

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

ALINE SOUZA LOPES VENTURA NARDI

MAPEAMENTO SONORO EM AMBIENTE URBANO
ESTUDO DE CASO: ÁREA CENTRAL DE FLORIANÓPOLIS

FLORIANÓPOLIS
2008

ALINE SOUZA LOPES VENTURA NARDI

**MAPEAMENTO SONORO EM AMBIENTE URBANO
ESTUDO DE CASO: ÁREA CENTRAL DE FLORIANÓPOLIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo na Área de Concentração Comportamento Ambiental e Eficiência Energética das Edificações como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

**FLORIANÓPOLIS
2008**

ALINE SOUZA LOPES VENTURA NARDI

**MAPEAMENTO SONORO EM AMBIENTE URBANO
ESTUDO DE CASO: ÁREA CENTRAL DE FLORIANÓPOLIS**

Dissertação julgada e aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, em vinte e nove de setembro de dois mil e oito.

Prof. Carolina Palermo, Dra.
Coordenadora do Curso – Universidade Federal de Santa Catarina

Apresentada à Banca Examinadora integrada pelos professores:

Prof. Elvira Barros Viveiros, Dra.
Orientadora – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Carlos Loch, Dr.
Membro Interno – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Sônia Afonso, Dra.. (PósARQ/UFSC)
Membro Interno – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Elcione Lobato de Moraes, Dra.
Membro Externo – Universidade da Amazônia

Dedico essa dissertação a todas as pessoas que acreditaram na sua elaboração. Em especial ao meu marido, meus pais e minha irmã, que sempre confiaram nos meus esforços e apoiaram-me durante toda a trajetória, com muita compreensão e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me iluminar, abençoar e proteger ao longo da minha vida.

Ao meu marido Eduard, agradeço pelo incentivo e suporte nessa minha opção. Sua cumplicidade, compreensão, carinho e exaustiva dedicação me fizeram ter motivação para prosseguir.

Obrigada aos meus pais Bruno e Zê, por todo o carinho e dedicação demonstrada, por sempre apoiar meus sonhos e me incentivar a torná-los reais.

À minha irmã Marina obrigada pela amizade incondicional. Com seu carinho, você me fez principalmente, sorrir e relaxar ao longo desse trabalho.

À minha família e à família do meu marido, em especial aos meus sogros, meu agradecimento pela agradável convivência e por todo apoio dado durante estes dois anos.

Agradeço à amiga Fernanda Serrenho. Com você, a estada em Portugal deixou de ser solitária e ficou muito divertida. Obrigada por nos receber como seus filhos.

Às minhas amigas do GAAMA, Gi e Betoca, e ao amigo Bruno, que vivenciaram comigo todos os desafios e aprendizados proporcionados pela Universidade e pela Acústica, muito obrigada.

Meus sinceros e profundos agradecimentos a minha orientadora Professora Elvira Viveiros, pela competência e apoio durante o percurso de elaboração deste trabalho, por ouvir minhas inquietações e conduzir meus pensamentos.

Obrigada ao professor José Luis Bento Coelho e ao amigo Diogo Alarcão, pela paciência em me ensinar um pouco mais de acústica e por me receberem com imenso carinho em Portugal.

Aos professores membros da banca examinadora, Professora Elcione Lobato de Moraes, Professora Sônia Afonso e Professor Carlos Loch, muito obrigada pelas considerações que contribuíram para a evolução do trabalho.

Ao Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis – UFSC, principalmente nas pessoas do Sr. Wagner e Sr. Carlos Eduardo, muito obrigada pela disposição em contribuir para esta pesquisa.

À CAPES e ao Programa de bolsas de alto nível da União Européia para América Latina - Programa Alβan - pela concessão das Bolsas de Mestrado.

Por fim, sou muito grata a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse elaborar este trabalho.

RESUMO

NARDI, Aline Souza Lopes Ventura. **Mapeamento Sonoro em ambiente urbano. Estudo de caso: área central de Florianópolis.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. 130 p.

Depois da Segunda Guerra os países desenvolvidos experimentaram um rápido crescimento de suas cidades. A partir dos anos 60, a expansão urbana alcançou níveis inesperados. Em decorrência, todos os tipos de degradação ambiental são encontrados, sendo que há um lugar de destaque na sociedade moderna: a poluição sonora. O nível de ruído ambiental em todo o mundo tem sido motivo de preocupação para os pesquisadores. Esforços estão sendo empregados para a execução de mapeamentos sonoros, que auxiliam o planejamento de estratégias para redução dos níveis de ruído. Portanto, o conhecimento científico está sendo empregado visando tornarem as cidades lugares melhores para seus habitantes. No entanto, no Brasil, o ruído ambiental não tem recebido a atenção merecida devido à ausência de uma política nacional efetiva de controle do ruído urbano, sendo raras as exceções de conduções de pesquisas que geralmente ocorrem em grandes centros. A cidade de Florianópolis não foge do panorama anteriormente descrito, sendo, portanto, iminente a elaboração de um estudo que possa trazer benefícios não somente a sua população, como também à urbanidade como um todo e suas atividades. A dissertação investiga, portanto a problemática do ruído ambiental mundial nas cidades, observando quais os aspectos que contribuem diretamente para sua propagação e incomodidade à população. Os procedimentos metodológicos aplicados foram: Revisão de Literatura, Coleta de Variáveis, diretamente relacionadas com a questão do ruído, em órgãos públicos e em campo, Análise dos Dados Obtidos e Simulação dos mesmos no software computacional que realiza o mapeamento do ruído. A Revisão de Literatura serviu de fundamentação teórica para o estudo realizado posteriormente, nela foram levantados assuntos relativos a questão do ruído: a classificação, seus efeitos, os tipos de fontes existentes e como ocorre a sua propagação. A Coleta das Variáveis relacionadas com a questão do ruído, exigiu uma quantidade apreciável de dados referentes uso do solo, edificações (cartografia digitalizada) e às emissões das fontes de ruído (tráfego rodoviário existente) que resultaram em um banco de dados para a alimentação do programa de cálculo, SoundPLAN[®]. A partir destes dados, foi construído um modelo 3D tendo por base ortofotocarta, dados obtidos in loco e informação relativa à infra-estrutura de transporte rodoviário. O produto final dessa dissertação: o mapeamento sonoro permite obter graficamente uma distribuição espacial dos níveis sonoros ambiente baseado no nível sonoro contínuo equivalente, L_{Aeq} , nos períodos diurno, entardecer e noturno, através de curvas isofônicas em intervalos de 5 dB(A). Esse conjunto de base de dados contempla os emissores de ruído bem como todos os objetos que influenciam a propagação sonora do ruído no meio ambiente.

Palavras-Chave: Mapeamento Sonoro, Ruído Ambiental, Planejamento Urbano.

ABSTRACT

After the World War II, developed countries experienced a quickly growth of their cities. On the '60s, urban sprawling reached unexpected levels. As a result of that nowadays all kinds of environmental degradation can be found, with special prominence to the noise pollution. Thus, the environmental noise level has been worldwide concerning researchers. Efforts are being employed for the implementation of noise maps. It helps on the planning of strategies to reduce the levels of noise. Therefore, scientific knowledge is being employed to transform cities in a better place to live. However in Brazil, due to the absence of an effective national policy of urban control the noise has not received the appropriate attention. The city of Florianopolis does not flee the above described setting, what makes imminent the establishment of a study that will benefit not only its people but also to urbanity as a whole and its activities. This dissertation researches the global environmental noise problem in cities, and also those aspects that directly contribute to the spread and the awkwardness to the population. The methodological procedures applied were: Literature review, Noise directly related to the issue variables collection in public agencies and in the field, Analysis and simulation of the obtained data in computational software that performs noise mapping. Literature review was useful to form the theoretical basis to the subsequent study. With it, some subjects regarded the issue of noise were raised: the classification, their effects, the types of existing sources, and way of propagation. The noise issue related variables collection, demanded a considerable amount of use of land data, of buildings (digital mapping) and of the noise emission sources (existing roads). As a result, an input database could be created to be used in SoundPLAN[®] calculating software. From these data, a 3D model was build. It was based on an aerial photography, data obtained on the spot and also from the motorway transport infrastructure information. The final product of this dissertation is: the noise mapping allows us to obtain a graphically spatial continuous equivalent noise level, L_{Aeq} , based distribution of environmental sound levels, through 5 dB (A) intervals isophones curves, on daytime, evening and night periods. This database set includes the sources of noise emission as well as the objects that influence the spread of sound noise in the environment.

Key-Words: Noise Mapping, Environmental Noise and Urban Planning.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABELAS	II
ÍNDICE DE MAPAS	III
LISTA DE ABREVIATURAS.....	IV
UNIDADES	IV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O TEMA	1
1.2. JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DA PESQUISA	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Geral	5
1.3.2. Específicos	5
1.4. CONTEÚDO DA DISSERTAÇÃO	5
2. EMBASAMENTO CONCEITUAL	7
2.1. O SOM	7
2.2. A PROBLEMÁTICA DO RUÍDO	8
2.3. CLASSIFICAÇÃO DO RUÍDO	9
2.4. EFEITOS DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO NO SER HUMANO	11
2.4.1. Efeitos Auditivos	12
2.4.2. Efeitos não Auditivos	13
2.4.3. Avaliação dos efeitos do ruído	14
2.5. FONTES DE RUÍDO NO AMBIENTE URBANO	15
2.5.1. Classificação das fontes de ruído	16
2.5.2. Tipos de fontes de ruído	19
2.5.3. Tráfego Rodoviário como fonte de ruído	20
2.6. PROPAGAÇÃO SONORA EM ESPAÇOS ABERTOS	22
2.6.1. Absorção do ar	23
2.6.2. Efeito do solo	24
2.6.3. Efeito das Barreiras Acústicas	24
2.6.4. Efeito da Vegetação	25
2.6.5. Efeitos da Temperatura	26
2.6.6. Umidade Relativa	27
2.6.7. Efeito do Vento	27
2.6.8. Efeitos da Refração	27

