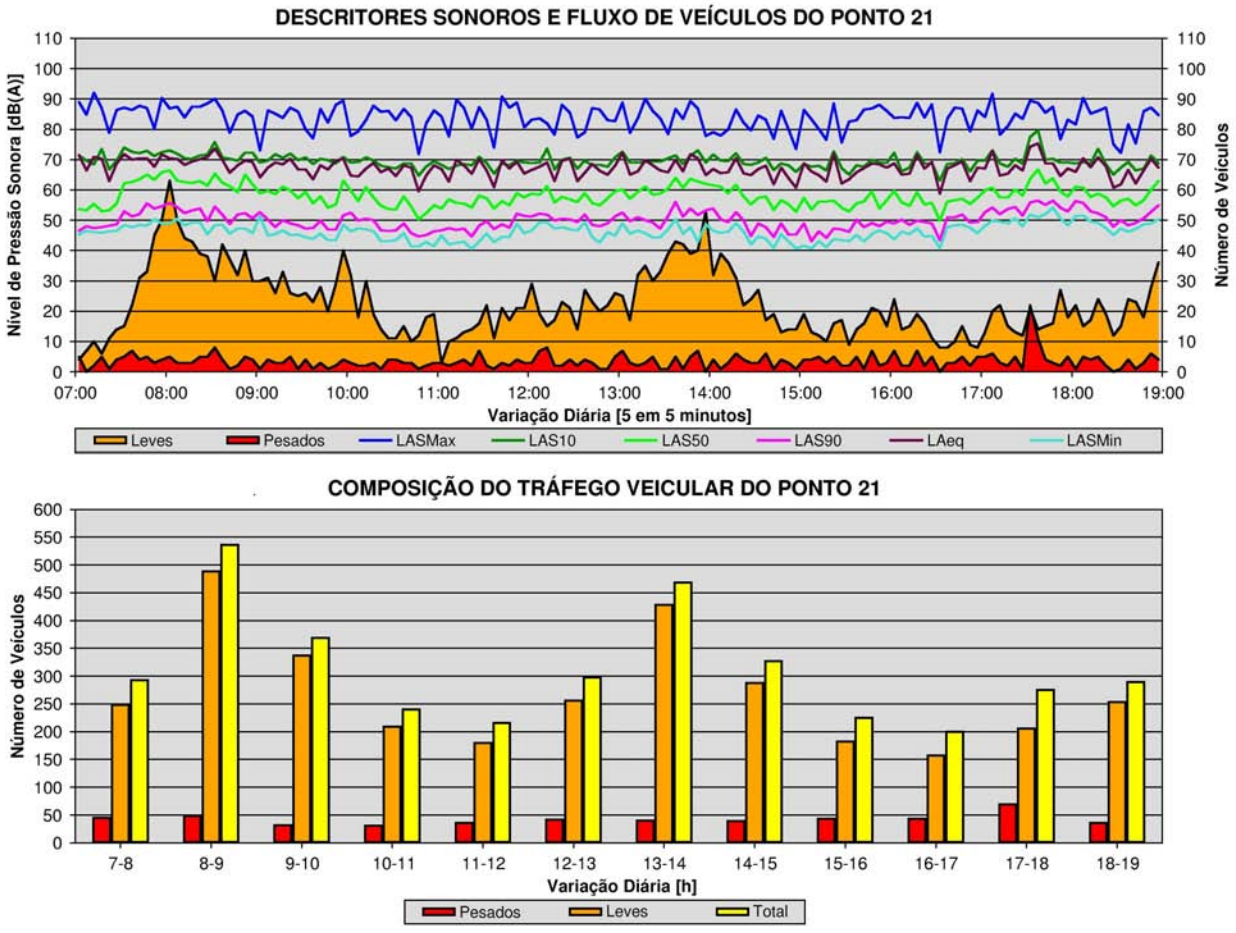

Figura 7-47. Dados coletados no Ponto 21

Figura 7-48. Ponto 22: Posto de Gasolina da UNICAMP

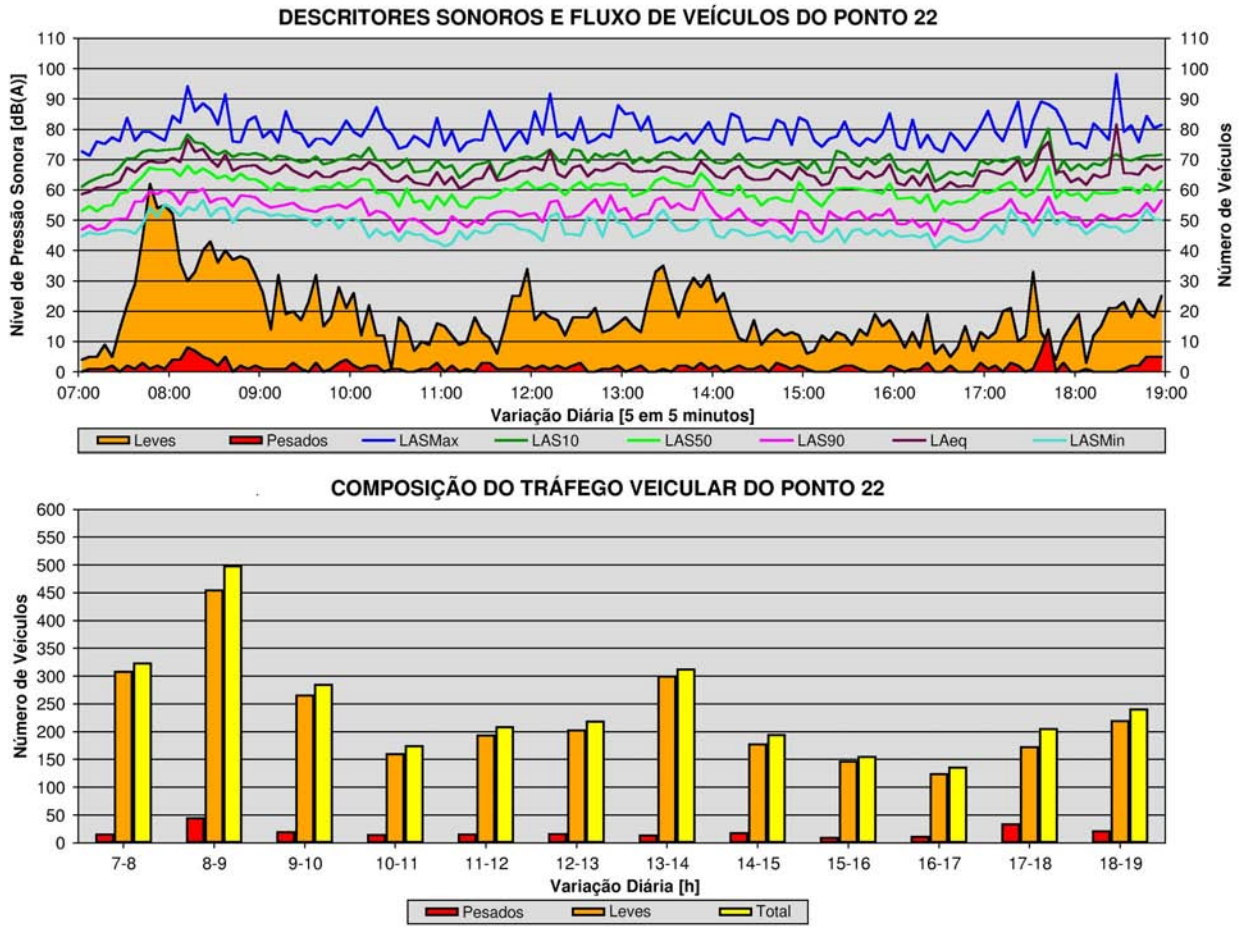

Figura 7-49. Dados coletados no Ponto 22

Figura 7-50. Ponto 23: Avenida Albert Einstein – Faculdade de Engenharia Química / FEQ

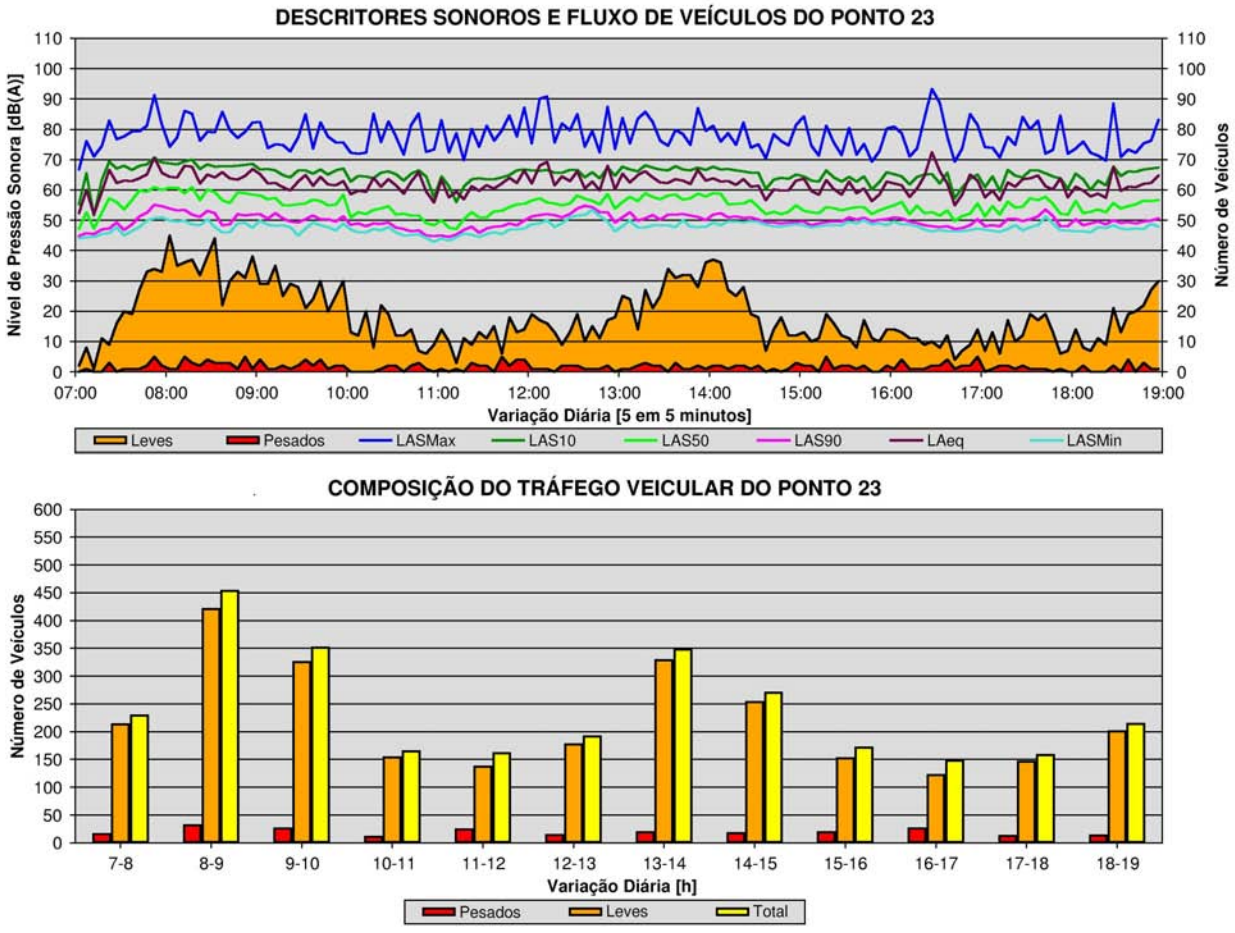

Figura 7-51. Dados coletados no Ponto 23

Figura 7-52. Ponto 24: Rua Charles Darwin, entre as avenidas Sérgio Buarque de Holanda e Bertrand Russel – Instituto de Biologia (Anatomia)

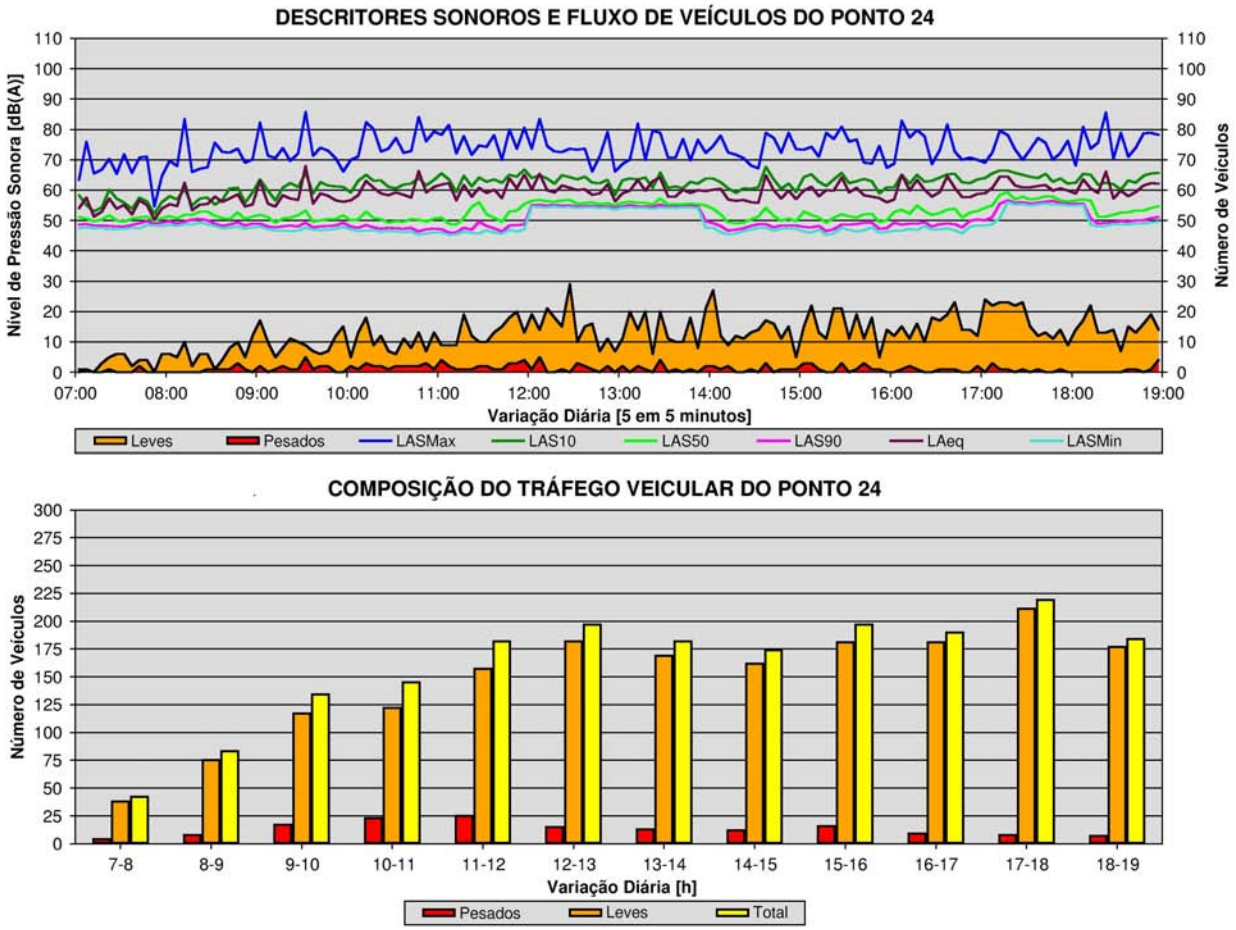

Figura 7-53. Dados coletados no Ponto 24

Figura 7-54. Ponto 25: Avenida Albert Einstein esquina com a rua Monteiro Lobato – Praça da Paz