2.7. INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS NO COMPORTAMENTO SONORO DO AMBIENTE.....	28
2.7.1. Fonte Cilíndrica – Norma alemã RLS 90.....	29
2.8. DESCRITORES DE RUÍDO	31
2.8.1. Parâmetros de Medição.....	31
2.8.2. Configuração dos equipamentos de medição.....	34
3. AVALIAÇÃO E GESTÃO DO RUÍDO AMBIENTAL	36
3.1. POLUIÇÃO SONORA – PANORAMA NA UNIÃO EUROPÉIA.....	36
3.2. POLÍTICAS PÚBLICAS MUNDIAIS EM RUÍDO AMBIENTAL.....	37
3.2.1. Diretiva Européia.....	37
3.3. POLÍTICAS PÚBLICAS BRASILEIRAS EM RUÍDO AMBIENTAL	39
3.3.1. Política Federal	39
3.3.1.1 Estatuto da Cidade: Estudo de Impacto de Vizinhança	41
3.3.2. Política Estadual e Municipal	42
3.4. NORMAS INTERNACIONAIS DE METROLOGIA EM RUÍDO AMBIENTAL	43
3.4.1. ISO	44
3.4.2. Níveis de critérios estabelecidos por outras organizações internacionais	44
3.5. NORMA BRASILEIRA DE METROLOGIA EM RUÍDO AMBIENTAL	46
3.6. FERRAMENTAS NA GESTÃO DO RUÍDO AMBIENTAL.....	47
3.6.1. Mapeamento sonoro	47
3.6.2. Simulação computacional.....	48
a. Software de Mapeamento Acústico: SoundPLAN®.....	50
4. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O MAPEAMENTO SONORO.....	51
4.1. INTRODUÇÃO.....	51
4.1.1. Mapeamento Acústico da linha de comboio do Norte de Lisboa – Rede Ferroviária Nacional – REFER	51
4.1.2. Análise e Zoneamento Acústico do Município de Almada – Portugal	52
4.2. A CIDADE DE FLORIANÓPOLIS.....	52
4.3. ESTUDO PILOTO	55
4.3.1. Resultados Obtidos	56
4.4. MAPEAMENTO DO RUÍDO DA ÁREA CENTRAL DE FLORIANÓPOLIS	63
4.4.1. Definição da área de estudo	63
4.4.2. Parâmetros da análise previsional.....	65
4.4.2.1 Parâmetros Geométricos	65
4.4.2.2 Dados sobre o tráfego local	71

4.4.2.3 Parâmetros Acústicos Coletados (Validação do Modelo)	74
a. Seleção dos pontos de medição	74
b. Dias de Medição:	76
c. Horário de Medição:	77
d. Tempo de medição:	78
e. Grandezas coletadas	79
f. Instrumentação	80
g. Método e Procedimentos de Medição	80
4.4.3. Modelagem Geométrica da Área	82
4.4.4. Aferição do modelo	84
4.4.5. Cálculo do mapeamento acústico (RLS-90)	88
4.5. RESULTADOS	90
4.5.1. Mapeamento do Ruído	90
4.5.2. Mapa de Conflitos – Lei Complementar n. 003/99 (Florianópolis, 1999)	94
5. CONCLUSÕES	100
5.1. POTENCIALIDADES DO ESTUDO REALIZADO	102
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Gradientes de temperatura e velocidade do som (BISTAFA, 2006).	26
Figura 2.2: Efeito da Refração (ANDERSON; K).	28
Figura 4.1: Área Central Florianópolis, com localização da área de estudo da dissertação, vias que a circundam e quadra em que fora realizado o estudo piloto.	64
Figura 4.2: Fotografia aérea infravermelha área em estudo, utilizada por empresas especializadas - constituição dos dados cartográficos do município.	66
Figura 4.3: Planta de trecho da rua Bocaiuva com identificação do eixo da via e suas linhas de emissão.	70
Figura 4.4: Planta de trecho da rua Luis Delfino com identificação da sua linha de emissão única.	70
Figura 4.5: Resultado do espectro de frequência. av. Prof. Othon Gama D'Eça, das 20h46m às 20h54m.	79
Figura 4.6: Resultado da medição na avenida Prof. Othon Gama D'Eça, das 20h46m às 20h54m – distribuição dos níveis percentuais.	80
Figura 4.7: Modelo 3D da área em estudo com vias de tráfego, atenuações e edificações.	83
Figura 4.8: Visualização em 3D do cruzamento da rua Bocaiuva com a av. Prof. Othon Gama D'Eça, edificações e área de atenuação para calibração dados cartográficos.	86
Figura 4.9: Localização do ponto do receptor 8 com a identificação das vias em que não se tem dados a respeito do fluxo de veículos.	88

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Valores de Q_θ para fontes posicionadas no espaço (GERGES, 2000).....	17
Tabela 2.2: Principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre.....	23
Tabela 2.3: Correção devido ao tipo de superfície da pista	30
Tabela 3.1: Limites de ruído estabelecidos pela Lei Complementar n. 003/99 (1999)	43
Tabela 3.2: Níveis de critério estabelecidos pela Agencia EPA (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1974).	45
Tabela 3.3: Diretriz de valores para ruído em comunidades em ambientes específicos (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999).....	45
Tabela 3.4: Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos (NBR 10.151,2000).....	46
Tabela 4.1: Comparação: limites estabelecidos Lei Complementar 003/99 (1999) e NBR 10.151 (2000).	60
Tabela 4.2: Dados sobre parâmetros físicos e geométricos coletados.	71
Tabela 4.3: Dados do tráfego local coletados.	74
Tabela 4.4: Parâmetros geométricos locais coletados para coleta de dados acústicos.	76
Tabela 4.5: Grandezas acústicas coletadas no estudo piloto.	79
Tabela 4.6: Descrição dos equipamentos utilizados na medição.	80
Tabela 4.7: Resumo do Modelo Acústico	89

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 4.1:	Mapas de localização da quadra em que foi realizado o estudo piloto.	56
Mapa 4.2:	Mapeamento Sonoro – estudo piloto – “Mapa da Quadra”.	57
Mapa 4.3:	Zoneamento da área em estudo conforme Plano Diretor Municipal de Florianópolis (1999).	58
Mapa 4.4:	Zoneamento da área em estudo conforme Plano Diretor Municipal de Florianópolis (1999), adaptado para Lei Complementar 003/99 (1999)...	59
Mapa 4.5:	Mapa de Conflitos – estudo piloto – “Mapa da Quadra”.	60
Mapa 4.6:	Mapa de Exposição da População – estudo piloto – “Mapa da Quadra”. ..	61
Mapa 4.7:	Mapa de Riscos da População – estudo piloto – “Mapa da Quadra”.	62
Mapa 4.8:	Mapa com dados cartográficos disponibilizado pelo IPUF – março de 2008.	67
Mapa 4.9:	Mapa com curvas de nível da área em estudo, disponibilizado pelo IPUF.	68
Mapa 4.10:	Mapa com rede viária existente na área em estudo.	69
Mapa 4.11:	Mapa com localização dos pontos de medição dos níveis sonoros.	75
Mapa 4.12.:	Mapa com localização dos pontos de atenuação e das áreas com absorção sonora = 1.	85
Mapa 4.13:	Mapa de Ruído da Área Central de Florianópolis, calculado através do software SoundPLAN [®] para o indicador L_{den}	91
Mapa 4.14:	Mapa de Ruído da Área Central de Florianópolis, calculado através do software SoundPLAN [®] para o indicador L_n	92
Mapa 4.15:	Zoneamento dos usos da área em estudo segundo o estabelecido no PDMF (1999).	95
Mapa 4.16:	Mapa de Conflitos entre o Mapeamento do Ruído e o Zoneamento proposto pela Lei Complementar n. 003/99, realizado pelo software SoundPLAN [®] para o indicador L_{den}	96
Mapa 4.17:	Mapa de Conflitos entre o Mapeamento do Ruído e o Zoneamento proposto pela Lei Complementar n. 003/99, realizado pelo software SoundPLAN [®] para o indicador L_n	97

LISTA DE ABREVIATURAS

av.	Avenida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CMF	Câmara Municipal de Florianópolis
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIV	Estudo de Impacto de Vizinhança
EU	<i>European Union (União Européia)</i>
Ex.	exemplo
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IPUF	Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
Jorn.	Jornalista
NBR	Norma Brasileira
NP	Norma Portuguesa
PDMF	Plano Diretor Municipal de Florianópolis
SC	Santa Catarina
SIG	Sistema de Informações Geográfica
TMDA	Tráfego Médio Diário Anualizado

UNIDADES

Hz	Hertz
dB(A)	Decibel A-ponderado
Km/h	quilômetros por hora
m	metro
m/s	metros por segundo
m²	metros quadrados

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE O TEMA

Os aglomerados urbanos têm se caracterizado pelo crescimento acelerado e por uma ocupação do solo que desconsidera as premissas do desenvolvimento sustentável. Em decorrência, todos os tipos de degradação ambiental são encontrados, sendo que há um lugar de destaque na sociedade moderna: a poluição sonora. O ruído, fator ambiental que contribui significativamente para a qualidade de vida da população, principalmente em municípios com um perfil marcadamente urbano, por muito tempo, foi considerado um subproduto da atividade humana, algo indissociável da sociedade moderna, não tendo merecido, assim, a devida atenção por parte das autoridades competentes.

Segundo Hede (1998 *apud* BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999), é possível estabelecer uma relação exponencial entre o nível de crescimento econômico de uma área e o grau de poluição sonora que atinge sua população, desde que não tenham sido postas em prática intervenções reguladoras ou normalizadoras. Com efeito, a sociedade, ao se desenvolver, aumenta o grau de urbanização e industrialização, como também a extensão da malha de transporte. Cada um desses fatores contribui para o aumento da poluição sonora. Em países onde não há legislação que exija um desempenho acústico mínimo das edificações, o impacto é ainda mais severo, ante as construções acusticamente pobres (DUARTE; VIVEIROS, 2005) e a ausência de planejamento adequado das cidades, principalmente em relação aos meios de transporte.

Nas grandes cidades, se presencia constantemente atividades potencialmente poluidoras como zonas de comércio, indústrias e construções, fixadas próximas às áreas que necessitam de níveis limitados de ruído, tais como hospitais, escolas e zonas residenciais. Estas atividades vêm ainda normalmente servidas de uma importante e abrangente rede de comunicações viárias que se constitui na fonte predominante de perturbação do ruído ambiente na cidade.