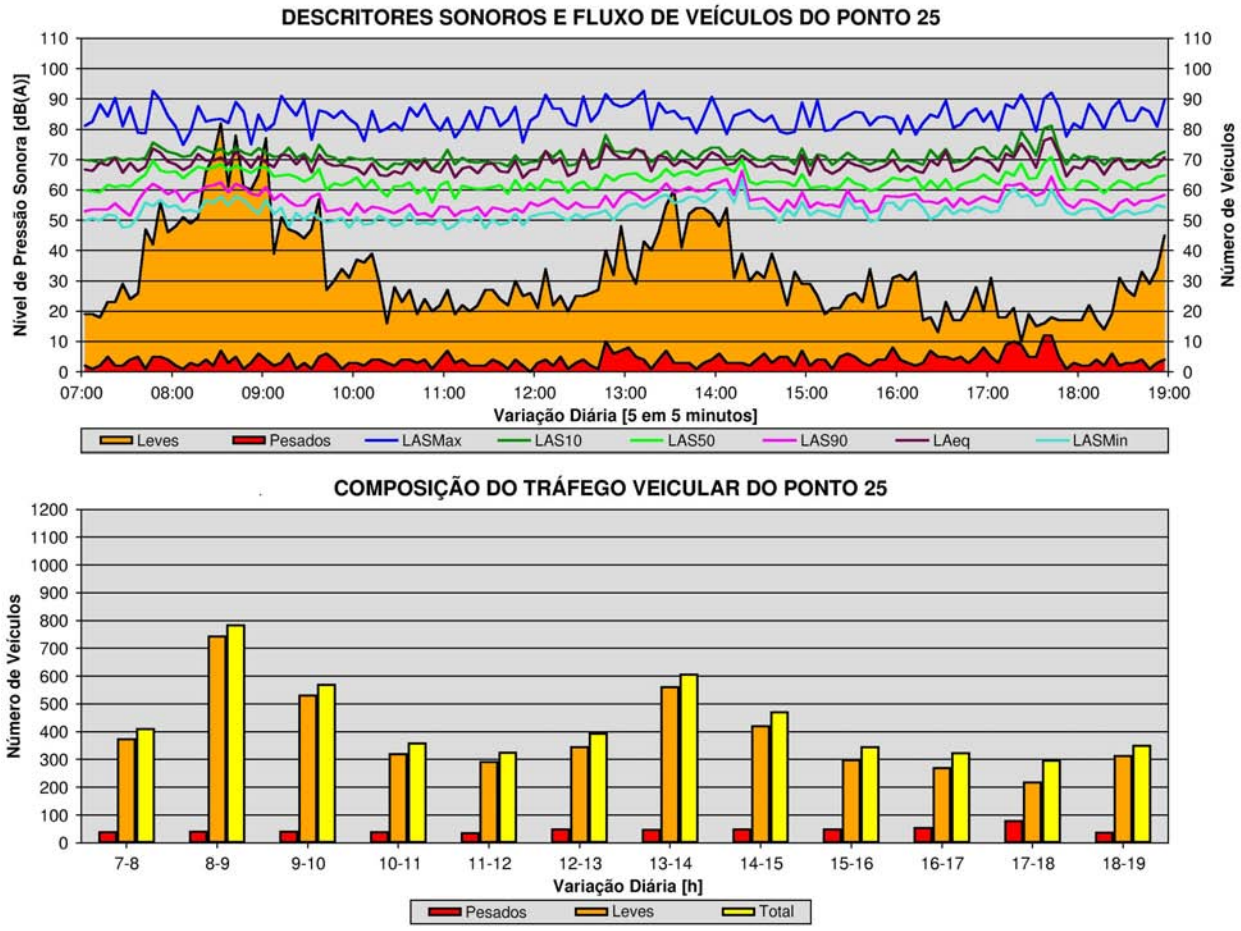

Figura 7-55. Dados coletados no Ponto 25

Figura 7-56. Ponto 26: Avenida Prefeito José Roberto Magalhães Teixeira (rua Cecília Meireles)

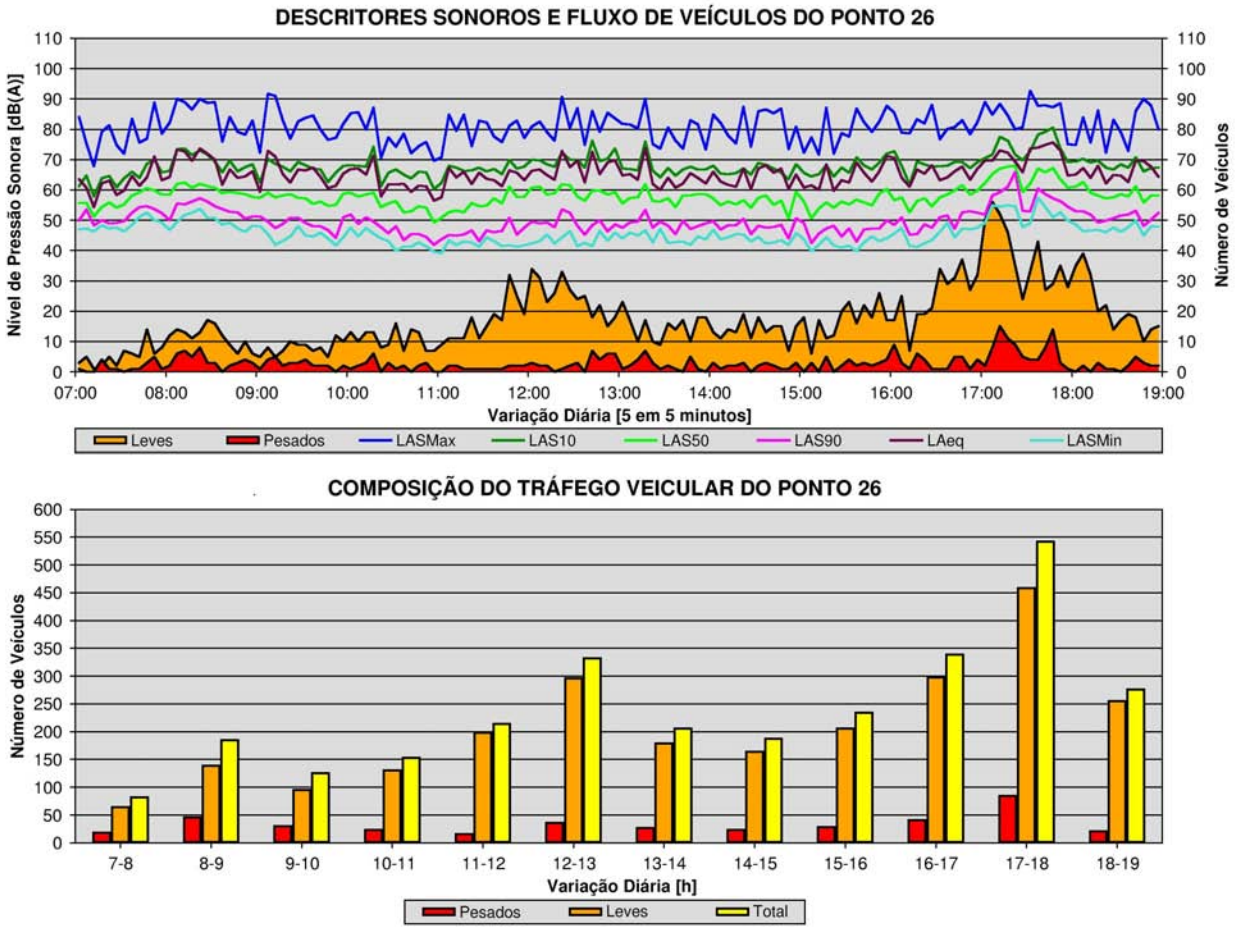

Figura 7-57. Dados coletados no Ponto 26

Figura 7-58. Ponto 27: Rua Albert Sabin, entre a rua Carlos Chagas e a avenida Prefeito José Roberto Magalhães Teixeira (rua Cecília Meireles)

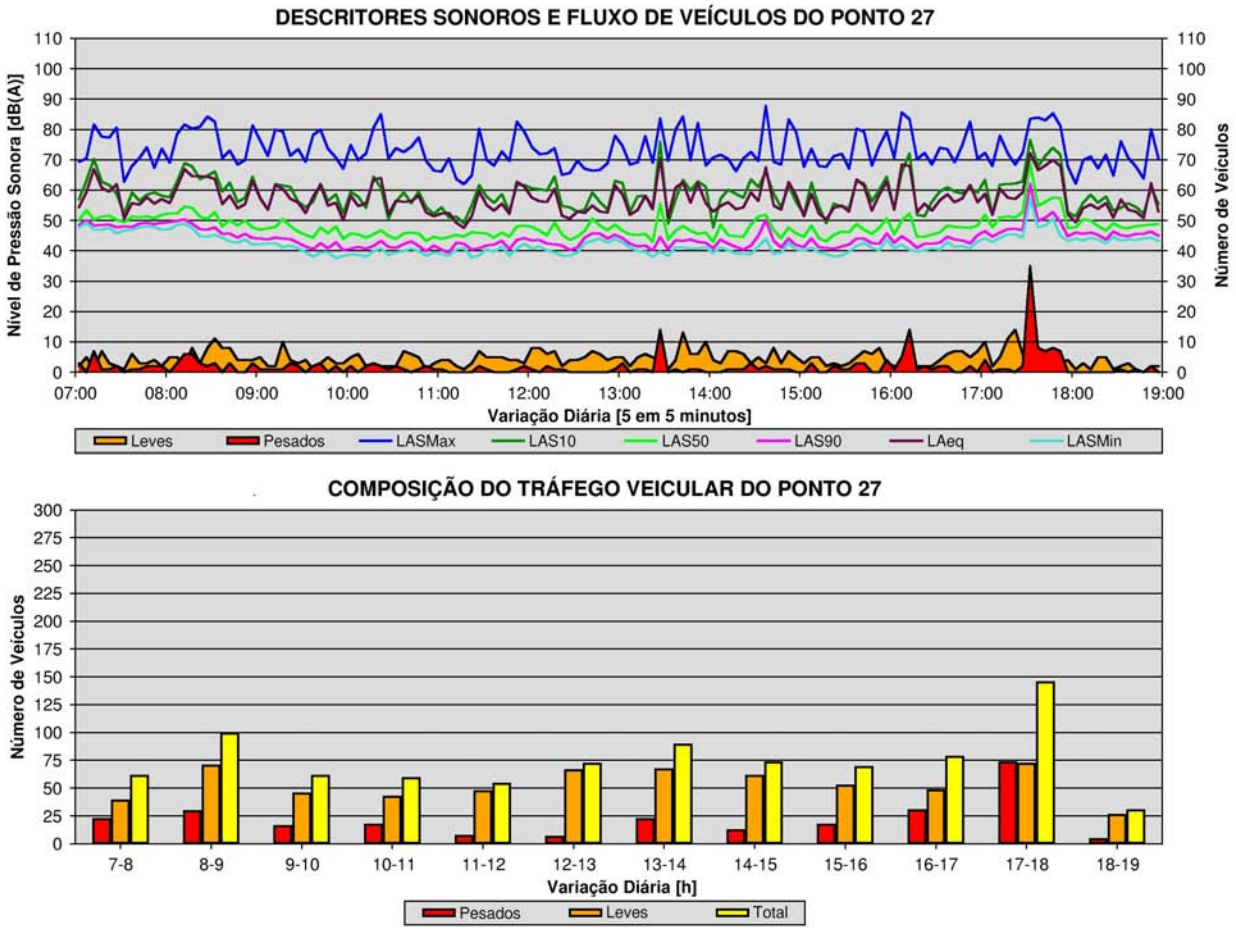

Figura 7-59. Dados coletados no Ponto 27

Figura 7-60. Ponto 28: Avenida Oswaldo Cruz – BANESPA

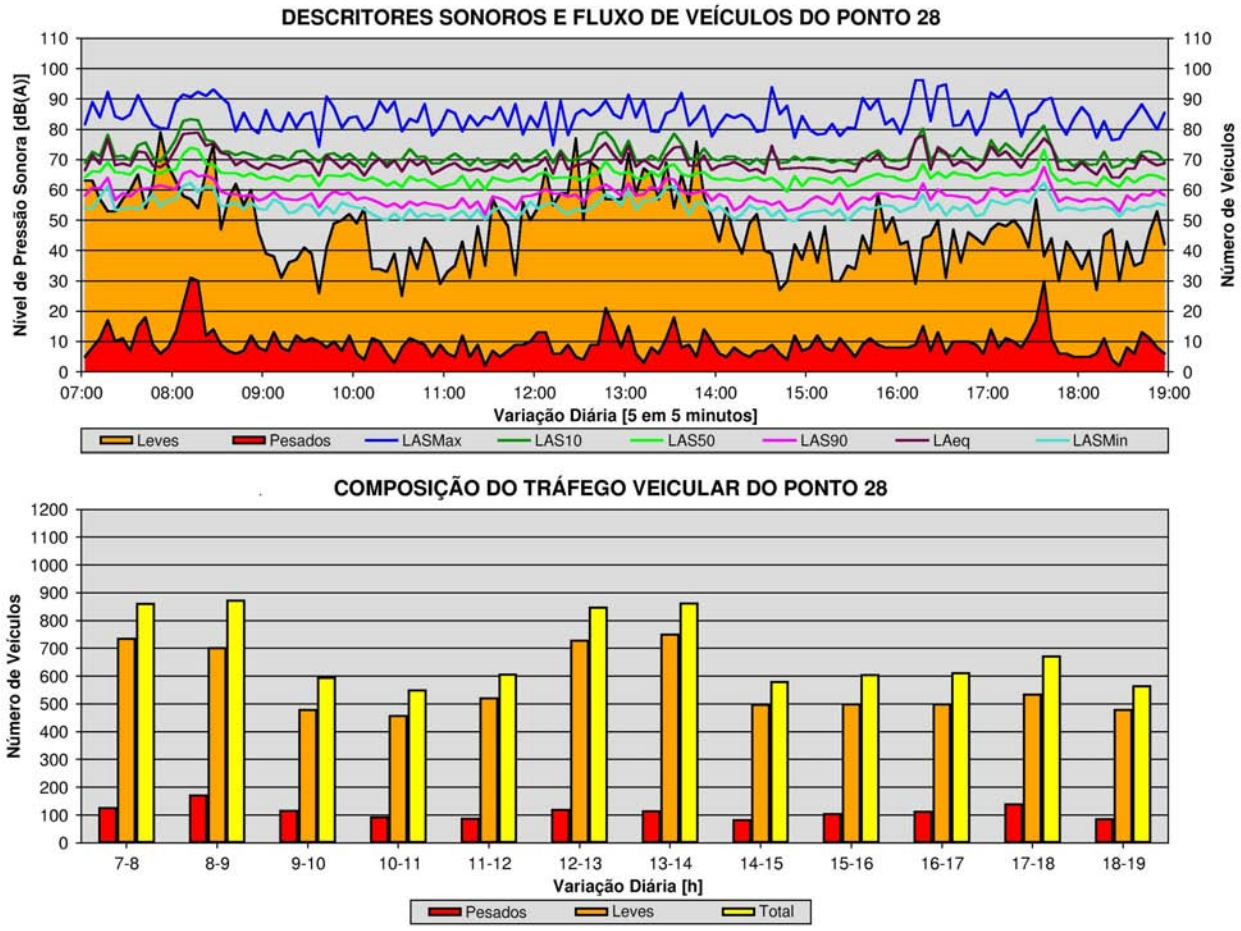

Figura 7-61. Dados coletados no Ponto 28

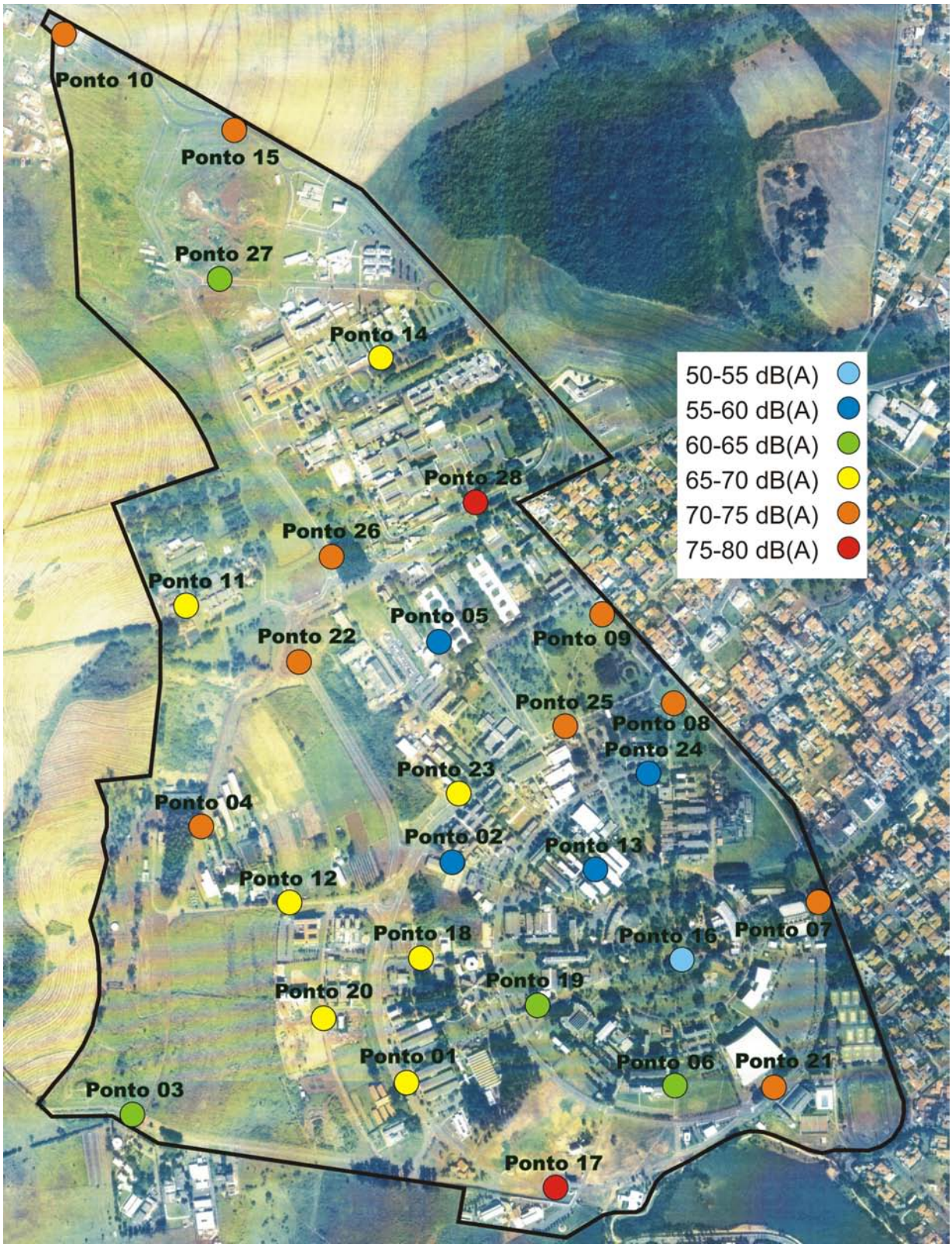

Figura 7-62. Mapa acústico: nível de pressão sonora equivalente contínuo do horário de pico das 8:00 às 9:00 horas, para os 28 pontos de medição

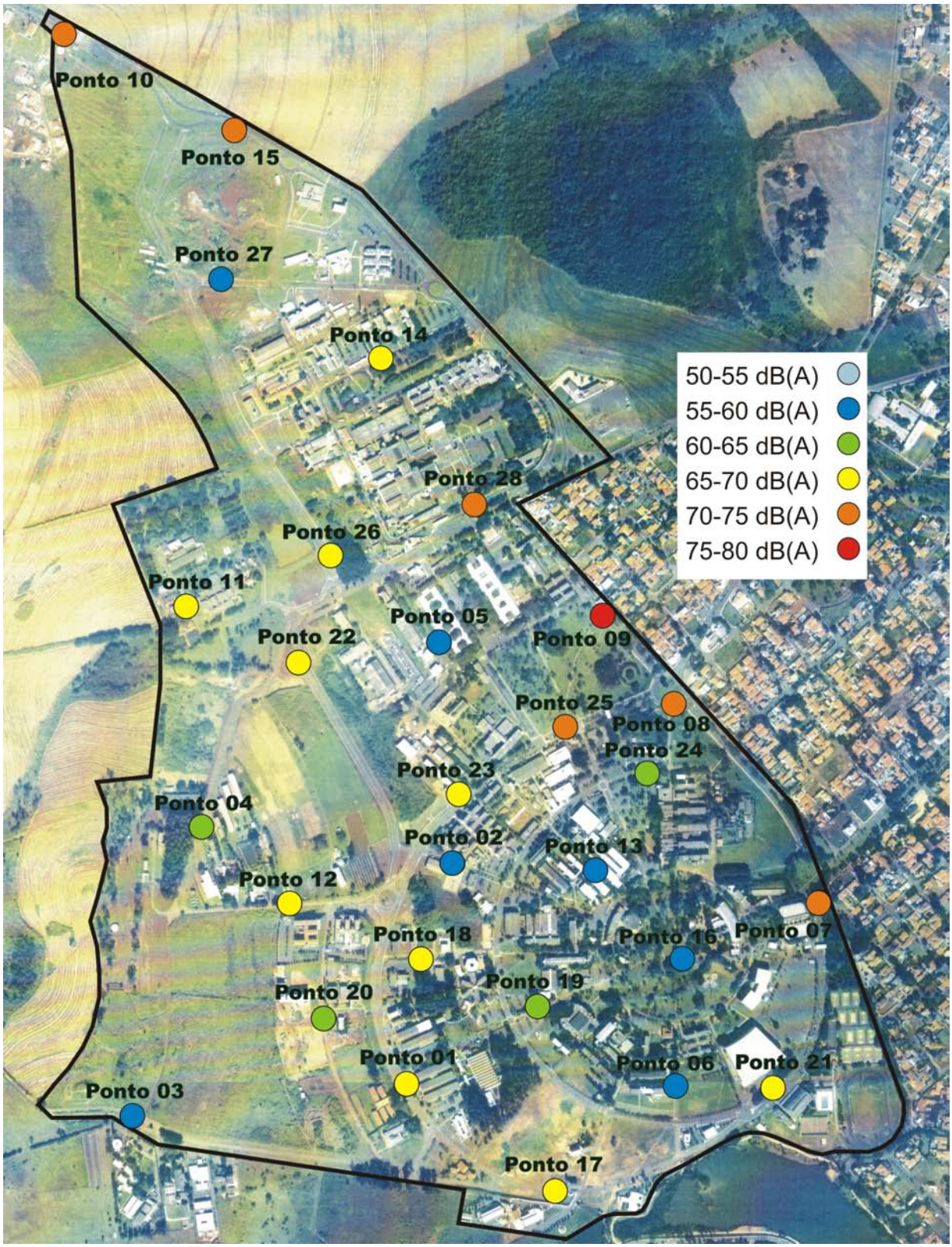

Figura 7-63. Mapa acústico: nível de pressão sonora equivalente contínuo do horário de pico das 12:00 às 13:00 horas, para os 28 pontos de medição

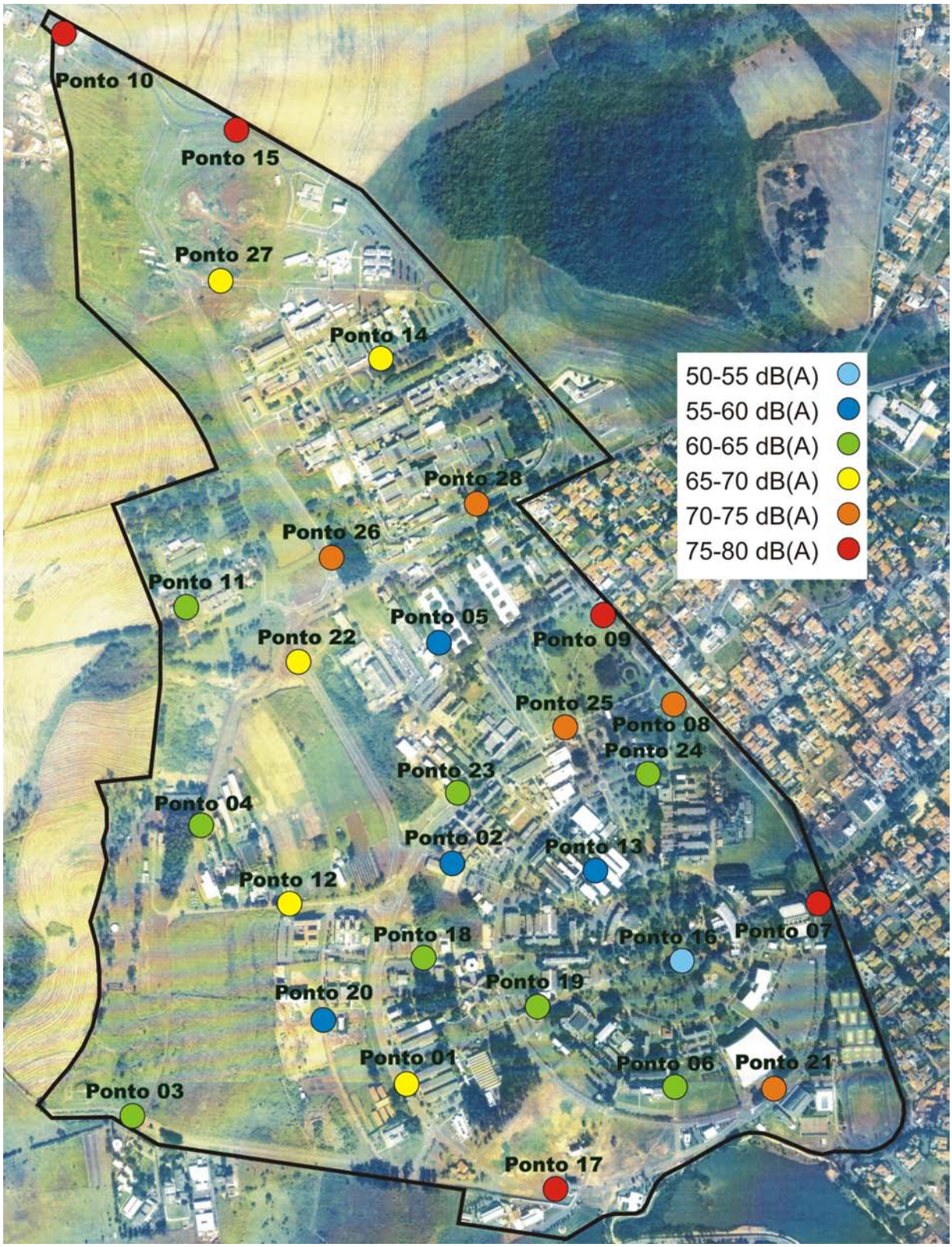

Figura 7-64. Mapa acústico: nível de pressão sonora equivalente contínuo do horário de pico das 17:00 às 18:00 horas, para os 28 pontos de medição

8 Discussão dos resultados

8.1 Análise geral dos dados coletados na UNICAMP

Uma análise inicial da Figura 7-1 permite perceber uma distribuição similar dos níveis de pressão sonora equivalente contínuos para a maioria dos pontos, ao longo do dia. Pode-se observar, também, uma tendência de níveis mais elevados nos horários de pico (8:00 às 9:00, 12:00 às 13:00 e 17:00 às 18:00 horas), principalmente nos pontos situados em avenidas. Além disto, verifica-se que os níveis sonoros variam de 50 dB(A) até, aproximadamente, 75 dB(A). Isto mostra que, independente do horário do dia, todos os pontos possuem níveis de pressão sonora acima dos estabelecidos pela norma NBR 10.151 (2000) como admissíveis para áreas escolares, hospitalares ou residenciais, uma vez que o nível de critério de avaliação para estes ambientes, no horário diurno, é 50 dB(A). Apenas o Ponto 16 esteve com níveis próximos ao valor considerado como limite pela norma. Isto pode ser explicado pelo fato de este ser o único ponto localizado no interior de um quarteirão (centro da praça do Ciclo Básico), não recebendo, com isto, a influência direta do ruído do tráfego veicular. O resultado obtido neste ponto, se comparado com os valores encontrados nos pontos 07, 08, 09 e 10, por exemplo, situados nas portarias da UNICAMP, onde o fluxo de veículos é maior, reafirma a grande contribuição do ruído proveniente do tráfego veicular para o ruído ambiental.