O ruído de origem mecânica torna-se onnipresente como resultado dos meios de transporte ou dos equipamentos coletivos e pessoais que fazem parte das atividades profissionais, de lazer ou de vivência normal.

A elevada concentração de atividades sociais, econômicas e dos meios de transporte torna os meios urbanos como espaços de vivência onde a preservação do meio ambiente se revela particularmente delicada. Esta situação tem-se agravado nos últimos dois séculos, sobretudo na era pós-revolução industrial.

Desta forma, em oposição aos outros problemas relacionados ao meio ambiente, a poluição sonora continua a crescer e é acompanhada por um esperado aumento de reclamações de pessoas expostas ao ruído. O cidadão tem se tornado, crescentemente, mais consciente do ruído que o rodeia nas suas atividades do cotidiano. As exigências de qualidade de vida requerem das autoridades locais uma vigilância apertada do ruído nos espaços habitados.

A situação é preocupante, pois a agressão direta e cumulativa dos efeitos negativos à saúde pode afetar adversamente futuras gerações, considerando a degradação dos ambientes residenciais, sociais e de aprendizagem. Há também perdas econômicas envolvidas em diversas escalas, que vão desde os custos com medidas paliativas das conseqüências do ruído na saúde humana até à desvalorização de imóveis em função da presença excessiva de ruído (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999).

No Brasil, o ruído ambiental não tem recebido a atenção merecida devido à ausência de uma política nacional efetiva de controle do ruído urbano, sendo raras as exceções de conduções de pesquisas que geralmente ocorrem em grandes centros, tais como Belém, Belo Horizonte, Curitiba, Porto Alegre e São Paulo (MORAES; LARA, 2005; MORAES, 2006; CALIXTO, 2002; FRITSCH, 2006; GUEDES, 2005; NAGEM, 2004; SOUSA, 2004; VALADARES, 1997; SATTTLER, 1999; SOUSA; CARDOSO, 2002;).

Retroalimentando a lacuna de pesquisas relacionadas à acústica ambiental no Brasil, inexistem propostas de soluções tecnológicas relacionadas com os problemas de ruído e apropriadas às condições climáticas e sócio-econômicas do país.

A cidade de Florianópolis não foge do panorama anteriormente descrito, sendo, portanto, iminente a elaboração de um estudo que possa trazer benefícios não somente a sua população, como também à urbanidade como um todo e suas atividades. Ante o exposto, passa a ser tema desta pesquisa um estudo sobre a poluição sonora na cidade de Florianópolis.

1.2. JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DA PESQUISA

Após o cumprimento das disciplinas oferecidas pelo mestrado do curso de Pós Graduação de Arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina, a pesquisadora desta dissertação se deparou com a necessidade de entrar em contato mais direto com as investigações que vêm sendo realizadas particularmente na União Européia, relacionadas com a problemática do ruído ambiental.

Sendo assim, através de um contato pré-estabelecido entre a sua professora orientadora Elvira Barros Viveiros e Portugal, na pessoa do Professor Doutor José Luis Bento Coelho, a mestrandia foi congratulada com uma bolsa de estudos de seis meses patrocinada pela União Européia: América Latina Bolsas de Alto Nível – Alban.

Os trabalhos relativos à bolsa recebida através do programa Alban iniciaram-se no dia 18 de setembro de 2007. Instalada no laboratório do Centro de Análise e Processamento de Sinais, dentro do Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, e sob a coordenação do professor tutor Dr. José Luis Bento Coelho, bem como sob o auxílio do Dr. Diogo Alarcão, a aluna trabalhou, ao longo dos seis meses, em dois projetos relativos à sua área de estudo que serão melhores explicitados no item 4.1 desta dissertação.

A busca pela complementação de um trabalho de investigação científica iniciado no Brasil aconteceu principalmente devido ao fato de existir uma lacuna muito grande em termos de estudos avançados e, principalmente, com relação às exigências legais, entre o que está acontecendo na Comunidade Européia e o que existe no Brasil, dentro da área de Acústica Ambiental.

Sousa (2004) salienta que a questão da poluição sonora ainda não tem prioridade no contexto ambiental, na qual demandas de igual importância, como a qualidade do ar e da água, ocupam papel central. Por esse motivo, não faz parte da política em nenhuma das instâncias governamentais os levantamentos de ruído das capitais brasileiras, quando poderia se estabelecer o quadro real da situação da exposição sonora da população. Segundo Sousa (2004), sem o conhecimento dos níveis sonoros emitidos, principalmente os provenientes dos meios de transporte, da exposição sonora que a população está sendo submetida, bem como de sua resposta ao incômodo causado, não é possível avaliar se a emissão sonora e a conseqüente exposição da população estão

realmente reduzindo, em função, por exemplo, do estabelecimento de níveis limites de emissão.

Portanto, sabendo da importância de se conhecer os níveis sonoros, definiu-se como questão desta pesquisa: Qual é a situação dos níveis sonoros na área central da cidade de Florianópolis?

A hipótese aqui levantada é que através da pesquisa a ser realizada, os ruídos medidos venham a extrapolar os valores permitidos na legislação atual e nas normativas internacionais, afetando a saúde e a qualidade de vida da comunidade que estão diariamente expostos.

No Brasil, o uso da ferramenta de mapeamento sonoro para a avaliação da situação dos níveis sonoros na cidade é pouco difundido. Pesquisas pontuais vêm sendo realizadas nas cidades de Belém, Curitiba e Aracaju (MORAES; LARA, 2005; CALIXTO, 2002; GUEDES, 2005), contudo, para a cidade de Florianópolis o mesmo é inédito, principalmente utilizando-se dos métodos predicionais, com o recurso de simulações computacionais, para a realização dos mapas acústicos. A pesquisa torna-se, portanto, de fundamental importância, visto que irá fornecer dados e suporte técnico para a tomada de futuras decisões na política de controle do ruído, como é o caso da introdução do fator poluição sonora no planejamento urbano da cidade.

1.3. OBJETIVOS

O mapeamento sonoro fornece informações sobre o ruído ambiente existente em determinada área geográfica, destinando-se ao público em geral que pode se informar do ruído ambiente externo na sua cidade e avaliar a sua qualidade acústica; aos técnicos de ordenamento e planejamento urbano, de zoneamento acústico e de controle do ruído; bem como aos decisores, os quais podem estabelecer legislações e elaborar Planos Municipais de Redução de Ruído precisos.

Portanto, são diversos os objetivos identificados para a construção de uma Mapeamento do Ruído para os municípios em geral e em específico no Município de Florianópolis.

1.3.1. Geral

Avaliar as variáveis físicas (níveis sonoros) do ruído urbano na área central da cidade de Florianópolis/SC.

1.3.2. Específicos

- a. Identificar e caracterizar as principais fontes de ruídos e as zonas de maior e menor intensidade sonora na área de estudo;
- b. Identificar e quantificar a escala do problema do ruído no município. Confrontar os resultados das medições realizadas com os limites de emissão de ruídos para a área, de acordo com os instrumentos normativo: LEI COMPLEMENTAR MUNICIPAL CMF N. 003/99 (1999) e NBR 10.151 (2000).
- c. Disponibilizar uma informação compilada deste Mapeamento do Ruído, como forma de incentivar a participação dos cidadãos, informando-os e conscientizando-os sobre os riscos relacionados às exposições diárias aos altos níveis sonoros e envolver a cidade nas possíveis soluções dos problemas tanto específicos quanto gerais.
- d. Fornecer uma base objetiva para o planejamento e desenvolvimento urbano e de tráfego.

1.4. CONTEÚDO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação é composta de seis capítulos.

O capítulo 1 apresentado, introduz o tema mapeamento sonoro, evidencia a justificativa e a problemática da pesquisa e os objetivos da mesma.

O capítulo 2 apresenta o embasamento conceitual do trabalho, com o objetivo de conscientizar o leitor sobre alguns princípios da ciência da acústica que servem como fundamentos para o conteúdo desta dissertação, dando destaque à explanação de como ocorre a propagação sonora em espaços abertos.

No capítulo 3 encontram-se os principais descritores do ruído ambiental, discriminam-se as políticas públicas e normativas em termos mundiais e brasileiras que versam sobre a questão da poluição sonora e apresenta-se o mapeamento sonoro, obtido a partir do

método de predição computacional, como uma ferramenta a ser utilizada para a gestão dos níveis sonoros existente nas cidades.

No capítulo 4 tem-se a exposição do mapeamento do ruído elaborado para a área central de Florianópolis, destacando-se a metodologia utilizada; a apresentação do mapa de conflitos, obtido a partir da comparação realizada com a legislação municipal existente; e, uma proposta de zoneamento acústico, elaborada pela autora, baseada em um decreto lei de Portugal.

No capítulo 5, estão apresentadas as conclusões obtidas com o estudo. Também se discutem propostas de futuras investigações na linha de pesquisa.

Por último, o capítulo 6 apresenta as referências bibliográficas do conteúdo desta dissertação e os documentos anexos citados ao longo da mesma.

2. EMBASAMENTO CONCEITUAL

2.1. O SOM

O som é a manifestação audível de vibrações mecânicas de um meio material elástico. As vibrações percebidas pelo ouvido humano como um sinal sonoro são caracterizadas por um determinado número de parâmetros físicos, sendo os principais a intensidade do som e a sua frequência.

O intervalo de intensidades sonoras relativamente ao qual o ouvido humano é sensível, é muito grande – desde o som mais baixo capaz de ser detectado pelo ouvido humano, designado por “limiar de audição”, até o som mais intenso que o ouvido humano consegue detectar, sem sofrer danos físicos, um milhão de milhões de vezes ao limiar.

Face à esse enorme intervalo, a intensidade do som é normalmente representada na escala logarítmica “decibel”, na qual é atribuído ao “limiar de audição” um valor de zero decibéis (0 dB). A um som 10 vezes mais intenso do que este limiar é atribuído um valor de 10 dB, 20 dB para um som 100 vezes mais intenso, 30 dB para um som 1000 vezes mais intenso, e assim sucessivamente.