Pode-se perceber o impacto da diferença entre os níveis de pressão sonora medidos na UNICAMP e o nível estabelecido pela norma NBR 10.151 (2000)

observando-se a Tabela 8-1, que apresenta a percepção humana de acordo com a variação no nível sonoro. Esta análise pode, ainda, ser complementada pelas informações encontradas na Tabela 8-2, que mostra uma estimativa da reação pública quando o nível sonoro corrigido ultrapassa o nível de critério. No caso dos dados obtidos na UNICAMP, o nível de critério é 50 dB(A), no horário diurno, como já foi dito, e os níveis corrigidos são os níveis de pressão sonora equivalente contínuos, uma vez que o ruído ali presente não possui, em geral, características especiais.

Tabela 8-1. Percepção humana diante de mudanças no nível sonoro [Adaptado de: MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT, 1999]

Mudança no nível sonoro dB	Mudanças na percepção do som
1	Imperceptível
3	Quase percebido
5	Claramente percebido
10	Mudança substancial, duas vezes mais alto
15	Grande diferença
20	Quatro vezes mais alto

Tabela 8-2. Resposta estimada da comunidade ao ruído [Fonte: NBR 10.151, 1987]

Valor em dB(A) pelo qual o nível sonoro corrigido ultrapassa o nível de critério	Resposta estimada da comunidade	
	Categoria	Descrição
0	Nenhuma	Não se observa reação
5	Pouca	Queixas esporádicas
10	Média	Queixas generalizadas
15	Enérgicas	Ação comunitária
20	Muito enérgicas	Ação comunitária vigorosa

Sabendo que os níveis de pressão sonora equivalente contínuos variaram, ao longo das medições, de 50 dB(A) até, aproximadamente, 75 dB(A) pode-se ter uma idéia do incômodo que o ruído medido na UNICAMP pode causar aos seus usuários.

Embora os níveis medidos não estejam de acordo com a NBR 10.151, que procura garantir o conforto da comunidade, em termos ocupacionais os níveis mais elevados (75dB(A)) ainda estão abaixo do nível máximo de exposição ao ruído estabelecido pelo Ministério do Trabalho e Emprego, que é de 85dB(A), para um período de 8 horas (BRASIL, 1978). Assim, os níveis de pressão sonora presentes na UNICAMP não geram riscos de problemas de perda auditiva em trabalhadores que atuem e que permaneçam nos locais medidos.

Já as Figuras 7-2 e 7-3 mostram uma grande variação no fluxo de veículos de acordo com os pontos medidos. Alguns pontos, situados principalmente nas portarias e nas principais avenidas da UNICAMP, se destacam dos demais, possuindo um grande número de veículos leves e pesados. Uma maior variação no caso dos veículos pesados (Figura 7-3) pode ser explicada pelo fato de que alguns pontos de medição se situam ao longo do trajeto do transporte público, sendo este tipo de transporte o que mais contribui para o total de veículos pesados na UNICAMP.

A análise conjunta das Figuras 7-1, 7-2 e 7-3 indica uma certa coincidência entre os pontos de maior nível de pressão sonora equivalente contínuo e os de maior fluxo de veículos. Entretanto, algumas variações entre estes valores podem ser explicadas devido às diferentes características geométricas dos pontos medidos, além das diversas fontes sonoras específicas de cada local. As figuras demonstram, assim, a diversidade de situações que podem ser encontradas na UNICAMP, tanto em relação à variação dos níveis sonoros quanto do fluxo de veículos, criando uma variedade de ambientes acústicos possíveis de serem analisados.

Já uma análise relativa aos dados mostrados para cada ponto, individualmente, nos gráficos com os descritores sonoros e com os fluxos de veículos, permite observar uma grande proximidade entre os valores dos níveis sonoros equivalente contínuos (L_{eq}) e dos níveis estatísticos L_{10}. Em menor grau, pode-se perceber, também, uma aproximação entre os níveis de pressão sonora mínimos (L_{min}) e os níveis estatísticos L_{90}. Normalmente, em análises do ruído ambiental, utiliza-se o nível estatístico L_{10} para

representar o ruído do tráfego veicular (GERGES, 2000). Ao se constatar a proximidade deste valor com o L_{eq}, pode-se então, se necessário, simplificar as análises utilizando-se apenas o L_{eq}, como descritor sonoro, quando o ruído de tráfego é a componente preponderante do ruído ambiental. Já o L_{90} normalmente é utilizado como indicador do ruído de fundo (BRÜEL & KJÆR, 2000).

Ainda nestes gráficos, pode-se perceber uma grande variação no número de veículos leves e no número de veículos pesados ao longo do dia, em uma parte dos pontos. Dentro desta variação, pode-se observar ainda, principalmente nos pontos localizados em avenidas, horários de pico onde o fluxo de veículos teve um grande crescimento, destacando-se em relação ao restante do dia. Contudo, esta diferença de fluxo de veículos leves e pesados não gera uma variação semelhante nos níveis de pressão sonora medidos. Isto pode ser explicado, entre outros motivos, pelo fato de que na medição do ruído ambiental o medidor sonoro mede todos os sons presentes no ambiente, tais como o cantar dos pássaros, o ruído de geradores, de torres de resfriamento de ar condicionado, de cortadores de grama, de sirenes, de pessoas falando, entre outros, além do ruído devido ao tráfego de veículos. Isto faz com que em alguns gráficos existam picos nos níveis sonoros onde não há picos no fluxo de veículos leves e/ou pesados.

Isto pode ser observado, por exemplo, no ponto 11, onde por volta das 10:00 horas, uma máquina de pintar sinalização no asfalto (com compressor) ficou trabalhando em frente ao ponto. O ruído produzido por esta máquina fez com que, no horário em que estava ligada, todos os descritores sonoros ficassem com valores acima dos níveis médios coletados em todo o período de medição, uma vez que o ruído gerado por ela foi muito alto. Outro exemplo pode ser visto no ponto 12, onde das 7:15 às 8:30 uma máquina ficou funcionando em um prédio próximo ao ponto, gerando um ruído praticamente constante. Ainda no ponto 12, entre 13:00 às 13:30, um cortador de grama, que estava trabalhando na região deste ponto, cortou a grama do talude bem próximo ao medidor sonoro. Nas duas situações do ponto 12, o L_{50}, o L_{90} e o L_{min} ficaram acima dos valores do restante da medição. Neste caso, o ruído gerado não foi

alto o suficiente para afetar os níveis sonoros mais altos (L_{max}, L_{10} e L_{eq}), mas foi suficiente para afetar os níveis mais baixos e o ruído de fundo. Além das diversas fontes sonoras que podem afetar a relação direta do fluxo de veículos com o ruído ambiental, observa-se que as características físicas dos locais de medição, tais como a largura e declividade das vias, a distribuição das edificações, a geometria das fachadas, a presença de superfícies reflexivas e de vegetação densa, entre outros, também afeta a propagação do som e, conseqüentemente, os níveis de pressão sonora medidos, como já foi dito. Estas características podem ser observadas nas fotos tiradas dos locais onde se localizaram os pontos de coleta de dados, mostradas anteriormente.

Já os pontos aonde não ocorreu uma variação no fluxo de veículos ao longo do dia foram, na maioria, pontos situados no meio de quarteirões, com fluxo de veículos pequeno, em ruas de tráfego local (específico para determinados prédios).

8.2 Correlação entre o ruído ambiental e o fluxo de veículos

Para facilitar a análise dos dados e verificar a relação existente entre o tráfego de veículos e os níveis de pressão sonora medidos no campus da UNICAMP, fez-se testes de regressão linear simples entre os descritores sonoros e o número de veículos leves e pesados, separadamente, e testes de regressão linear múltipla entre os mesmos descritores e o número de veículos leves e pesados, em conjunto (Tabela 8-3). Nestas regressões foram calculados apenas o coeficiente de determinação ajustado e o grau significância dos resultados, não tendo sido necessário descrever a função matemática que representa a relação entre as grandezas. O coeficiente de determinação ajustado (R^2) é uma ponderação do coeficiente de determinação em função do número de observações da amostra e do número de variáveis utilizadas. Ele estima o poder de explicação do modelo, sendo que quanto mais próximo de 1 maior o ajuste do modelo aos dados observados. O estudo do ruído ambiental, por não ser um experimento controlado e, por isto, sofrer a interferência de diversas fontes sonoras, além do ruído de tráfego, não obteve coeficientes de determinação muito elevados.

Considerou-se, então, valores de R^2 em torno de 0,50, ou mais, como indicativos de uma boa correlação. Na Tabela 8-3, o nível de significância dos resultados está representado pelo "p", sendo considerados significantes todos os valores de $p \leq 0,05$, ou seja, com uma probabilidade de erro menor do que 5%. Os cálculos foram feitos utilizando-se o software *Statistica* 5.1, tendo sido os descritores sonoros as variáveis dependentes (L_{max}, L_{min}, L_{10}, L_{50}, L_{90} e L_{eq}) e o número de veículos leves, o número de veículos pesados, e o número de veículos leves e pesados, as variáveis independentes.

Os resultados obtidos com o teste de regressão linear simples indicam que, de maneira geral, o tráfego de veículos leves esteve melhor representado pelo nível estatístico L_{50} do que pelos demais descritores. Alguns pontos, no entanto, tiveram uma maior relação entre os veículos leves e o L_{10}, fato que pode ser explicado pelo reduzido número de veículos pesados existente, o que fez com que os veículos leves influenciassem e determinassem, em grande parte, os níveis sonoros mais altos. Em outros casos, entretanto, onde os coeficientes de determinação não foram significativos, os veículos leves não se relacionaram com nenhum dos descritores sonoros medidos (pontos 11, 13, 16, 19 e 27). Estes pontos possuíam características especiais, em relação aos demais pontos, que podem explicar, de certa forma, este resultado. Nestes pontos, o fluxo de veículos leves era muito pequeno ou nulo, passando, em geral, menos de 10 veículos leves a cada 5 minutos. Além disto, o ruído ambiental nestes pontos teve a contribuição de outras fontes sonoras que, na ausência de um fluxo de veículos intenso, tiveram uma grande influência nos níveis sonoros medidos. Dentre estas fontes pode-se citar torres de resfriamento de ar condicionado nos pontos 13 e 19, o ruído de fundo do tráfego veicular das avenidas próximas, no caso do ponto 19 e 27, além de um cortador de grama, também no ponto 19. Em relação ao ponto 16 já era esperado este resultado uma vez que este ponto está situado no centro do quarteirão do Ciclo Básico, não recebendo, então, a influência direta do tráfego veicular, seja por veículos leves ou por veículos pesados.

Tabela 8-3. Teste de regressão linear simples e múltipla entre os descritores sonoros, o número de veículos leves, o número de veículos pesados e o número de veículos leves e pesados

Ponto 01	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 02	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,00	0,47	0,20	0,00	0,20	0,00	**Lmax**	0,05	0,00	0,27	0,00	0,29	0,00
Lmin	0,31	0,00	0,09	0,00	0,34	0,00	**Lmin**	0,00	0,50	0,07	0,00	0,07	0,00
L10	0,28	0,00	0,40	0,00	0,55	0,00	**L10**	0,39	0,00	0,25	0,00	0,57	0,00
L50	0,52	0,00	0,21	0,00	0,60	0,00	**L50**	0,12	0,00	0,17	0,00	0,26	0,00
L90	0,37	0,00	0,18	0,00	0,45	0,00	**L90**	0,02	0,06	0,15	0,00	0,15	0,00
Leq	0,13	0,00	0,39	0,00	0,44	0,00	**Leq**	0,16	0,00	0,34	0,00	0,45	0,00

Ponto 03	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 04	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,12	0,00	0,20	0,00	0,21	0,00	**Lmax**	0,03	0,02	0,26	0,00	0,27	0,00
Lmin	0,46	0,00	0,36	0,00	0,53	0,00	**Lmin**	0,04	0,00	0,01	0,10	0,05	0,01
L10	0,45	0,00	0,28	0,00	0,47	0,00	**L10**	0,22	0,00	0,46	0,00	0,60	0,00
L50	0,71	0,00	0,44	0,00	0,75	0,00	**L50**	0,26	0,00	0,35	0,00	0,54	0,00
L90	0,61	0,00	0,43	0,00	0,67	0,00	**L90**	0,12	0,00	0,05	0,00	0,15	0,00
Leq	0,40	0,00	0,35	0,00	0,47	0,00	**Leq**	0,07	0,00	0,38	0,00	0,41	0,00

Ponto 05	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 06	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,14	0,00	0,14	0,00	0,25	0,00	**Lmax**	0,13	0,00	0,06	0,00	0,16	0,00
Lmin	0,00	0,74	0,01	0,11	0,01	0,24	**Lmin**	0,02	0,05	0,00	0,76	0,01	0,15
L10	0,31	0,00	0,14	0,00	0,41	0,00	**L10**	0,19	0,00	0,03	0,03	0,19	0,00
L50	0,00	0,65	0,02	0,05	0,01	0,14	**L50**	0,05	0,00	0,00	0,38	0,05	0,01
L90	0,00	0,71	0,01	0,10	0,01	0,22	**L90**	0,04	0,01	0,00	0,27	0,03	0,03
Leq	0,21	0,00	0,18	0,00	0,34	0,00	**Leq**	0,16	0,00	0,04	0,01	0,18	0,00

Ponto 07	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 08	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,03	0,02	0,10	0,00	0,10	0,00	**Lmax**	0,01	0,16	0,06	0,00	0,06	0,00
Lmin	0,19	0,00	0,10	0,00	0,23	0,00	**Lmin**	0,45	0,00	0,15	0,00	0,53	0,00
L10	0,12	0,00	0,55	0,00	0,58	0,00	**L10**	0,06	0,00	0,50	0,00	0,52	0,00
L50	0,34	0,00	0,29	0,00	0,50	0,00	**L50**	0,34	0,00	0,50	0,00	0,73	0,00
L90	0,29	0,00	0,13	0,00	0,34	0,00	**L90**	0,58	0,00	0,23	0,00	0,72	0,00
Leq	0,09	0,00	0,34	0,00	0,37	0,00	**Leq**	0,10	0,00	0,42	0,00	0,47	0,00

- *R^2 = coeficiente de determinação, indica a correlação entre as variáveis, quanto mais próximo de 1, maior a correlação;*
- *p = grau de significância, $p \leq 0,05$ indica uma correlação significativa, com grau de confiança de 95%.*

Obs.: o número de pontos analisados, em cada teste, foi 144.

Continuação da Tabela 8-3

Ponto 09	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 10	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,12	0,00	0,24	0,00	0,29	0,00	**Lmax**	0,02	0,05	0,05	0,00	0,04	0,02
Lmin	0,08	0,00	0,21	0,00	0,23	0,00	**Lmin**	0,18	0,00	0,20	0,00	0,25	0,00
L10	0,17	0,00	0,56	0,00	0,62	0,00	**L10**	0,43	0,00	0,49	0,00	0,60	0,00
L50	0,42	0,00	0,45	0,00	0,70	0,00	**L50**	0,65	0,00	0,41	0,00	0,71	0,00
L90	0,23	0,00	0,30	0,00	0,43	0,00	**L90**	0,50	0,00	0,39	0,00	0,58	0,00
Leq	0,16	0,00	0,45	0,00	0,51	0,00	**Leq**	0,41	0,00	0,36	0,00	0,49	0,00

Ponto 11	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 12	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,03	0,02	0,31	0,00	0,33	0,00	**Lmax**	0,05	0,01	0,25	0,00	0,25	0,00
Lmin	0,00	0,36	0,00	0,47	0,00	0,50	**Lmin**	0,07	0,00	0,08	0,00	0,11	0,00
L10	0,04	0,01	0,42	0,00	0,46	0,00	**L10**	0,37	0,00	0,23	0,00	0,47	0,00
L50	0,00	0,57	0,05	0,00	0,05	0,01	**L50**	0,22	0,00	0,08	0,00	0,24	0,00
L90	0,00	0,77	0,01	0,19	0,00	0,40	**L90**	0,11	0,00	0,06	0,00	0,13	0,00
Leq	0,01	0,09	0,37	0,00	0,38	0,00	**Leq**	0,12	0,00	0,24	0,00	0,29	0,00

Ponto 13	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 14	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,06	0,00	-	-	-	-	**Lmax**	0,00	0,92	0,06	0,00	0,06	0,01
Lmin	0,00	0,33	-	-	-	-	**Lmin**	0,28	0,00	0,07	0,00	0,28	0,00
L10	0,00	0,84	-	-	-	-	**L10**	0,05	0,00	0,46	0,00	0,45	0,00
L50	0,00	0,54	-	-	-	-	**L50**	0,29	0,00	0,31	0,00	0,45	0,00
L90	0,00	0,33	-	-	-	-	**L90**	0,30	0,00	0,12	0,00	0,33	0,00
Leq	0,00	0,62	-	-	-	-	**Leq**	0,02	0,04	0,24	0,00	0,23	0,00

Ponto 15	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 16	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,00	0,32	0,19	0,00	0,19	0,00	**Lmax**	-	-	-	-	-	-
Lmin	0,36	0,00	0,19	0,00	0,41	0,00	**Lmin**	-	-	-	-	-	-
L10	0,16	0,00	0,69	0,00	0,70	0,00	**L10**	-	-	-	-	-	-
L50	0,61	0,00	0,42	0,00	0,76	0,00	**L50**	-	-	-	-	-	-
L90	0,54	0,00	0,29	0,00	0,62	0,00	**L90**	-	-	-	-	-	-
Leq	0,07	0,00	0,47	0,00	0,47	0,00	**Leq**	-	-	-	-	-	-

- *R^2 = coeficiente de determinação, indica a correlação entre as variáveis, quanto mais próximo de 1, maior a correlação;*
- *p = grau de significância, $p \leq 0,05$ indica uma correlação significativa, com grau de confiança de 95%.*

Obs.: o número de pontos analisados, em cada teste, foi 144. Obs_2.: testes sem resultado correspondem aos pontos onde não passaram veículos leves e/ou pesados.

Continuação da Tabela 8-3

Ponto 17	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 18	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,02	0,06	0,27	0,00	0,27	0,00	**Lmax**	0,03	0,01	0,43	0,00	0,48	0,00
Lmin	0,00	0,20	0,01	0,09	0,01	0,15	**Lmin**	0,00	0,80	0,06	0,00	0,06	0,01
L10	0,13	0,00	0,35	0,00	0,41	0,00	**L10**	0,31	0,00	0,35	0,00	0,70	0,00
L50	0,21	0,00	0,21	0,00	0,35	0,00	**L50**	0,06	0,00	0,20	0,00	0,27	0,00
L90	0,06	0,00	0,11	0,00	0,14	0,00	**L90**	0,00	0,55	0,06	0,00	0,06	0,01
Leq	0,06	0,00	0,34	0,00	0,36	0,00	**Leq**	0,09	0,00	0,50	0,00	0,62	0,00

Ponto 19	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 20	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,01	0,10	0,01	0,13	0,02	0,09	**Lmax**	0,03	0,02	0,22	0,00	0,26	0,00
Lmin	0,00	0,76	0,00	0,93	0,00	0,95	**Lmin**	0,00	0,34	0,01	0,08	0,01	0,14
L10	0,04	0,01	0,00	0,44	0,04	0,02	**L10**	0,36	0,00	0,16	0,00	0,54	0,00
L50	0,01	0,20	0,00	0,64	0,00	0,40	**L50**	0,00	0,75	0,01	0,18	0,00	0,39
L90	0,00	0,76	0,00	0,99	0,00	0,95	**L90**	0,00	0,27	0,00	0,26	0,00	0,30
Leq	0,02	0,03	0,00	0,32	0,02	0,07	**Leq**	0,13	0,00	0,24	0,00	0,38	0,00

Ponto 21	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 22	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,01	0,16	0,21	0,00	0,22	0,00	**Lmax**	0,02	0,04	0,25	0,00	0,25	0,00
Lmin	0,10	0,00	0,09	0,00	0,18	0,00	**Lmin**	0,36	0,00	0,15	0,00	0,43	0,00
L10	0,15	0,00	0,50	0,00	0,63	0,00	**L10**	0,36	0,00	0,37	0,00	0,61	0,00
L50	0,52	0,00	0,20	0,00	0,70	0,00	**L50**	0,57	0,00	0,23	0,00	0,68	0,00
L90	0,24	0,00	0,14	0,00	0,37	0,00	**L90**	0,45	0,00	0,15	0,00	0,52	0,00
Leq	0,07	0,00	0,43	0,00	0,49	0,00	**Leq**	0,26	0,00	0,34	0,00	0,50	0,00

Ponto 23	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 24	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,04	0,00	0,25	0,00	0,26	0,00	**Lmax**	0,08	0,00	0,16	0,00	0,22	0,00
Lmin	0,17	0,00	0,02	0,07	0,17	0,00	**Lmin**	0,05	0,00	0,01	0,08	0,08	0,00
L10	0,52	0,00	0,19	0,00	0,58	0,00	**L10**	0,62	0,00	0,17	0,00	0,73	0,00
L50	0,65	0,00	0,12	0,00	0,67	0,00	**L50**	0,26	0,00	0,00	0,58	0,25	0,00
L90	0,40	0,00	0,04	0,01	0,40	0,00	**L90**	0,08	0,00	0,01	0,17	0,10	0,00
Leq	0,24	0,00	0,26	0,00	0,40	0,00	**Leq**	0,33	0,00	0,21	0,00	0,49	0,00

- *R^2 = coeficiente de determinação, indica a correlação entre as variáveis, quanto mais próximo de 1, maior a correlação;*
- *p = grau de significância, $p \leq 0,05$ indica uma correlação significativa, com grau de confiança de 95%.*

Obs.: o número de pontos analisados, em cada teste, foi 144.

Continuação da Tabela 8-3

Ponto 25	Leves		Pesados		Leves e Pesados		Ponto 26	Leves		Pesados		Leves e Pesados	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,00	0,79	0,17	0,00	0,17	0,00	**Lmax**	0,05	0,01	0,29	0,00	0,29	0,00
Lmin	0,14	0,00	0,09	0,00	0,24	0,00	**Lmin**	0,11	0,00	0,21	0,00	0,24	0,00
L10	0,06	0,00	0,51	0,00	0,60	0,00	**L10**	0,35	0,00	0,55	0,00	0,67	0,00
L50	0,40	0,00	0,19	0,00	0,63	0,00	**L50**	0,44	0,00	0,38	0,00	0,61	0,00
L90	0,29	0,00	0,13	0,00	0,45	0,00	**L90**	0,21	0,00	0,25	0,00	0,34	0,00
Leq	0,06	0,00	0,39	0,00	0,48	0,00	**Leq**	0,18	0,00	0,49	0,00	0,53	0,00
Ponto 27	**Leves**		**Pesados**		**Leves e Pesados**		**Ponto 28**	**Leves**		**Pesados**		**Leves e Pesados**	
	R^2	p	R^2	p	R^2	p		R^2	p	R^2	p	R^2	p
Lmax	0,01	0,13	0,22	0,00	0,24	0,00	**Lmax**	0,02	0,05	0,12	0,00	0,12	0,00
Lmin	0,00	0,54	0,20	0,00	0,20	0,00	**Lmin**	0,28	0,00	0,39	0,00	0,57	0,00
L10	0,09	0,00	0,43	0,00	0,55	0,00	**L10**	0,09	0,00	0,71	0,00	0,73	0,00
L50	0,01	0,12	0,48	0,00	0,51	0,00	**L50**	0,29	0,00	0,70	0,00	0,85	0,00
L90	0,00	0,45	0,30	0,00	0,30	0,00	**L90**	0,37	0,00	0,46	0,00	0,71	0,00
Leq	0,02	0,03	0,40	0,00	0,45	0,00	**Leq**	0,09	0,00	0,51	0,00	0,54	0,00

- *R^2 = coeficiente de determinação, indica a correlação entre as variáveis, quanto mais próximo de 1, maior a correlação;*
- *p = grau de significância, $p \leq 0,05$ indica uma correlação significativa, com grau de confiança de 95%.*

Obs.: o número de pontos analisados, em cada teste, foi 144.

Analisando-se, ainda, os testes de regressão linear simples, percebe-se que o tráfego de veículos pesados, na maioria dos pontos, esteve altamente relacionado ao L_{10}, como já era de se esperar, pois os veículos pesados contribuem em maior grau com os níveis de pressão sonora mais altos. No caso destes veículos, o L_{eq} também obteve, em alguns casos, um alto coeficiente de determinação, explicando bem a contribuição dos veículos pesados aos níveis sonoros.

Quando se fez o teste de regressão linear múltipla entre os descritores sonoros e os veículos leves e pesados, os resultados foram bem melhores. Os veículos leves e pesados, em conjunto, explicaram muito melhor a relação entre os níveis de pressão sonora e fluxo de veículos do que quando tomados separadamente. Neste caso, o nível estatístico L_{10} foi o descritor que obteve os melhores coeficientes de determinação,

seguido pelo L_{50}, que também explicou muito bem a influência do tráfego de veículos no ruído ambiental medido.

Além disto, na grande maioria dos pontos, todos os descritores sonoros analisados (L_{max}, L_{min}, L_{10}, L_{50}, L_{90} e L_{eq}) tiveram um coeficiente de determinação maior quando relacionados ao número de veículos leves e ao número de veículos pesados, ao mesmo tempo. Só o L_{max} obteve resultados semelhantes quando analisado com o número de veículos pesados, tomado separadamente, e com o número de veículos leves e pesados, em conjunto, para a maioria dos pontos.

Pode-se, ainda, fazer uma análise dos pontos dividindo-os em grupos onde a relação entre os veículos leves e pesados e os níveis sonoros foi semelhante. Um primeiro grupo, formado pela maioria dos pontos, reflete as características típicas da realidade urbana onde, normalmente, os veículos leves se relacionam melhor com os níveis de pressão sonora mais baixos (L_{min}, L_{90} e L_{50}), enquanto que os veículos pesados se relacionam melhor com os níveis sonoros mais elevados (L_{max} e L_{10}). Neste caso, em geral, os veículos explicam muito bem a variação do ruído ambiental.

Um segundo grupo é formado por pontos onde é muito pequena a influência do tráfego nas variáveis sonoras (pontos 5, 6, 11, 19 e 20). Neste caso, apenas o L_{max} e o L_{10} se relacionaram com o trânsito, pois são locais tranqüilos, onde no momento em que passa um carro seu ruído é suficiente para afetar os níveis sonoros presentes, influenciando mais os níveis mais altos.

Existe, ainda, um terceiro grupo que corresponde a uma situação intermediária (pontos 2, 4, 12, 17, 18 e 24). Neste, o trânsito de veículos explica os valores máximos e médios (L_{max}, L_{10}, L_{50} e L_{eq}), tendo pouca influência sobre o L_{90} e sobre o L_{min}, fato que pode ser verificado nos seus baixos coeficientes de determinação. Nestes pontos, o ruído do tráfego veicular parece não influenciar o ruído de fundo.

Já nos locais com grande fluxo de veículos, o ruído do tráfego veicular é responsável por praticamente quase todo o ruído ambiental. Isto pode ser constatado nos altos coeficientes de determinação aí presentes (pontos 8, 9, 10, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 28), principalmente quando se relaciona os veículos leves e pesados, em conjunto, com os descritores sonoros. Neste caso, o ruído do tráfego faz com que o ruído de fundo fique mais alto mascarando, muitas vezes, o ruído de outras fontes sonoras existentes.