O intervalo de frequências a que um ouvido humano saudável é sensível, denominado por espectro de áudio-frequência, situa-se aproximadamente entre 20 Hz e os 20.000 Hz, sendo que este intervalo varia entre indivíduos e é afetado principalmente com a idade, daí resultante a perda de sensibilidade auditiva das altas frequências. Há uma maior sensibilidade do ouvido às frequências médias, onde se expressa a voz humana. Para reproduzir esta sensibilidade utiliza-se o decibel corrigido com um filtro de ponderação de frequências dB(A).

A análise harmônica dos sons permite estabelecer uma distinção entre sons e ruídos. Assim, aquelas sensações que, por serem agradáveis ao nosso ouvido, se chamam sons, são formadas por uma nota fundamental acompanhada de um número limitado de harmônicas, cuja característica mais importante é de apresentar uma intensidade pequena em relação à fundamental que é a dominante (FRITSCH, 2006).

2.2. A PROBLEMÁTICA DO RUÍDO

“Ruído é um som sem harmonia, em geral de conotação negativa” (BISTAFA, 2006, p. 5). Kryter (1985) classifica o ruído como sendo um sinal sem informação a qual sua intensidade varia o tempo todo. Trata-se de uma energia acústica audível que afeta de forma negativa o fisiológico e o psicológico do bem estar das pessoas, confirmando a definição usual de que o ruído é um som indesejável.

Segundo Fritsch (2006), normalmente não se pode escolher entre ouvir ou não um determinado som. Situações de absoluto silêncio são raras de acontecer. Em decorrência disso, existem fontes geradoras que ao emitirem alguns tipos de sons podem, em virtude da sua frequência e outros fatores determinantes, causar problemas a todos aqueles que exerçam qualquer atividade nas proximidades, caracterizando assim, um maior ou menor grau de poluição sonora.

Bistafa (2006, p.5) define o ruído como um som indesejável, o qual se conclui que este será sempre determinado a partir de um julgamento que depende do contexto em que está inserido.

Segundo Silva (1997), para saber quando um som incomoda, não basta ter conhecimento de sua qualidade, mas sim obter informação a respeito da atitude das pessoas em relação a ele. Um som não precisa ser necessariamente muito alto para incomodar. É uma ação puramente subjetiva de classificação de um indivíduo, tornando assim a determinação objetiva de incomodidade uma tarefa difícil.

De todo modo, pode-se dizer que mesmo uma música agradável a um nível elevado de intensidade sonora pode tornar-se um ruído, prejudicando a saúde de quem por ventura esteja exposta a ele (FRITSCH, 2006).

Existe, no entanto, certo consenso em relação a um determinado grupo de estímulos sonoros considerados como ruído. Neste grupo encontram-se os sons derivados principalmente da atividade de dispositivos mecânicos. Exemplos típicos de emissores de ruído são todos os tipos de tráfego (principalmente rodoviário, ferroviário e aéreo) e maquinaria utilizada em construções e em atividades de caráter industrial.

Por outro lado existem sons que podem não ser considerados como ruído por certos indivíduos, devido à sua sensibilidade auditiva ou estética, mas que apresentam determinadas características físicas, e que através da sua exposição podem provocar danos fisiológicos temporário e/ou permanentes no ouvido humano.

2.3. CLASSIFICAÇÃO DO RUÍDO

Quando se deseja fazer uma medição sonora é comum classificar o ruído de acordo com a situação do ambiente acústico no momento da medição. Desta forma, autores fazem diferentes classificações, que por vezes parecem pouco conflituosas:

- Ruído Ambiente: “Trata-se de uma superposição de ruídos, normalmente de naturezas diferentes e origens distintas, próximas ou remotas, nenhum deles, porém, é objeto de interesse, ou consideração específica.” (BISTAFA, 2006, p. 105).
- Ruído Inicial: É o ruído em um determinado ponto antes de ocorrerem mudanças, como por exemplo, antes da construção de barreiras ou da implementação de alguma indústria (NAGEM, 2004).
- Ruído Específico: É o ruído da fonte sob investigação. É um componente do ruído ambiental e pode ser identificado e associado a uma fonte específico (NAGEM, 2004).
- Ruído Tonal: Segundo a NBR 10.151 (2000) é o ruído que contém tons puros (apitos e zumbidos).
- Ruído Residual: “É o nível sonoro mínimo, o qual parece não se reduzir durante o intervalo de tempo de medição” (BISTAFA, 2006, p. 105), podendo ser o tráfego de veículos em vias mais distantes, o ruído do movimento da vegetação causado pelo vento, etc. Não tem a mesma definição e não pode ser confundido com ruído de fundo.

Nagem (2004) define que o 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 de Fundo: “Definido como o conjunto de sons e ruídos que ocorrem conjuntamente com o fato sonoro objeto de interesse, ou considerações específicas” (BISTAFA, 2006, p. 105).

Segundo Fritsch (2006), as atividades humanas envolvem sempre a geração de sons, por menor que seja, caracterizando assim, os ambientes urbanos com o ruído de fundo, que tende a ser mais intenso durante o dia e menos nos horários da madrugada.

Na NBR 10.151 (2000), o ruído de fundo é chamado de ruído ambiente, definido pelo nível de pressão sonora na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão.

Gerges (2000, p.9) afirma que para a fonte de interesse ser percebida, ela deve estar no mínimo 3 dB acima do nível de fundo, caso contrário, a mesma é mascarada.

Além destas classificações citadas o ruído ainda pode ser classificado, com relação às suas características temporais em:

- Ruído estacionário: Para Sousa, o ruído estacionário acontece quando o som emitido não sofre grandes variações com o tempo. Por exemplo, o ruído emitido por uma Termelétrica.
- Ruído Contínuo: Um som é considerado como contínuo quando é produzido sem interrupções e do mesmo modo, podendo ser medido e caracterizado em poucos minutos. Um tráfego rodoviário fluido é considerado como ruído contínuo (GUEDES; COELHO, 1999).

Também Brüel & Kjær (2000), apontam que o ruído contínuo é aquele produzido por alguns tipos de máquinas que operam intermitentemente, como por exemplo, ventiladores e bombas pneumáticas.

- Ruído não-estacionário: sofre variações com o tempo. Sousa (2004) cita como exemplo o ruído de tráfego flutuante, cujo nível de pressão sonora varia significativamente com o tempo (porém não impulsivamente).
- Ruído intermitente: é aquele produzido em ciclos, fazendo com que o nível de ruído cresça e decresça rapidamente durante o período de observação. Alguns autores como Fritsch (2006) citam que o nível de pressão sonora deve cair ao valor de fundo e que deve permanecer constante acima deste valor na ordem de segundos ou mais.

Sousa (2004) menciona que este período de tempo e evento deve ser superior a 5 segundos.

- Ruído impulsivo: ocorre quando o mesmo “contém impulsos, que são picos de energia acústica com duração menor do que um segundo e que se repete a intervalos maiores do que um segundo (martelagens, bate-estacas, tiros e explosões)” (NBR 10.151, 2000).

2.4. EFEITOS DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO NO SER HUMANO

A preocupação com os níveis sonoros em relação ao meio ambiente e a saúde data desde os primórdios do tempo, constituindo um problema de 2.500 anos atrás. Os primeiros relatos sobre este problema referem-se à surdez dos moradores que viviam próximos às cataratas do rio Nilo, no Egito, estabelecendo uma relação causal entre ruído e a perda de audição.

Muitas pesquisas sobre os efeitos do ruído atestam que o barulho excessivo é um dos principais geradores de fatores de risco à saúde física e mental no homem, ocasionando além da própria perda temporária ou permanente da audição, prejuízo ao sono, estresse, irritabilidade, neuroses, desconforto e, ainda, complicação nos sistemas circulatório e hormonal (SILVA, 1997; GERGES, 2000; BISTAFA, 2006).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999), a poluição sonora causa efeitos adversos à saúde humana - efeitos diretos ou efeitos primários (ex: incômodo, interferências com a comunicação pela fala) e efeitos cumulativos ou efeitos secundários e terciários (ex. estresse, risco de hipertensão e infarto) – além de efeitos sócio-culturais, estéticos e econômicos (ex. isolamento social, queda da qualidade acústica na vizinhança, e depreciação no valor dos imóveis). Observa-se ainda que esta forma de poluição pode afetar adversamente futuras gerações, considerando a degradação dos ambientes residenciais, sociais e de aprendizagem.

O ruído afeta as pessoas de maneiras diferentes. Segundo Silva (1997), um indivíduo precisa dispensar mais ou menos 20% de energia extra para efetuar uma tarefa, sob o efeito de um ruído perturbador intenso. Mesmo em seu repouso, quando pode se recuperar das suas atividades diárias, o homem não está livre da ação do ruído, o qual age sobre o seu subconsciente e sistema nervoso.

Fortes reações de incômodo são observadas quando o ruído é acompanhado de vibrações e contém componentes de baixa frequência, quando o ruído contém impulsos, como o barulho de um tiro, ou quando a exposição ao ruído aumenta com o tempo, se comparadas com situações de exposição constante (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999).

A poluição sonora pode ainda afetar a concentração, aumentando os riscos de acidentes de trabalho, incidindo sobre o rendimento intelectual e físico do indivíduo e dificultando o aprendizado nos ambientes escolares. Portanto, pode interferir, diretamente, na comunicação verbal e no relacionamento entre pessoas tanto no âmbito familiar quanto profissional (SILVA, 1997).

Além disso, Silva (1997) ressalta que o efeito mecânico do ruído pode ser prejudicial à medida que o seu alto nível pode mascarar o nível médio local, fazendo com que as pessoas não ouçam avisos sonoros ou gritos de alarme.

2.4.1. Efeitos Auditivos

O mecanismo de audição é delicado, podendo obter “trauma acústico” quando exposto à ação do ruído, dependendo do tipo de fonte perturbadora e do tempo de exposição (SILVA, 1997).

Segundo Gerges (2000) na fase precoce à exposição a altos níveis sonoros, percebe-se, como primeiro efeito fisiológico a perda de audição temporária na banda de frequência de 4 a 6 kHz., acompanhado pela sensação de percepção do ruído mesmo após o afastamento da fonte, desaparecendo após algumas horas, conforme explicita Fritsch (2006).