Outro fato observado é que, para a maioria dos locais, o trânsito de veículos leves e pesados explica de 40 a 50% a variação do L_{eq}. No entanto, nos pontos onde o fluxo de veículos foi pequeno (5, 6, 11, 12, 19 e 20) o coeficiente de determinação entre estas grandezas foi menor do que 0,40.

Em relação ao L_{90}, a pior relação encontrada com os veículos leves e pesados foi no ponto 19, que foi, também, o único ponto onde o L_{eq} não se correlacionou significativamente com o tráfego de veículos leves e pesados. Este resultado pode ser explicado pelo pequeno fluxo de veículos que passou em frente ao ponto, pela localização deste ponto e pelas diversas fontes sonoras que influenciaram o ruído ambiental ali presente, como já foi dito (torre de resfriamento de ar condicionado, ruído de fundo do tráfego veicular das avenidas próximas, cortador de grama, entre outros). Em menor grau, valores pequenos do coeficiente de determinação para o L_{90} foram observados nos pontos 5, 6, 11, 18 e 20, que também estão situados em locais com características especiais e onde o fluxo de veículos foi muito pequeno.

Apenas nos pontos 5, 6 e 19 o L_{max} se relacionou mais ou igualmente aos veículos leves do que aos veículos pesados, embora no ponto 19 as relações entre o tráfego de veículos com este descritor não tenham sido significativas. Pode-se concluir, então, que nestes pontos existe pouca ou nenhuma influência dos veículos pesados. Estes mesmos pontos, juntamente com o ponto 11, 17 e 20, foram também os únicos em que os veículos leves e pesados, em conjunto, não se relacionaram significativamente com todas as variáveis sonoras. Estes pontos estão, então, fora do

padrão geral, devendo sofrer influências de outras variáveis que não o tráfego de veículos.

Diante destas análises, pôde-se confirmar que o ruído ambiental é uma grandeza difícil de ser estudada devido às diversas fontes sonoras, morfologias urbanas, características das vias e do fluxo de veículos presentes nos ambientes urbanos. Todos estes fatores fazem com que sejam diversas as situações sonoras encontradas.

8.3 Análise dos mapas acústicos dos horários de pico da UNICAMP

No final do capítulo anterior, foram apresentados mapas acústicos mostrando a distribuição espacial dos níveis de pressão sonora equivalente contínuos, medidos nos 28 pontos do campus da UNICAMP. Estes mapas foram feitos para os horários de pico de 8:00 às 9:00, de 12:00 às 13:00 e de 17:00 às 18:00 horas, correspondendo, então, aos cenários acústicos mais críticos ao longo do dia, na universidade. Neles é possível observar, através da escala gradual de cores, a variação dos níveis sonoros de 50,0 à 80,0 dB(A). As cores tendendo para o vermelho indicam locais com níveis de pressão sonora mais elevados e as cores tendendo ao azul indicam locais com níveis de pressão sonora mais baixos.

A representação do mapeamento acústico da UNICAMP através de um mapa com círculos, obedecendo a uma escala de cores, foi a alternativa encontrada, uma vez que não há, na Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, um software específico para o mapeamento acústico. Existem softwares que geram linhas isoacústicas, que representam locais com mesmos níveis sonoros, semelhantes às utilizadas em mapas topográficos para representar o relevo. Estes softwares tem um custo muito alto, não tendo sido viável, até o momento, adquiri-los. Tentou-se utilizar softwares empregados em mapeamentos em geral, que efetuam a interpolação entre pontos construindo também, como resultado, mapas. Entretanto, seu uso não foi possível, pois no caso do

mapeamento sonoro é necessário que se leve em consideração o fenômeno do decaimento do som ao longo de sua propagação.

Analisando-se os mapas acústicos da UNICAMP, verifica-se que, para o horário de 8:00 às 9:00, existem 9 pontos com valores entre 50,0 e 65,0 dB(A) e 19 pontos com valores entre 65,0 e 80,0 dB(A). Observa-se, então, que para este horário a grande maioria dos pontos possui altos níveis sonoros, existindo 7 pontos amarelos, 10 pontos laranjas e dois pontos vermelhos (Figura 8-1). Já para o horário de 12:00 às 13:00, houve uma pequena redução na diferença entre o número de pontos com níveis mais altos e o número de pontos com níveis mais baixos. São encontrados, assim, 11 pontos com valores entre 50,0 e 65,0 dB(A) e 17 pontos entre 65,0 e 80,0 dB(A), sendo 10 pontos amarelos, 6 laranjas e 1 vermelho. Ainda neste horário, pode-se perceber que além do número de pontos com níveis de ruído mais alto ter diminuído, houve um maior número de pontos amarelos, em relação aos laranjas, e apenas 1 ponto vermelho. Já em relação ao horário das 17:00 às 18:00, 15 pontos obtiveram valores entre 50,0 e 65,0 dB(A) e 13 pontos valores entre 65,0 e 80,0 dB(A). Apesar da diferença entre o número de pontos com maiores e menores níveis sonoros ter diminuído, neste horário houveram 5 pontos vermelhos.

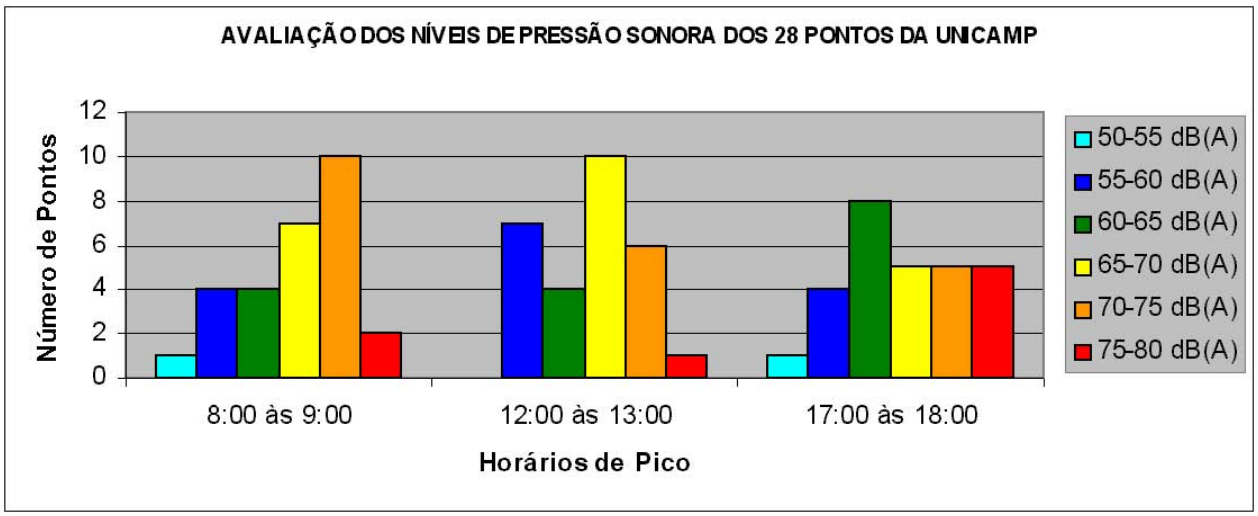

Figura 8-1. Análise dos mapas acústicos dos horários de pico da UNICAMP

Uma análise geral da Figura 8-1 permite perceber, então, que no horário de pico do período da manhã, 8:00 às 9:00 horas, momento de chegada de funcionários, professores, alunos e demais usuários da UNICAMP os pontos possuíram, em geral, níveis de pressão sonora mais altos do que os encontrados nos outros horários. Já o horário das 17:00 às 18:00 mostrou-se problemático para, principalmente, 5 pontos (7, 9, 10, 15 e 17), onde os níveis sonoros superaram 75,0 dB(A). Observando-se os mapas, pode-se perceber que os pontos nos quais os níveis sonoros medidos foram mais altos, representados por laranja e vermelho, principalmente, são os pontos localizados próximos às portarias ou nas principais avenidas do campus.

Nos mapeamentos acústicos realizados em Portugal é utilizada uma classificação de acordo com os níveis de pressão sonora. Os pontos com $L_{eq} \leq 65$ dB(A) são considerados pouco ruidosos, já os pontos com $65 < L_{eq} < 75$ dB(A) são considerados ruidosos e os pontos onde o $L_{eq} \geq 75$ dB(A) são considerados muito ruidosos (COELHO et al, 1996). Esta classificação ajuda a perceber a situação acústica do campus da UNICAMP, nos horários de pico.

8.4 Sugestões para melhoria do ambiente acústico da UNICAMP

Diante dos resultados obtidos com a medição sonora no campus da UNICAMP e a constatação de que os níveis de ruído ali presentes estão acima dos estabelecidos pelas normas de conforto ambiental, algumas medidas poderiam ser tomadas com o objetivo de melhorar a qualidade do ambiente acústico da universidade.

Observou-se, ao longo das medições sonoras, uma grande porcentagem de veículos com elevada idade e precário estado de conservação que trafegam no campus e que contribuem grandemente com os altos níveis de ruído ambiental. No caso dos automóveis, deveriam ser feitas, então, campanhas educativas incentivando a correta manutenção dos mesmos. Já no caso dos veículos responsáveis pelo transporte coletivo, principalmente os ônibus, verifica-se que a prefeitura, ou o órgão responsável,

deveria fazer um controle rigoroso destas frotas verificando os níveis de emissão sonora exigindo, quando necessário, uma correta manutenção dos mesmos ou a sua substituição por veículos mais novos e silenciosos.

No caso de outras fontes sonoras como, por exemplo, os cortadores de grama, se for viável, estes aparelhos deveriam ser utilizados em horários que não coincidissem com os horários de aula. Já em relação aos reatores de luz, torres de resfriamento de ar condicionado, e outros equipamentos situados em locais em que gerem incômodo, deveriam ser feitos estudos para enclausurar tais máquinas diminuindo, assim, o ruído emitido por elas. Na própria UNICAMP existem professores e laboratórios capacitados para realizar tais estudos.

Estas medidas estariam procurando reduzir o ruído a partir das fontes sonoras. Já em relação às atividades desenvolvidas na UNICAMP e aos seus usuários, que são incomodados pelos altos níveis de ruído no interior das edificações, as informações adquiridas com o mapeamento sonoro podem auxiliar, por exemplo, no planejamento da implantação de novas edificações. Edificações que exijam maior silêncio devem, se possível, serem implantadas em locais com níveis de pressão sonora mais baixos, de modo a favorecerem o conforto acústico de seus usuários e o maior rendimento e concentração das pessoas nas atividades de ensino/aprendizagem. No entanto, caso seja necessário construir em locais ruidosos, deve-se prever, no momento do projeto, índices de isolamento sonoro suficientes para garantir os níveis de conforto no interior das edificações. Deve-se utilizar, então, técnicas e materiais construtivos que garantam este isolamento, ou seja, a redução dos níveis sonoros internos em relação aos níveis sonoros externos. Além disto, uma escolha cuidadosa quanto à implantação, volumetria, localização das aberturas, entre outros, pode também favorecer o conforto acústico no interior de edificações. Contudo, mesmo tomando os cuidados necessários durante o projeto, não se pode esquecer que a situação do clima brasileiro dificulta, muitas vezes, a existência de níveis sonoros internos ideais. As altas temperaturas fazem com que, na maior parte do ano, as janelas das edificações fiquem abertas para favorecer a ventilação. Com isto, as janelas se tornam um ponto fraco permitindo a

entrada quase que total do som externo para os ambientes internos. Assim sendo, as edificações situadas em locais com altos níveis de ruído acabam tendo que utilizar, por exemplo, aparelhos de ar condicionado para poder manter as janelas fechadas e garantir o conforto térmico, embora estes equipamentos acabem sendo uma fonte de ruído interno. Diante disto, a melhor solução seria, sempre que possível, localizar as novas edificações em locais com níveis de pressão sonora mais baixos.

No caso de edificações já implantadas em ruas e avenidas com altos níveis sonoros, uma solução poderia ser a utilização de elementos arquitetônicos ou decorativos que exercessem a função de barreiras acústicas. Vários estudos tem sido desenvolvidos testando diversos tipos de materiais, tais como concreto, madeira, materiais transparentes ou metálicos, com esta finalidade (NETO e BERTOLI, 2002).

8.5 Avaliação geral das metodologias de mapeamento acústico

Ao terminar a análise do mapeamento acústico da UNICAMP, é possível fazer, então, uma comparação entre os resultados obtidos nesta coleta de dados, através da metodologia elaborada nesta pesquisa, com as metodologias utilizadas no Brasil e no mundo para o mapeamento sonoro (Tabelas 5-1 e 5-2). Estas análises irão se somar às informações existentes no Capítulo 6 formando um banco de dados, de procedimentos e de sugestões para o planejamento e execução de um mapeamento acústico.

Na metodologia utilizada para o mapeamento acústico da UNICAMP, optou-se, como já foi dito, por coletar todos os dados que todas as metodologias estudadas utilizaram para poder, então, analisá-los.

Assim como os demais fatores a serem definidos para o mapeamento acústico, a escolha dos pontos de medição vai depender do objetivo da medição, das fontes sonoras analisadas, da área a ser mapeada, da disponibilidade de recursos financeiros, de equipamentos, de pessoal e de tempo. Percebe-se, nas metodologias estudadas, que o número e a distribuição dos pontos varia muito, sendo que uma das dificuldades

em se realizar um mapeamento acústico é o grande número de medições. A medição na UNICAMP confirmou esta dificuldade, pois neste caso haviam apenas 3 pessoas para a medição de 12 horas seguidas, nos 28 pontos. Percebeu-se, claramente, a necessidade de se ter uma equipe preparada para a coleta de dados, que viabilize um revezamento em turnos. Além disto, quando se tem mais de um equipamento de medição, pode-se coletar os dados mais rapidamente, com medições simultâneas em pontos diferentes.

Em relação aos dias de medição, em geral, o mais comum é serem escolhidos dias úteis, ou dias que reflitam as características típicas do local a ser mapeado. No entanto, esta escolha vai sempre depender do objetivo da pesquisa, do tipo de ruído ambiental sob estudo. Sempre que possível, as medições deveriam ser realizadas nos mesmos horários e dias da semana para todos os pontos. Entretanto, na maioria dos casos, a disponibilidade de tempo, equipamentos, pessoal e recursos financeiros limita esta escolha. No caso da medição na UNICAMP, a coleta de dados foi realizada às terças, quartas e quintas-feiras que não fossem feriado. O ideal seria que todos os pontos tivessem sido medidos às quartas-feiras, por exemplo, mas com isto o tempo de coleta de dados iria se estender por muitos meses, o que não era desejável.