Pessoas com perdas auditivas parciais podem sofrer com problemas que se caracterizam pela percepção de zumbidos contínuos ou intermitentes (CALIXTO, 2002). No entanto, Gerges (2000) esclarece que esta perda de audição pode se tornar permanente, com a danificação das células nervosas do ouvido interno, à medida que não se tem a completa recuperação quanto à exposição ao ruído. Podendo incidir em frequências abaixo ou acima da faixa citada.

A exposição contínua ao ruído resultará em perda auditiva permanente, que será de natureza progressiva e tornará notável subjetivamente no decorrer do tempo. Pessoas

que possuem uma longa história de exposição a ruído apresentam perda de audição na faixa entre 2000 e 6000 Hz, ou seja, na faixa dos agudos (frequências altas), afetando seriamente a habilidade para entender a fala normal (Fritsch, 2006). Segundo Calixto (2002), ela se caracteriza primeiramente pela dificuldade de se entender bem algumas palavras ao telefone, pois as frequências usadas na compreensão da comunicação verbal são mais altas (consoantes) e o indivíduo começa a perder sua sensibilidade pelas altas frequências.

É importante ressaltar que a incapacidade de se compreender a fala do dia-a-dia é considerada uma grave deficiência social (Sousa, 2004).

2.4.2. Efeitos não Auditivos

Segundo Calixto (2002) estatísticas mostram que o ruído provoca a liberação de adrenalina na corrente sanguínea, além de alterações no batimento cardíaco e na pressão sanguínea. Assim, problemas cardíacos e circulatórios podem estar associados aos efeitos nocivos do ruído.

Portanto, além de atingir diretamente o aparelho auditivo e o cérebro, o ruído pode prejudicar outros órgãos, perturbando as suas funções; provocar sobressaltos causados por tensões musculares, que tem como objetivo ativar alguma forma de proteção; acelerar a pulsação, alterar a pressão arterial ou a composição hemática do sangue; estreitar os vasos sanguíneos; aumentar o ritmo da respiração; e ainda, provocar náuseas, cefaléia, vômitos, perda de equilíbrio e tremores. (GERGES, 2000; Silva, 1997; BISTAFA, 2006).

“Um longo tempo de exposição a ruído alto pode causar sobrecarga do coração causando secreções anormais de hormônios e tensões musculares. O efeito destas alterações aparece em forma de mudanças de comportamento, tais como: nervosismo, fadiga mental, frustração, prejuízo no desempenho no trabalho [...]” (Gerges, 2000, p. 51).

Com estes efeitos, Bistafa (2006) resalta que o ruído pode ser considerado um fator para o stress generalizado.

O ruído externo ainda vai interferir nas atividades que causam impacto psicológico, podendo prejudicar a saúde mental, como o sono, conversação, relaxamento, concentração (BISTAFA, 2006).

Estima-se que 80 a 90% dos casos relatados de distúrbio do sono em ambientes ruidosos estão associados ao ruído ambiental (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999). O ruído excessivo afeta seus principais estágios restauradores orgânicos e cerebrais e, com o passar da idade, afeta a capacidade da pessoa de dormir. O número de horas de sono contínuo diminui, e a pessoa passa a cochilar durante o dia, afetando diretamente sua produtividade na vida profissional. Outro ponto importante é a regularidade do sono. Numa noite ruidosa, uma pessoa não conseguirá ter um sono adequado, seja por interrupções do sono ou por falta de regularidade na hora de dormir e acordar.

A fala, diante de ruídos simultâneos, pode sofrer um mascaramento, o que é denominado de interferência na comunicação, fazendo com que esta não seja compreendida pelo receptor.

2.4.3. Avaliação dos efeitos do ruído

As emissões sonoras, a depender do seu tipo, podem ocasionar distúrbios à saúde das pessoas muitas vezes de difícil avaliação, pois, envolvem reações subjetivas das mesmas (Guedes, 2005).

Segundo estudos realizados pela Comunidade Européia (DIRECTIVE, 2002), os parâmetros meramente acústicos não servem por si sós para avaliar o impacto do ruído, pois a medição de uma energia acústica não significa quase nada se não relacioná-la com sua tradução biológica e psicológica nas pessoas.

O ambiente, o período do dia no qual o barulho é produzido, a natureza das atividades humanas, a estação do ano, a previsibilidade do ruído (os previsíveis são menos estressantes que os imprevisíveis) e a duração da exposição ao ruído (após longa exposição o incômodo pode não diminuir, chegando mesmo a ser notado um acréscimo) são variáveis não acústicas, de natureza física que podem exercer influência sobre o incômodo do ruído nos indivíduos (SOUSA, 2004; BISTAFA, 2006).

Cvetković e Praščević (2000, apud GUEDES, 2005) comentam que a dificuldade de se avaliar o ruído deve às diferentes tolerâncias das pessoas frente ao incômodo (o ruído

que incomoda uma pessoa pode não incomodar a outra), aos variados tipos de fontes presentes no meio ambiente; aos diferentes métodos de obtenção das informações quanto à exposição ao ruído, e ainda, a existência dos diversos indicadores de avaliação do ruído. Esse conjunto de fatores permite dizer que o ruído é um poluente cujo controle se apresenta na maioria das vezes de maneira complexa.

São muitos os métodos que vem sendo desenvolvidos para avaliar os ruídos específicos, levando em consideração os fatores físicos e comportamentais mais significativos. Estes métodos vêm sendo associados a critérios de aceitabilidade, os quais refletem o grau de incômodo e interferência nas atividades humanas, baseados nas características complexas da audição e da psicologia humana em relação ao ruído. Desta forma, torna-se a avaliação do ruído objetiva, o que permite sua classificação, comparação com medidas mitigadoras e servir como base para normas e legislações (BISTAFA, 2006).

2.5. FONTES DE RUÍDO NO AMBIENTE URBANO

Considerando a modelagem da fonte sonora e as características físicas do ruído emitido, o ponto inicial a ser estimado dentro da questão da poluição sonora urbana é a sua potência sonora (SOUSA, 2004). Esta grandeza irá caracterizar acusticamente a fonte, determinando a quantidade de energia sonora gerada por ela, independentemente do meio em que se encontra (BISTAFA, 2006).

É através do nível de potência sonora da fonte que se pode definir matematicamente com fórmulas empíricas ou programas computacionais o nível de pressão sonora em qualquer ponto afastado da origem do ruído, considerando-se as características do meio em que este irá se propagar.

Segundo Gerges (2000), a potência sonora, descrita pela equação 2.1, é a energia acústica total emitida pela fonte em estudo na mesma unidade de tempo.

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} [\text{dB}] \quad (2.1)$$

Onde:

W_0 é a potência de referência 10^{-12} [watts];

W é a potência da fonte [watts].

A caracterização da fonte sonora pode ainda ser complementada através da descrição de como a energia sonora emitida se distribui no domínio das frequências – o seu espectro. Esta análise se torna importante uma vez que a maioria dos ruídos ambientais, presentes no espaço urbano, constitui-se em uma mistura complexa de diferentes frequências, emitidas por diversas fontes. (SOUSA, 2004).

Com esta identificação pode-se definir a percepção do volume e do incômodo provocado pelo ruído, que varia com a frequência, respectivamente, as propriedades sonoridade ou audibilidade (*loudness*) e a ruidosidade (*noisiness*). (SOUSA, 2004).

2.5.1. Classificação das fontes de ruído

As fontes sonoras podem ser classificadas segundo suas características de mobilidade, direcionalidade ou geométricas.

Quanto à mobilidade, as fontes podem ser:

- a. Fixas: são as atividades cujo funcionamento implica em produção de ruído tais como: indústria, construção civil, bailes, bares, boates, templos religiosos. (FRITSCH, 2006).
- b. Móveis: são os veículos tais como: automóveis, caminhões, motocicletas, aeronaves. (FRITSCH, 2006).

Quanto à direcionalidade, as fontes podem ser:

- a. Omnidirecionais: quando 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. (NAGEM, 2004).
- b. Direcionais: quando a fonte apresenta direções preferenciais de radiação. As fontes sonoras perdem a omnidirecionalidade por apresentarem forma não-esférica, ou porque a amplitude e fase das vibrações de suas diferentes superfícies não são uniformes. A pressão sonora gerada a uma mesma distância da fonte será diferente em direções diferentes. (NAGEM, 2004).

Quanto suas características geométricas, as fontes podem ser:

a. Pontuais: são aquelas que têm dimensões menores que a distância fonte-receptor e que as condições de propagação de diferentes partes da fonte até o receptor são essencialmente as mesmas (BISTAFA, 2006). Gerges (2000) estabelece que a relação entre o nível de potência sonora da fonte pontual e o ponto de medição r é dada pela equação 2.2.

$$L_{p\theta} = L_w + DI_\theta - 20 \log r - 11 [\text{dB}] \quad (2.2)$$

Onde:

DI_θ é o índice de diretividade da fonte na direção θ obtido em um ensaio em campo livre, através de medidas de níveis de pressão sonora, e pela aplicação da fórmula 2.3.

$$DI_\theta = 10 \log Q_\theta \quad (2.3)$$

Onde:

Q_θ é o fator de diretividade de superfície, conforme a tabela 2.1.

Logo, a relação entre o L_{p_1} (na distância r_1) e L_{p_2} (na distância r_2) na mesma direção θ é dada pela equação 2.4.

$$L_{p_1} - L_{p_2} = 20 \log \frac{r_2}{r_1} \quad (2.4)$$

Portanto, a cada duplicação da distância com relação à fonte, tem-se o decaimento de 6dB do nível de pressão sonora.

Tabela 2.1: Valores de Q_θ para fontes posicionadas no espaço (GERGES, 2000).

Fonte posicionada no espaço	Área por onde passa a energia da fonte	Q_θ	DI_θ [dB]
em campo livre - espaço infinito (omnidirecional)	$4 \pi r^2$	1	0
na presença de uma superfície rígida infinita (causa reflexão da energia sonora) - espaço semi-infinito.	$2 \pi r^2$	2	3
posicionada em uma aresta (2 superfícies infinitas intercecionadas)	πr^2	4	6
posicionada em um vértice (3 superfícies infinitas intercecionadas)	$\pi r^2 / 2$	8	9

b. Lineares: são aquelas fontes pequenas em uma direção e grandes na outra se comparadas com a distância até o receptor, podendo 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 cilíndricamente e o nível sonoro é o mesmo para todos os pontos a uma mesma distância do eixo da(s) fonte(s) (GERGES, 2000).

A relação entre o nível de potência sonora da fonte linear e o ponto de medição r é dada pela equação 2.5.

$$L_{p\theta} = L_w + DI_\theta - 10 \log rl - 8 \text{ [dB]} \quad (2.5)$$

Onde:

l é o comprimento da fonte sonora em linha.

A relação entre o L_{p1} (na distância r_1) e L_{p2} (na distância r_2) na mesma direção θ então passa a ser dada pela equação 2.6.

$$L_{p1} - L_{p2} = 10 \log \frac{r_2}{r_1} \quad (2.6)$$

Logo, a cada duplicação da distância com relação à fonte, o nível de pressão sonora cai em 3dB.

c. Pontuais em linha: “Uma linha de máquinas idênticas pode ser considerada como uma linha de fontes” (GERGES, 2000, p. 239).

Quando $r < b/\pi$, onde b é a distância entre as fontes, a propagação do som é similar a de uma fonte pontual simples, com atenuação de 6dB para cada duplicação da distância, caso contrário, se $r > b/\pi$, a propagação será similar a uma fonte em linha. Neste último caso, percebe-se que a contribuição de todas as fontes é significativa. (GERGES, 2000, p. 239).

d. Planas: Ocorre com a transmissão do ruído através de uma superfície, como por exemplo, uma porta ou parede.

Quando $r < b/\pi$, não existe atenuação e para $b/\pi < r < c/\pi$ tem-se -3dB por duplicação da distância, para $r > c/\pi$ tem-se atenuação de 6dB por duplicação da distância. (GERGES, 2000, p. 239).

É importante salientar que estas atenuações são consideradas somente para fontes simples, fundamentais, sem interações entre as fontes, onde pode ocorrer o cancelamento ou reforço (GERGES, 2000, p. 239).

Além disso, destaca-se que esta classificação é flexível, variando com a escala do problema em questão: uma indústria, por exemplo, pode ser classificada como fonte de

superfície, dentro do contexto do bairro, ou como fonte pontual quando estudada em contexto mais amplo (NIEMEYER & SLAMA, 1998 *apud* FRITSCH, 2006).

2.5.2. Tipos de fontes de ruído

Segundo Guedes (2005) a combinação de diversas fontes sonoras existentes no meio urbano dos centros das grandes cidades, como: alarmes, sirenes, atividades comerciais e serviços, templos religiosos, indústrias, obras de construção civil e o trânsito de veículos automotores, tem elevado o nível de ruído urbano e contribuído para o surgimento de ambientes sonoros cada vez mais desagradáveis, interferindo na realização de atividades, quer seja: estudo, trabalho, lazer ou ainda descanso.

Arruda et al. (2000) consideram ainda como fator contribuinte para o avanço da poluição sonora, as atividades ruidosas, como por exemplo o ruído provenientes de indústrias, que no passado se realizavam em regiões mais afastadas por conta dos seus incômodos e aos poucos foram sendo incorporadas ao perímetro urbano diante do rápido avanço dos limites das cidades.

Em geral, os principais tipos de ruído existentes na cidade podem ser divididos em quatro categorias, quais sejam: transporte (aéreo, rodoviário e ferroviário), indústria, construção civil, doméstico. Além disso, Guedes (2005) destaca o ruído proveniente de comércio e serviço, atividades militares e atividades de lazer.

Os ruídos domésticos e advindos de atividades de lazer são denominados por alguns profissionais da área de acústica como ruído de vizinhança, apontado, principalmente em pesquisas realizadas no Brasil, como sendo muito significativos na percepção subjetiva do ruído urbano. Zannin, Calixto e Diniz (2002) salientam que essa fonte é a maior responsável pela situação de desconforto da população.

No entanto, a maioria das pesquisas que abordam o aspecto da poluição sonora no meio ambiente, ainda considera que o ruído proveniente do tráfego apresenta uma grande contribuição para o incômodo da população e é o som emitido, decorrente de atividades humanas, mais frequentemente encontrado nos perímetros urbanos. De acordo com vários estudos efetuados, é reconhecido que, para um mesmo nível sonoro, a porcentagem de pessoas incomodadas é mais elevada relativamente ao tráfego aéreo, seguido do rodoviário e por último o ferroviário.

2.5.3. Tráfego Rodoviário como fonte de ruído

Nos grandes centros urbanos, o tráfego de veículos tem sido a principal fonte de ruído ambiental. O crescimento das cidades e o distanciamento entre as residências e locais de trabalho, lazer e serviços, fazem com que as pessoas se desloquem diariamente gerando um grande fluxo de veículos (BERTOLI; PAIVA, 1997 *apud* NAGEM, 2004). Além disso, segundo Valadares (1997), a forma como se estrutura o sistema viário no espaço urbano, que, na maioria das vezes, retalha a porção do solo urbano edificável, aumenta ainda mais a exposição sonora da população.

Mesmo tendo a tecnologia alcançado ganhos substanciais desde as décadas passadas, é provável que não tenha sido o suficiente (BRÜEL & KJÆR, 2000). Em pesquisa realizada em Curitiba, Zannin, Calixto e Diniz (2002) apontaram que 73% das pessoas entrevistadas identificam o tráfego de veículos como a principal fonte de ruído causadora de incômodo a população. Já na Europa, esta fonte é responsável por 90% dos níveis sonoros inaceitáveis (BRÜEL & KJÆR, 2000).

O ruído de tráfego veicular em áreas urbanas consiste basicamente na radiação sonora produzida pelos veículos motorizados em condições de fluxo, trafegando em vias do sistema viário urbano. Esta radiação é oriunda de diversas fontes presentes na estrutura inerente dos veículos, responsáveis por colocá-lo em movimento, assim como da interação deste com o fluido envolvente e a superfície da pista. (VALADARES, 1997). Desta forma, os principais fatores que influenciam no ruído de tráfego são:

- a. Tipo e classe do veículo: peso e potência mecânica;
- b. Medidas de controle (de ruído) utilizadas no projeto do veículo;
- c. Tipo de pneu utilizado pelos veículos;
- d. Condições mecânicas dos veículos em serviço: condições do silenciador de exaustão, regulação do motor;
- e. Estado de conservação dos veículos: os veículos com idade elevada e precário estado de conservação contribuem grandemente para o aumento dos níveis sonoros;
- f. Velocidade dos veículos: Nas baixas velocidades, o ruído predominante provém do motor, do escape e da admissão do ar enquanto que, nas médias e altas, é resultado, principalmente, da interação pneu-estrada, uma vez que o ruído aerodinâmico,

relacionado às altas velocidades, tem sofrido reduções, permitindo que os veículos atinjam velocidades maiores com menor nível de ruído (GUEDES, 2005).

Em condições de baixo volume de tráfego [...], a velocidade do fluxo aumenta, sendo que para velocidades acima de 60 km/h presencia-se uma influência maior deste parâmetro no nível máximo emitido pela passagem do veículo. Em condições de alto volume de tráfego, a situação se modifica, pois os veículos passam a estar mais próximos entre si, [...]. Nesse caso, a velocidade do fluxo diminui, sendo que para velocidades inferiores a 60 km/h, o nível máximo emitido por cada veículo é menos dependente da velocidade devido ao fato dos veículos estarem sendo conduzidos em diversas marchas. ALEXANDRE; BARDE; LAMURE, 1975 apud VALADARES, 1997).

g. Composição do tráfego: os diversos tipos de veículos emitem diferentes níveis sonoros com diferentes conteúdos espectrais, produzindo significativas interferências no ruído gerado pelo tráfego. Desta forma, torna-se importante considerá-los de forma independente (GUEDES, 2005).

Apesar de gerar um nível de pressão sonora menor do que a maioria dos outros grupos de veículos os **automóveis** apresentam grande contribuição na emissão do ruído geral de tráfego devido ao elevado número em circulação. Esta situação é constatada nos grandes centros urbanos brasileiros, onde cerca de 80% da energia acústica total provém da circulação de automóveis, e tende a ser agravada em função da predominância deste sistema de transporte sobre os demais e da idade da composição da frota. (SOUSA, 2004).

Segundo Sousa (2004), os **caminhões**, pelo fato de serem geralmente movidos por motores a diesel, que possuem um diferente processo de combustão; possuem uma maior flutuação de pressão nos cilindros, resultando um nível de ruído maior. Além disso, estes tipos de veículos alcançam velocidades médias menores, o que determina uma contribuição maior de ruído de baixa frequência que acabam por propagar por distâncias maiores no tecido urbano.

Tão ruidosos quanto os caminhões, no Brasil, são os **ônibus**, que são montados sobre o mesmo *chassis* e se constituem no principal meio de transporte coletivo nas cidades. Já as **motocicletas** emitem níveis sonoros que variam em função das classes existentes. Em muitos casos, embora com uma potência mecânica bem menor, uma aceleração normal pode exceder os níveis sonoros gerados por veículos pesados como caminhões e ônibus.

h. Modo operacional devido às condições do tráfego: Segundo Ouis (2001), estudos sobre o tráfego veicular urbano têm mostrado que as acelerações repentinas são responsáveis pelos picos de ruído em centros urbanos. Ou seja, nas intercessões de vias ou em semáforos o ruído pode aumentar significativamente, gerado por freqüentes paradas e “arrancadas”, que por vezes ainda podem ser incrementados pelos veículos pesados (VALADARES, 1997). Em contrapartida, as rodovias apresentam poucas variações nos seus níveis sonoros, pois os veículos trafegam sucessivamente e com velocidades constantes (OUI, 2001).

i. Gradiente da via: para Sousa (2004) o ruído emitido por um veículo circulando em via que possui um gradiente elevado é maior do que aquele produzido em uma via plana.