Já o horário da medição, normalmente, é escolhido de modo a representar períodos do dia (Tabela 5-1), mas no caso do mapeamento da UNICAMP, foi feito ao longo de 12 horas, continuamente, das 7:00 às 19:00, para os 28 pontos analisados. Esta longa medição, apesar de ter a vantagem de quantificar todo o comportamento do ruído ambiental no período diurno, é muito cansativa e onerosa, sendo difícil de ser aplicada. Na maioria das metodologias pesquisadas são feitas medições em horários do dia representando os horários de pico ou os horários que correspondam a uma situação de maior incômodo, dependendo do objetivo do mapeamento acústico. Os resultados da medição contínua na UNICAMP permitiram observar que se o enfoque for a análise do ruído ambiental nos horários mais críticos, os intervalos de coleta de dados seriam das 8:00 às 9:00, das 12:00 às 13:00 e das 17:00 às 18:00 horas. Percebe-se, assim, que uma medição contínua pode ser útil para identificar, de acordo com o local e com o

objetivo do mapeamento, quais devem ser os horários de medição para todos os pontos. A execução de uma medição diária, ou semanal, antes de se iniciar a medição em todos os pontos, já tem sido um procedimento adotado por alguns pesquisadores (SUÁREZ e PÉREZ, 1998).

Um caso especial de medição contínua pode ser feito através do uso de monitores acústicos fixos. Estes aparelhos têm a vantagem de registrarem e de documentarem os níveis de pressão sonora constantemente, 24 horas por dia, durante anos. Eles possibilitam uma análise completa da variação do ruído ambiental nos locais onde os equipamentos se encontram, como foi feito em 5 pontos da cidade de Curitiba (BORTOLI, 2003). No entanto, na utilização de medições como estas, são necessários recursos financeiros e um planejamento adequado. Deve-se ter equipamentos extras que possibilitem fazer a manutenção corretiva e preventiva dos medidores sonoros utilizados em campo, de modo que não se deixe de fazer medidas pelo fato dos mesmos estarem desligados temporariamente. O custo da instalação e manutenção destes aparelhos ainda é muito alto, assim, este tipo de equipamento ainda não é muito utilizado.

Já em relação à duração das medidas, ela tem que ser suficiente para caracterizar o ambiente acústico em estudo, de acordo com as fontes sonoras envolvidas. Um tempo de medição curto tem a vantagem de agilizar a coleta de dados e de ser menos cansativo, mas corre o risco de não gerar informações suficientes. Já uma medição muito longa pode não ser necessária, podendo-se obter os mesmos resultados com intervalos de tempo menores. Só a partir de uma medição de um dia inteiro pode-se, então, adaptar melhor o intervalo de tempo de medição de acordo com a situação em estudo. Nas metodologias consultadas, observa-se que o tempo de medição varia de segundos à minutos e mesmo horas, mas, na maioria dos casos, coleta-se os dados a cada 5, 10 ou 15 minutos. Na coleta de dados na UNICAMP, optou-se por um intervalo de medida de 5 minutos, como já foi explicado no Capítulo 6.

Em relação às grandezas acústicas, verificou-se que o L_{eq}, descritor sonoro indicado pela maioria das normas e legislações para a caracterização do ruído ambiental, foi medido em todas as metodologias consultadas. Na coleta de dados na UNICAMP, coletou-se o L_{eq} e vários outros descritores utilizados, também, nestas metodologias. Nos testes de regressão linear simples e múltipla realizados entre o L_{eq} e o número de veículos leves e pesados foram encontrados valores de coeficiente de determinação muito bons, se comparados com os encontrados para os demais descritores. Entretanto, o L_{eq} não foi o descritor que melhor explicou esta relação, pois ele é utilizado para quantificar o ruído ambiental e, no caso específico desta medição, havia uma contribuição muito grande do ruído proveniente do tráfego de veículos, confirmando o L_{10} como o melhor descritor para esta situação. Sem fazer a correlação com o tráfego de veículos e observando-se os gráficos com todos os descritores sonoros, pode-se perceber que o L_{eq} possui valores intermediários entre todos os descritores coletados fazendo com que, numa análise geral, ele seja apropriado para caracterizar o ruído ambiental.

A partir dos dados obtidos, constatou-se uma grande proximidade entre os valores encontrados para diferentes descritores sonoros. Isto pode ser visto, por exemplo, no caso do L_1 e do L_{max}, do L_5 e do L_{10}, do L_{95} e do L_{90} e do L_{99} e do L_{min}, como já foi mostrado na apresentação dos resultados (Figura 7-4 e 7-5). A partir desta análise, a menos que se tenha um objetivo específico no mapeamento acústico e que algum descritor em especial deva ser utilizado, percebe-se que não é necessário coletar todas estas grandezas. Pode-se medir apenas, por exemplo, L_{max}, L_{10}, L_{90} e L_{min}, além do L_{eq}. Esta redução no número de descritores diminui o número de dados final, facilitando a análise e organização das informações, sem perda de conteúdo.

A partir dos testes de regressão linear simples e múltipla percebe-se, também, que em alguns casos o L_{50} explica muito bem o ruído produzido pelo tráfego de veículos, como no caso do ruído produzido por veículos leves. Sendo assim, se o mapeamento acústico envolver o ruído proveniente do tráfego veicular pode-se, também, medir o L_{50}.

Além disto, a partir destes testes confirmou-se ser o L_{10} o descritor sonoro que melhor caracteriza o ruído do tráfego veicular. No entanto, no mapeamento acústico da UNICAMP, observou-se uma grande variedade de fluxos e composição do tráfego que, juntamente com as características físicas e com as fontes sonoras específicas de cada ponto, fez com que nem sempre o L_{10} se correlacionasse bem com o número de veículos leves e pesados. Assim, verifica-se que o L_{10} só deve ser utilizado como representante do ruído veicular sob determinadas circunstâncias, ou seja, quando houver um fluxo de veículos suficiente para que o ruído do tráfego veicular seja preponderante sobre o ruído das demais fontes sonoras.

Diante destas análises pode-se perceber que é possível adaptar a coleta de dados de acordo com os descritores sonoros que o medidor de nível pressão sonora disponível for capaz de coletar. No caso, por exemplo, em que não for possível coletar os níveis estatísticos, o L_{max}, o L_{min} e o L_{eq} podem gerar dados suficientes, lembrando-se da aproximação dos valores destes descritores com os valores do L_5 e L_{10}, L_{90} e L_{95} e L_{50}, respectivamente.

Além das informações e experiências adquiridas nas metodologias estudadas e no mapeamento acústico da UNICAMP, já citados, pode-se dizer, ainda, que o planejamento inicial do mapeamento, antes de iniciar as medições, pode facilitar muito a coleta de dados e economizar muita energia, recursos e tempo. Percebe-se que antes de determinar os pontos a serem medidos e os demais parâmetros para um mapeamento acústico, é importante que se faça um estudo da área a ser mapeada. Sempre que possível deve-se fazer visitas a campo para entender um pouco como é o seu dia a dia, qual o movimento do local e quais as fontes sonoras presentes. Esta observação e aproximação inicial pode gerar muitas informações.

Uma vez que já tenha-se o objetivo do mapeamento acústico bem definido, deve-se, então, escolher os pontos de medição. Maiores detalhes a respeito da escolha do número e distribuição destes pontos no espaço, assim como dos demais fatores relacionados ao mapeamento sonoro, foram comentados ao longo da dissertação,

principalmente no Capítulo 5. Além dos pontos de medição, deve-se escolher os dias, horários e duração das medições, assim como as grandezas que devem ser coletadas e os equipamentos utilizados.

Para auxiliar nestas decisões, deve-se procurar identificar, quando possível, dois pontos com situações extremas, um com grande movimento e, provavelmente, altos níveis sonoros e outro com pouco movimento, mais silencioso. Nestes pontos deve ser feita pelo menos uma medição diária contínua para se ter uma idéia do comportamento do ambiente acústico ali presente. O dia escolhido deve ser de movimento normal, a menos que o objetivo do mapeamento seja direcionado a dias e horários específicos. Caso se tenha equipamento e equipe suficientes, pode-se fazer uma medição contínua durante uma semana para se ter uma visão mais completa da variação do ruído ambiental. Esta medição diária funciona como uma medição teste, indicando se algum parâmetro deve ser alterado para melhorar os resultados, antes que se inicie as medições definitivas em todos os pontos. Além disto, a partir dela fica mais fácil definir os horários de medição, uma vez que a medição teste dará informações a respeito da variação geral dos níveis sonoros.

Já em relação às grandezas a serem coletadas e aos equipamentos utilizados, deve-se sempre, antes de defini-los, pesquisar nas normas e legislações locais, referentes à poluição sonora e ao ruído ambiental, para ver se existe alguma especificação a este respeito. O levantamento das grandezas meteorológicas, de tráfego e geométricas é importante para caracterizar os pontos de medição no momento em que os dados acústicos são coletados. Elas são um complemento que ajuda a explicar os níveis de pressão sonora medidos e a entender o comportamento do ambiente acústico estudado.

No Capítulo 7 não foram colocados os dados meteorológicos existentes durante as medições no campus da UNICAMP uma vez que eles estiveram dentro da faixa de valores considerada como apropriada para medições acústicas.

9 Conclusões

Ao se fazer o mapeamento acústico da UNICAMP, pôde-se observar as diversas informações que se pode obter com este tipo de procedimento. Estas informações são fonte de dados para um melhor direcionamento do planejamento urbano e do crescimento das cidades favorecendo, então, a qualidade de vida da população.

Constatou-se, na UNICAMP, que os níveis de pressão sonora ali presentes estavam acima dos limites estabelecidos pelas normas de conforto na comunidade, em todo o período de medição, em todos os pontos de coleta de dados. Com isto, medidas para a redução do ruído ambiental devem ser tomadas. Na UNICAMP, assim como na maioria dos mapeamentos acústicos realizados, o tráfego de veículos foi considerado como a principal fonte de ruído. Assim, medidas tais como o controle da emissão sonora pelos veículos podem ser tomadas. Em relação a outras fontes sonoras presentes na universidade (geradores e torres de resfriamento de ar condicionado, por exemplo) que causem incômodo, dependendo do caso, pode-se enclausurá-las.

Observando-se o campus da UNICAMP pode-se perceber, ainda, uma tendência de ocupação dos terrenos vazios por novas construções. Os resultados obtidos pelo mapeamento acústico podem auxiliar, então, no planejamento da implantação destas edificações, ao indicar os locais mais silenciosos e os locais mais ruidosos da universidade. A partir destas informações pode-se, de acordo com o ambiente acústico do terreno, projetar as novas edificações de modo a garantir o

conforto acústico interno, favorecendo a realização das atividades e o bem estar dos usuários.

Os conhecimentos adquiridos a partir do estudo das metodologias para mapeamento acústico utilizadas por diversos pesquisadores, somado à experiência obtida com a realização do mapeamento acústico da UNICAMP, nos fez perceber a dificuldade que seria a determinação de uma metodologia para o mapeamento sonoro. Percebe-se que a variedade de procedimentos adotados ocorre devido à variedade de ambientes acústicos existentes. Assim, de acordo com o objetivo do mapeamento, cada pesquisador ajusta as variáveis envolvidas e elabora uma metodologia apropriada para o seu mapeamento. Percebe-se que o importante neste processo é que se conheça muito bem as características do local a ser mapeado para que seja possível elaborar a metodologia a ser adotada de modo que os resultados obtidos reflitam as peculiaridades do ambiente acústico em estudo.

As informações obtidas nesta pesquisa favoreceram a elaboração, ao longo da dissertação, de diversas diretrizes e sugestões que podem auxiliar o planejamento de mapeamentos acústicos. Não foram estabelecidos passos definidos, prontos para serem seguidos, mas espera-se que estas informações auxiliem e estimulem a realização de mais mapeamentos acústicos.

10 Perspectivas futuras

Terminada a medição e o mapeamento do ruído ambiental da UNICAMP, novas pesquisas podem ser desenvolvidas para dar continuidade ao estudo do conforto acústico da Universidade.

Uma delas seria a medição do ruído ambiental próximo às edificações e a comparação entre os valores medidos nestes locais com os níveis sonoros encontrados no mapeamento acústico.

Outra pesquisa seria a medição do ruído no interior das edificações, verificando se os níveis sonoros presentes estão de acordo com os limites estabelecidos pelas legislações para o conforto acústico, de acordo com as atividades desenvolvidas. Para complementar este levantamento de dados, pode-se verificar, ainda, a resposta dos funcionários e dos alunos frente ao ruído presente nas edificações.

11 Anexos

11.1 Anexo A – Planilhas de coleta de dados

Tabela 11-1. Planilha de coleta de dados: variáveis acústicas e geométricas

PONTO	DATA
COORDENADAS X:	**Y:**
LOCALIZAÇÃO	

VARIÁVEIS ACÚSTICAS	
L_{Aeq}, L_{ASmax}, L_{ASmin}, L_{AS1}, L_{AS10}, L_{AS50}, L_{AS90}, L_{AS99}, L_{Cpk}, L_{AE}(ASEL)	Microfone a 1,20 m de altura.
Tipo de pavimento do local da medição:	Distância do ponto ao obstáculo mais próximo (m):
Distância do ponto à via (m):	Distância do ponto ao cruzamento mais próximo (m):
VARIÁVEIS GEOMÉTRICAS	
Tipo de pavimento da via:	Conservação do pavimento da via:
Largura da via (m):	Declividade da via (%):
Largura do passeio da medição (m):	Largura do passeio oposto (m):
Número de pistas de rolamento:	Presença de canteiro central / Largura (m):
Distância entre as edificações opostas (m):	Altura média das edificações (m):
Presença de lombada, semáforo, interseção, outros:	
OBSERVAÇÕES EFETUADAS DURANTE AS MEDIÇÕES	

Tabela 11-2. Planilha de coleta de dados: velocidade do vento e composição do tráfego

PONTO										DATA				
Velocidade do vento (m/s): valor mínimo (Vmin) e máximo (Vmax)														
Fluxo de veículos: número de veículos leves (NL) e número de veículos pesados (NP)														
	Vmin	Vmax	NL	NP		Vmin	Vmax	NL	NP		Vmin	Vmax	NL	NP
7:05					11:05					15:05				
7:10					11:10					15:10				
7:15					11:15					15:15				
7:20					11:20					15:20				
7:25					11:25					15:25				
7:30					11:30					15:30				
7:35					11:35					15:35				
7:40					11:40					15:40				
7:45					11:45					15:45				
7:50					11:50					15:50				
7:55					11:55					15:55				
8:00					12:00					16:00				
8:05					12:05					16:05				
8:10					12:10					16:10				
8:15					12:15					16:15				
8:20					12:20					16:20				
8:25					12:25					16:25				
8:30					12:30					16:30				
8:35					12:35					16:35				
8:40					12:40					16:40				
8:45					12:45					16:45				
8:50					12:50					16:50				
8:55					12:55					16:55				
9:00					13:00					17:00				
9:05					13:05					17:05				
9:10					13:10					17:10				
9:15					13:15					17:15				
9:20					13:20					17:20				
9:25					13:25					17:25				
9:30					13:30					17:30				
9:35					13:35					17:35				
9:40					13:40					17:40				
9:45					13:45					17:45				
9:50					13:50					17:50				
9:55					13:55					17:55				
10:00					14:00					18:00				
10:05					14:05					18:05				
10:10					14:10					18:10				
10:15					14:15					18:15				
10:20					14:20					18:20				
10:25					14:25					18:25				
10:30					14:30					18:30				
10:35					14:35					18:35				
10:40					14:40					18:40				
10:45					14:45					18:45				
10:50					14:50					18:50				
10:55					14:55					18:55				
11:00					15:00					19:00				

12 Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152**: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 7p.