Para um trecho em aclive levemente acentuado e longo, mas pouco congestionado em áreas urbanas com tráfego movendo-se com velocidade inferior a 60 km/h, tem-se como resultado um pequeno decréscimo na velocidade e pequeno aumento nos níveis sonoros. Se o trecho em aclive tende a ser mais congestionado, a introdução de uma significativa percentagem de veículos pesados reduz a velocidade geral do fluxo do tráfego e o aumento do nível de ruído devido à declividade maior. Aumentos de nível de ruído em trechos curtos em aclive são mais complexos, pois as mudanças de marchas são mais freqüentes e a conseqüente maior exigência do motor não limita a responsabilidade pelos níveis maiores de ruído aos veículos pesados apenas. (ALEXANDRE; BARDE; LAMURE, 1975 apud VALADARES, 1997).

j. Tipo de revestimento das vias e seu estado de conservação: O ruído se dá devido ao contato pneu/superfície da via, portanto, cada tipo de revestimento contribui para uma emissão sonora diferente. O revestimento de paralelepípedos é o mais ruidoso e o revestimento poroso é o menos. (SOUSA, 2004).

k. Comportamento do motorista na direção;

l. Propagação sonora em espaços abertos.

2.6. PROPAGAÇÃO SONORA EM ESPAÇOS ABERTOS

Para se fazer a análise do campo acústico em comunidade deve-se levar em consideração: a potência das fontes, o nível de pressão sonora no receptor e a influência do caminho de propagação do ruído.

A propagação de som ao ar livre é afetada pela atenuação ao longo de seu caminho de transmissão e deve ser estimada através de correções aditiva para a absorção no ar, reflexões, efeitos da topografia do solo, das condições atmosféricas (umidade relativa

do ar e temperatura), dos obstáculos (barreiras, edificações e vegetação), do vento, da absorção do solo. (GERGES, 2000; BRÜEL & KJÆR, 2000).

Em Anderson e Kurze (1992 *apud* BISTAFA, 2006, p.192) elaborou-se um quadro (tabela 2.2) onde se destacam os principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre.

Tabela 2.2: Principais mecanismos de atenuação sonora ao ar livre.

Mecanismo	Descrição sucinta	Atenuação aproximada de 5 dB		
		Condições	À distância de	
Absorção do Ar	Absorção sonora do ar atmosférico.	A 10°C e 70% de umidade relativa.	800m	A* ¹
			1.500m em 500 Hz 250 m em 4 kHz	Oitava
Solo Macio	Interferência (quase sempre destrutiva) entre o som direto e o refletido sobre solo acusticamente macio.	para alturas da fonte e do receptor da ordem de 1,2m.	85m	A* ¹
			10m - 250 e 500 Hz 50m - 125 e 1.000 Hz	Oitava
Barreira	Atenuação provocada por uma barreira acústica entre a fonte e o receptor, combinada com uma atenuação adicional de solo acusticamente “macio”.	quando o receptor encontra-se na sombra acústica gerada pela barreira, em temperaturas normais e sem vento.	Todas	-
Edificações	Atenuação provocada por edificações entre a fonte e o receptor.	Quando uma fileira de edificações com aproximadamente 25% de abertura.	Todas	-
Vegetação Densa	Atenuação Provocada por vegetação densa entre a fonte e o receptor.	Áreas com muitas árvores e vegetação densa no solo.	30m	A* ¹
			100m - 500 Hz 50m - 4.000 Hz	Oitava
Reverberação Urbana	Amplificação sonora devida a múltiplas reflexões em desfiladeiros urbanos.	Com edificações de no mínimo 10m de altura em ambos os lados da rua	Todas	-
Vento e Temperatura	Alteração de atenuação do solo e/ou barreira, ou criação de sombras acústicas causadas por gradientes verticais de temperatura e de ventos.	Em dias ensolarados, para alturas da fonte e do receptor na ordem de 1,2m.	150m	A* ¹
			150m - 500 Hz 50m - 4.000 Hz	Oitava

Omitem-se atenuações causadas por neblina, precipitação e turbulência atmosférica, por não serem geralmente significativas.

Omitem-se os efeitos da divergência da onda, da diretividade da fonte e de grandes superfícies refletoras próximas à fonte.

*¹ refere-se a níveis sonoros A - ponderados para espectro de fonte típica.

Esses mecanismos são explicados mais detalhadamente abaixo, demonstrando como podem estar influenciando na propagação do ruído emitido pela fonte até o receptor.

2.6.1. Absorção do ar

Existem dois processos de absorção no ar estático e isotrópico. Um que chamamos de absorção clássica (processo macroscópico), que segundo Bistafa (2006, p. 193) é a

energia extraída da onda sonora pelo atrito viscoso entre as moléculas de ar e por condução do calor durante o ciclo de pressão. E o outro, conhecido como relaxamento molecular (processo microscópico), que ocorre a partir da dissipação de energia durante o processo de relaxamento vibratório das moléculas existentes no gás poliatômico que, como descreve Bistafa (2006, p.193) “é formado por oxigênio e hidrogênio molecular, traços de outros gases, inclusive vapor de água, e dióxido de carbono”.

2.6.2. Efeito do solo

A reflexão do solo pode resultar tanto em uma atenuação (de 20-30dB) como em uma amplificação (de até 6dB) do nível sonoro, causada pela interferência das fases das duas ondas que depende da frequência do som. As reduções são causadas pela interferência destrutiva em frequências, onde os dois raios estão defasados 180° e as amplificações são causadas pela duplicação da pressão sonora em frequências onde os raios estão com a mesma fase. (BISTAFA, 2006)

Em solos acusticamente duros, com propagações não rasantes, considera-se o índice de diretividade para o caso de uma fonte na presença de uma superfície rígida infinita, mencionado na tabela de valores de Q_θ para fontes posicionadas no espaço (item 2.3.1). Ou seja, ocorre uma amplificação média de aproximadamente 3dB em relação ao som direto, causada pela reflexão da energia sonora. (BISTAFA, 2006).

Por outro lado, Bistafa (2006) destaca que, em solos acusticamente macios (com vegetação, terra arada, neve) há, na reflexão, uma inversão da fase da onda, ocorrendo uma atenuação de banda larga no espectro sonoro (exceto em frequências muito baixas).

Nesse contexto, segundo Sousa (2004) pode-se dizer que os materiais de revestimento utilizados nos centros urbanos, de uma forma geral, apresentam características refletoras, podendo contribuir para a degradação da qualidade acústica das cidades.

2.6.3. Efeito das Barreiras Acústicas

Barreiras acústicas são consideradas quaisquer obstáculos que impedem a visão da fonte pelo receptor. Quando estas são longas, onde a difração nas bordas laterais passa a não afetar o nível sonoro no receptor, o som que chega ao mesmo será aquele que irá

transpor a altura da barreira e por difração curvará para baixo, a partir da chamada *zona de Fresnel*, gerando sombra acústica atrás do obstáculo. (BISTAFA, 2006).

Portanto, segundo Gerges (2000), a atenuação vai depender da altura, da posição da barreira e do comprimento de onda acústica gerada pela fonte.

Em solos macios, Bistafa (2006) destaca que a existência de uma barreira acústica destrói a atenuação do solo, pois há um aumento do ângulo de incidência no solo, ocorrendo também uma redução da trajetória do raio que atinge o receptor diretamente do topo da barreira.

2.6.4. Efeito da Vegetação

Um cinturão verde existente entre a fonte e o receptor funcionará como uma barreira acústica vazada, onde pode tanto absorver, devido às propriedades das folhagens, pequenos ramos e arbustos, como espalhar o som incidente (transferência no caminho de transmissão), através dos troncos, ramos grandes e folhagem densa. (BISTAFA, 2006).

Segundo Bistafa (2006), a capacidade de atenuação sonora, neste caso, dependerá mais da densidade, largura e altura da vegetação do que de eventuais diferenças entre formas, tipos de folhas e galhos existentes. Ou seja, para se determinar o potencial de atenuação do ruído, a propriedade de espalhar o som será mais importante que a absorção. Sendo que esta só será significativa em sons incidentes com frequências altas.

Já em áreas ocupadas com vegetação densa, caracterizada essencialmente por árvores, o som, nas médias frequências, sofrerá atenuação por espalhamento nas partes dos troncos e galhos das árvores; nas altas frequências, será absorvido pelas folhagens e, nas baixas frequências terá atenuação proporcionada pela vegetação rasteira, raízes e arbustos. (BISTAFA, 2006).

Segundo Gerges (2000) apesar de a vegetação fornecer pouca atenuação de ruído, ela serve como um bom isolador visual do receptor, fornecendo um efeito psicológico favorável – sensação de frescor e tranquilidade (SOUSA, 2004).

2.6.5. Efeitos da Temperatura

Quando se varia o nível térmico do ar, altera-se a sua densidade e conseqüentemente a velocidade do som no seu meio. Esta relação direta ocorre proporcionalmente, de modo que quanto maior for a temperatura, mais rápido será o deslocamento do som.

Portanto, os gradientes de temperatura irão produzir gradientes de velocidades com as mesmas características. Existem dois principais tipos de situações relacionadas com o gradiente de temperatura, como poder ser verificado na figura 2.1. (BISTAFA, 2006).

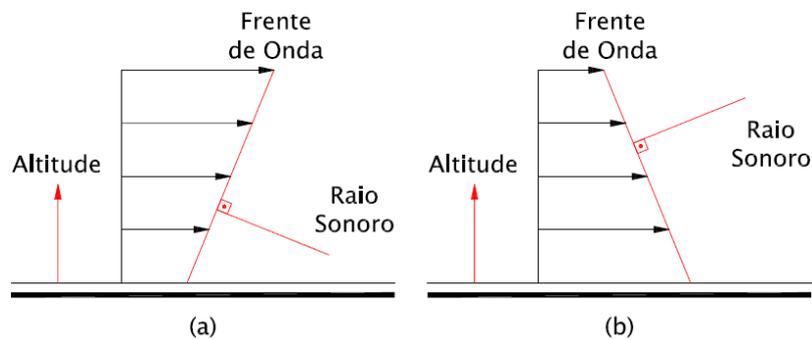


Figura 2.1: Gradientes de temperatura e velocidade do som (BISTAFA, 2006).