ALVARES, P. A. S.; SOUZA, F. P. A poluição sonora em Belo Horizonte. **Acústica e vibrações**, Florianópolis, n. 10, p. 23-42, fev. 1992.

ALVES, C.; PIZZUTTI, J. L. Controle de poluição sonora no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 443-446.

ARRUDA, F. R, et al. Aspectos do controle de ruído urbano na cidade do Rio de Janeiro. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 410-415.

BARBOSA, H. M. O efeito de medidas de traffic calming no ruído em áreas urbanas. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 475-478.

BARROS, C. J. O. Análise espacial do controle da poluição sonora em Belo Horizonte. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 380-385.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1995.

BELDERRAIN, M. L. R. Ruído de tráfego: avaliação e análise de um caso prático. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 16, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SOBRAC, 1995. v.1, p. 37-40.

BERISTÁIN, S. El ruido es un serio contaminante. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 135-142.

BERTOLI, S. R. Quanto custa o conforto ambiental? In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002. p. 485-494.

BERTOLI, S. R.; PAIVA, C. E. L. O transporte e a sua poluição sonora. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACÚSTICA VEICULAR, 4, 1997, São Bernardo do Campo. **Anais...** São Bernardo do Campo: SIBRAV, 1997. p. 61-64.

BOAVENTURA, S. S, et al. Moderadores de tráfego. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000. p. 8.

BORTOLI, P. S.; KRÜGER, E. Avaliação do ruído urbano na região central de Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFSC, 2003. p. 770-778.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal, 1988. 292p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diagnóstico da gestão ambiental nas unidades da federação: relatório final – Estado de São Paulo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 001, de 08 de março de 1990**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>. Acesso em: 26 agosto 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 002, de 8 de março de 1990**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>. Acesso em: 26 agosto 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 001, de 11 de fevereiro de 1993**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>. Acesso em: 26 agosto 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 002, de 11 de fevereiro de 1993**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>. Acesso em: 26 agosto 2003.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego.Portaria n. 3214, 8/6/78, **NR 15**: Atividades e operações insalubres. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/Default.asp>. Acesso em: 08 setembro 2003.

BRÜEL & KJÆR. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, 2000. 65p.

BUCHI, C. E. G.; NUÑEZ, V. G. R. Estudio de impacto acústico – autopista urbana. Línea basal de ruído, modelación de futuros niveles de presión sonora plan de mitigación. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 451-454.

CABANELLAS, S. et al. Conflicto entre movilidad y ruído en la cuidad de Rosario, Argentina. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 479-482.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Lei n. 2.516, de 16 de junho de 1961**. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei2516.htm>. Acesso em: 26 agosto 2003.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Decreto n. 5.441, de 30 de junho de 1978**. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/dec5441.htm>. Acesso em: 26 agosto 2003.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Lei Orgânica de Campinas: publicação DOM de 31/03/1990**. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lom.htm>. Acesso em: 26 agosto 2003.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Código de projetos e execução de obras e edificações do município de Campinas: Lei n. 7.413 de 30 de dezembro de 1992**. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/lei7413.htm>. Acesso em: 26 agosto 2003.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Plano Diretor do Município de Campinas: Lei Complementar n. 004 de 17 de janeiro de 1996**. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/bibjuri/leicomp04.htm>. Acesso em: 26 agosto 2003.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. **Uso e ocupação do solo: Compilação Julho/2001: Lei n. 6.031/88**. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/seplan/downloads/dnld6031.htm>. Acesso em: 26 agosto 2003.

CAMPOS, A. C. A.; CERQUEIRA, E. A.; SATTLER; M. A. Ruídos urbanos na cidade de Feira de Santana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002. p. 125-134.

CAREY, J. H. Environmental noise monitoring; what to measure? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 17, 1996, Petrópolis. **Anais...** Petrópolis: SOBRAC, 1996. p. 207-210.

CASALI, J. G. Acoustical litigation issues in community noise annoyance. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 1-16.

COELHO, J. L. B. Ruído urbano: monitoração e modelação de ruído de tráfego rodoviário. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 16, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SOBRAC, 1995. v. 2, p. 35-42.

COELHO, J. L. B., et al. Avaliação da exposição ao ruído da população em Portugal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 17, 1996, Petrópolis. **Anais...** Petrópolis: SOBRAC, 1996. p. 275-278.

COELHO, J. L. B.; VALADAS, B.; GUEDES, M. Ruído ambiente em Portugal. **Acústica e vibrações**, Florianópolis, n. 18, p. 17-32, dez. 1996.

COLLADOS, E. Prevención del impacto acústico de nuevos proyectos. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 169-177.

CONDE, V. A. ISO 14000: desenvolvendo o veículo verde. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACÚSTICA VEICULAR, 3, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SIBRAV, 1995. TB 25 – 1/7.

COSTABAL, H.; SEBALLOS, S. Modelo de gestión para control del ruido urbano. In: CONGRESSO BRASIL/ARGENTINA, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 15, 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1994. p. 339-348.

DIAZ, E. G., et al. Evolución del nivel de ruido ambiental en la ciudad de Valencia: acciones de control. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 471-474.

FALETTY, P. Incidencia del ruido en la comunidad. In: CONGRESSO BRASIL/ARGENTINA, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 15, 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1994. p. 357-360.

FALKENSTEIN, R. Mecanismos influenciadores do ruído dos pneus. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACÚSTICA VEICULAR, 3, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SIBRAV, 1995. p TB 11-1/6

GARCIA, A. D. Ruido: el contaminante nuestro de cada dia. In: CONGRESSO MEXICANO DE ACÚSTICA, 1, 1994, Monterrey. **Anais...** Monterrey, 1994. p. 233-245.

GAVINOWICH, D. S.; RUFFA, F. Actualización de estudios sobre ruido dentro del plan urbano ambiental de la ciudad de Buenos Aires. **Acústica e vibrações**, Florianópolis, n. 26, p. 12-17, dez. 2000.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2. ed. Florianópolis: NR Editora, 2000. 676p.

GIERKE, H. E. V.; ELDRED, K. M. Efeitos do ruído no homem. **Acústica e vibrações**, Florianópolis, n. 19, p. 2-29, jul. 1997.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/1**: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 1: Basic quantities and procedures, 1996/1. Suiça, 1982. 5p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/2**: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 2: Acquisition of data pertinent to land use, 1996/2. Suiça, 1987. 7p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/3**: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 3: Application to noise limits, 1996/3. Suiça, 1987. 3p.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C. O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENTAC, 1993. p. 785-794.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software Surfer®**. Geomatemática, Texto Didático 8, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, 2002. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 06 dezembro 2002.

LEONEL, R. H. Regulación administrativa municipal de la contaminación por ruido en San Nicolás de los Garza, NL. In: CONGRESSO MEXICANO DE ACÚSTICA, 1, 1994, Monterrey. **Anais...** Monterrey, 1994. p. 247-253.

LÓPEZ, M. R. Estudio subjetivo del ambiente acústico en los municipios de la comunidad autónoma de Madrid. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 214-221.

LOURA, R. M.; VALADARES, V. M. Morfologia urbana e ruído ambiental: verificação da metodologia de pesos aplicada no bairro Floresta. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFSC, 2003. p. 745-752.

MACEDO, M. R. V.; SLAMA, J. G. Avaliação pós-ocupação acústica e a gestão ambiental urbana. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 392-397.

MAEKAWA, Z.; LORD, P. **Environmental and architectural acoustics**. London: E & FN Spon, 1994. 377p.

MAIA, M. A. L; SATTLER, M. A. Contribuição ao mapeamento do ruído urbano na cidade de Porto Alegre. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFSC, 2003. p. 761-769.

MAIZ, J. J. F.; LEON, R. V. La problemática del ruido en al área metropolitana de la ciudad de Monterrey. In: CONGRESSO MEXICANO DE ACÚSTICA, 1, 1994, Monterrey. **Anais...** Monterrey, 1994. p. 261-264.

MEHTA, M.; JOHNSON, J.; ROCAFORT, J. **Architectural acoustics: principles and design**. Columbus: Prentice Hall, 1999. 446p.

MENDEZ, A. M; BASSO, G. J. Investigaciones sobre ruído de tránsito en La Plata. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 208-213.

MORAES, E. M. L., LARA N. A. Mapa acústico de Belém. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFSC, 2003. p. 1496-1497.

MORAES, E. M. L., et al. Poluição sonora no centro comercial de Belém. . In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFSC, 2003. p. 753-760.

MURATON, R.; HAYASHI, S. Simulação e medições de ruído de aspiração de motores em laboratório. **Acústica e Vibrações**, Florianópolis, n. 14, p. 57-61, dez. 1994.

MURGEL, E. Especificação do pavimento como agente de controle de ruído de tráfego. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 276-281.

NETO, M. F. F; BERTOLI, S. R. Desempenho de barreiras acústicas ao ar livre: comparação entre aspectos objetivos e subjetivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002. p. 135-142.

NIELSEN, L.; SORENSEN, L. Novos desenvolvimentos em normalização internacional. **Acústica e Vibrações**, Florianópolis, n. 20, p. 2-14, dez. 1997.

NUNES, M. F. O.; DORNELLES, G. T.; SOARES, I. N. Medidas de atenuação do ruído de tráfego urbano para o conforto acústico em áreas residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000. n. 484

NUNES, M. F. O.; SANTOS, J. P. Estudo do ruído de tráfego veicular em Santa Maria. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 511-514.

NUNES, M. F. O.; SANTOS, J. L. P.; MALDANER, R. Estudo do ruído de tráfego veicular urbano em Santa Maria. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENTAC, 1998. p. 467-471.

PAIXÃO, D. X.; SANTOS, J. L. P. A acústica da sala de aula. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 16, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Plêiade Ltda M. E., 1995. p. 61-64.

PALHARES, D. A. G.; VECCI, M. A. M; PAVANELLO, L.. G. Ruído em ambiente urbano do tráfego veicular: resultados iniciais da aplicação de uma metodologia de mapeamento sonoro para áreas urbanas e industriais. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 459-462.

PALHARES, D. A. G., et al. Mapeamento sonoro do ruído do tráfego viário nas grandes cidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 17, 1996, Petrópolis. **Anais...** Petrópolis: SOBRAC, 1996. p. 215-218.

PRINZ, D. Tradução Luis Leitão. **Urbanismo 1: projecto urbano**. Lisboa: Presença, 1980. 189p.

RIOS, A. M.; SILVA, E. S. Evaluación de impacto ambiental en Chile: discusión de criterios involucrados para la contaminación acústica. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 16, 1995, São Paulo. **Anais…** São Paulo: SOBRAC, 1995. v. 1, p. 53-56.

RIVAS, I. S. Contaminación ambiental por ruido. In: CONGRESSO MEXICANO DE ACÚSTICA, 1, 1994, Monterrey. **Anais…** Monterrey, 1994. p. 219-225.

SATTLER, M. A.; ROTT, J. A. A.; CORADINI, R. A. Avaliação do ruído ambiental em Porto Alegre, RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENTAC, 1995. p. 647-652.

SATTLER, M. A. Ruído de tráfego rodoviário: estimativas a partir do fluxo de veículos. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 519-522.

SCHIMITT, N. I. M. et al. Gestão ambiental no controle da poluição sonora: a experiência de Porto Alegre. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 398-403.

SLAMA, J. G.; NIEMEYER, M. L. A. Estratégias para elaboração de uma legislação para o controle do ruído urbano em região de clima tropical úmido. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 499-502.

SOUZA, M. G. C.; ANDRADE, T. C. Q.; CRUZ, A. M. J. Ruído de tráfego em vias da Barra e Rio Vermelho na cidade de Salvador. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFSC, 2003. p. 737-744.

SUÁREZ, H.; PÉREZ, M. A. Desarrollo y aplicación de una metodología simples para determinar índices de contaminación acústica en una zona urbana (caso Comuna Talcahuano). In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 467-470.

TEIXEIRA, S. G.; TENENBAUM, R. A. A inovação tecnológica e os paradigmas da sustentabilidade: trajetórias na área de controle do ruído. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000a. p. 404-409.

TEIXEIRA, S. G.; TENENBAUM, R. A. Zona sul do Rio de Janeiro: controvérsias e litígios quanto à intensificação de auditorias do projeto silêncio. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000b. p. 422-427.

VALADARES, V. M.; GERGES, S. N. Y. Ruído de tráfego veicular em áreas urbanas: base de dados preliminar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 17, 1996, Petrópolis. **Anais...** Petrópolis: SOBRAC, 1996. p. 203-206.

VALADARES, V. M.; GERGES, S. N. Y. Comportamento das distribuições estatísticas acumuladas do ruído do tráfego veicular em vias arteriais em Belo Horizonte, MG. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 579-582.

VALADARES, V. M.; PAULA, M. A. R. Levantamento e análise de dados do ruído de tráfego veicular em corredores de transporte em Belo Horizonte. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 288-293.

ZANNIN, P. H. T, et al. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. **Rev. Saúde Pública**, 36(4), p. 521-524, 2002.