Ao unir as setas que representam a velocidade do som em diferentes camadas de ar na vertical, obtêm-se a *frente de onda* e, o segmento ortogonal a ela é o *raio sonoro* que estabelece o sentido da propagação da frente de onda. Na situação (a) tem-se um gradiente de temperatura positivo - aumenta a altitude, aumenta a temperatura. Pode-se verificar nesta figura que tanto a frente de onda como o raio sonoro são inclinados para o solo (fenômeno que ocorre muito comumente no período noturno nas cidades, onde há o resfriamento do solo e do ar junto a ele, causado pela perda de calor por radiação). Já na situação (b) ocorre justamente ao contrário, com um gradiente de temperatura negativo, quando aumentada a altitude e ao mesmo tempo se diminui a temperatura, a frente de onda e o raio sonoro se afastam do solo. Trata-se de um fenômeno muito observado nas cidades durante o dia, acentuado ainda mais no entardecer. Neste caso, com os raios sonoros se desviando para cima, forma-se uma região de sombra próxima ao solo.

2.6.6. Umidade Relativa

“Para uma determinada temperatura, a capacidade de o ar absorver o som vai depender da sua umidade relativa”, de forma que, quanto menor for a umidade, maior será a perda do som a uma distância pré-fixada (SILVA, 1997, p.82).

Segundo Bistafa (2006), as moléculas de água agem como inibidores das colisões moleculares, reduzindo a transferência de energia cinética translacional e rotacional para energia vibratória (e vice-versa), das moléculas dos gases componentes.

2.6.7. Efeito do Vento

A velocidade do vento aumenta a medida que ele se afasta do solo. “Nas proximidades do solo há sempre obstáculos que criam uma rugosidade retardada do escoamento normal” (SILVA, 1997, p.78). Portanto, segundo Bistafa (2006) os ventos são caracterizados por gradientes de velocidade positivos próximos ao solo. Quando a propagação sonora se dá a favor do vento, a frente de onda se inclina para o solo. Ao contrário disso, quando a propagação do som ocorre contra o vento, a frente sonora se afasta do solo, formando uma região de sombra acústica.

2.6.8. Efeitos da Refração

“O fenômeno em que o raio sonoro tem sua direção de propagação alterada por variações das características do meio de propagação chama-se *refração*. A refração encurva os raios sonoros na direção de menor velocidade de propagação” (BISTAFA, 2006, p. 209).

“Quando o gradiente de temperatura é negativo ou quando a propagação sonora se dá contra o vento, ocorre aumento da atenuação, enquanto que, quando o gradiente de temperatura é positivo ou quando a propagação sonora se dá a favor do vento, há uma redução da atenuação das barreiras, solos macios e áreas cobertas com vegetação” (BISTAFA, 2006, p. 211). A figura 2.2 adaptada de Anderson e Kurze (1992 *apud* BISTAFA, 2006, p.192) ilustra as situações mencionadas.

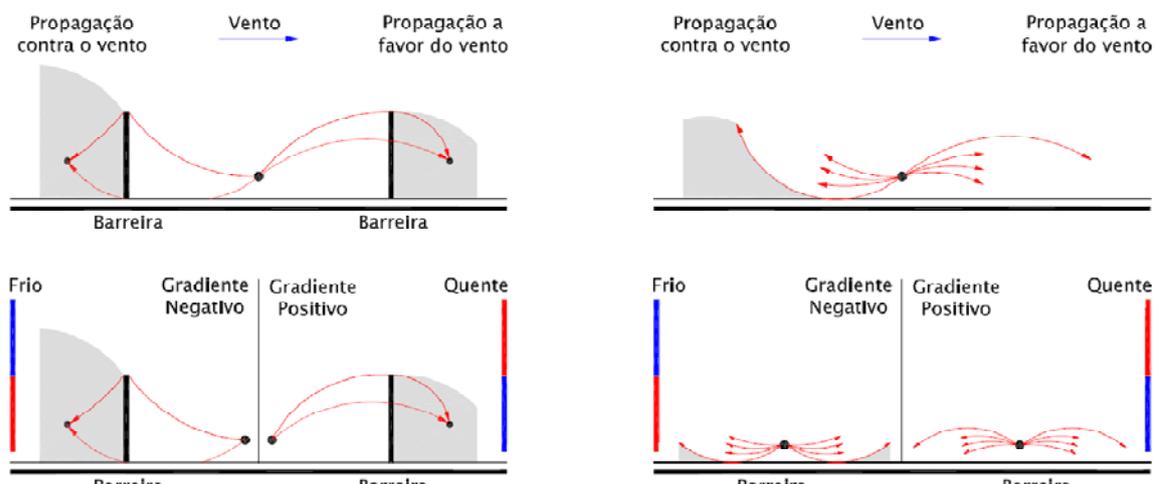


Figura 2.2: Efeito da Refração (ANDERSON; KURZE, 1992 apud BISTAFA, 2006).

2.7. INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS NO COMPORTAMENTO SONORO DO AMBIENTE

Cada espaço urbano corresponde a um ambiente, que possui um nível sonoro específico em função de sua forma e de sua função dominante (CETUR, 1981 *apud* SOUSA, 2004).

Com efeito, as edificações e sua organização no espaço, assim como a natureza de suas fachadas, podem privilegiar a propagação sonora, marcando o espaço sonoro urbano de uma maneira específica. Isso permite introduzir a idéia de que se pode diferenciar a propagação de um ruído segundo o tecido urbano e que certas formas urbanas apresentam uma fragilidade natural (CETUR, *idem*).

a. O lote: condiciona a forma da edificação e, conseqüentemente, a forma urbana. Os parâmetros que condicionam a implantação da edificação no lote, tais como a taxa de ocupação, o gabarito e os afastamentos frontais e laterais, influenciam na forma do tecido urbano e, conseqüentemente, nas propriedades do campo sonoro gerado pela fonte (SOUSA, 2004).

b. O recuo: a possibilidade de utilização do recuo, como recurso para redução do ruído, torna-se interessante somente se o receptor estiver afastado da fonte de ruído de mais de vinte metros CETUR (1981 *apud* SOUSA, 2004).

c. As edificações/fachadas: o volume e o arranjo das edificações no lote interferem na permeabilidade do tecido urbano ao ruído (tecido aberto ou fechado). Já o tipo de material de revestimento das fachadas pode ser utilizado para criar uma ambiência surda (boa privacidade), para melhorar a percepção de determinados sons ou, ainda, para mascarar um som indesejável.

d. A rua: duas configurações de rua são possíveis de ser identificadas, considerando-se determinadas características geométricas da mesma: (SOUSA, 2004)

rua de tecido urbano fechado (rua em “U”) – as edificações encontram-se implantadas de forma contínua em ambos os lados ao longo da via, possuindo gabarito elevado. As numerosas reflexões produzidas pelas fachadas das edificações fazem com que, em muitos casos, os níveis medidos em andares superiores das edificações sejam superiores aos dos andares inferiores, principalmente se essas fachadas estiverem revestidas com materiais altamente refletores. Comum em grandes centros urbanos, esse tipo de configuração possui um campo sonoro reverberante parcialmente difuso.

rua de tecido urbano aberto – situação em que as edificações se encontram implantadas de forma descontínua, possuem gabarito reduzido ou estão em apenas um dos lados da via (rua em “L”). Entre a fonte sonora e as fachadas das edificações não existem obstáculos (o nível sonoro diminui na medida em que o receptor se afasta da fonte) ou, quando existentes apenas ocorre uma simples reflexão (após esta, o ruído emitido por uma fonte se afasta, retorna, depois se afasta e desaparece em outra direção), não havendo, portanto, nenhuma reverberação importante, possui um campo sonoro “direto”.

2.7.1. Fonte Cilíndrica – Norma alemã RLS 90

A RLS-90 consiste numa norma alemã, que estabelece técnicas específicas, procedimentos de medição e redução de ruído de tráfego rodoviário e de estacionamentos.

A RLS-90 utiliza o método da fonte pontual com espalhamento, atenuação sonora, refração e reflexão. Seus procedimentos de cálculo apresentam dois modelos: da fonte e da propagação. Com relação ao modelo da fonte são usados dados de tráfego para

predizer o nível de ruído referencial em 25 metros de distância da estrada (L_{25}) e 4 metros acima do solo. Sendo que o L_{25} é calculado pela equação 2.12.

$$L_{25} = L_{25 \text{ básico}} + C_{\text{velocidade}} + C_{\text{superfície}} + C_{\text{gradiente}} + C_{\text{reflexões}}, [\text{dB}] \quad (2.12)$$

Onde:

$L_{25 \text{ básico}}$ é o nível sonoro normalizado para as condições de: superfície asfáltica lisa, gradiente menor que 5 % e propagação sonora em campo livre, segundo a equação 2.13;

$C_{\text{velocidade}}$ é a correção da velocidade, segundo a equação 2.14;

$C_{\text{superfície}}$ é a correção devido ao tipo superfície da pista segundo a tabela 2.5;

$C_{\text{gradiente}}$ é a correção devido ao gradiente da rua, que é igual a 0, se a inclinação da via for menor que 5%, ou quando maior, segue a equação 2.18;

$C_{\text{reflexões}}$ é a correção devido às múltiplas reflexões, definido pela equação 2.19, para superfícies refletoras ($C_{\text{reflexões}} < 3,2 \text{ dB}$) ou pela equação 2.20, para superfícies absorventes ($C_{\text{reflexões}} < 1,6 \text{ dB}$).

▪ $L_{25 \text{ básico}}$

$$L_{25 \text{ básico}} = 37,3 + 10 \log(I (1 + 0,082 \cdot P)), [\text{dB}] \quad (2.13)$$

Onde:

I é o tráfego horário médio de veículos.

P é a porcentagem de veículos pesados que excedem 2,8 toneladas.

▪ $C_{\text{velocidade}}$

$$C_{\text{velocidade}} = \frac{L_{\text{leve}} - 37,3 + 10 \cdot \log[(100 + (10^{0,1C}) \cdot P)]}{(100 + 8,23 \cdot P)}, [\text{dB}] \quad (2.14)$$

Onde:

$$C = L_{\text{pesado}} - L_{\text{leve}} \quad (2.15)$$

$$L_{\text{leve}} = 27,8 + 10 \cdot \log(1 + (0,02 \cdot V_{\text{leve}})^3) \quad (2.16)$$

$$L_{\text{pesado}} = 23,1 + 12,5 \cdot \log(V_{\text{pesado}}) \quad (2.17)$$

Onde:

V_{leve} é a velocidade dos veículos leves

V_{pesado} é a velocidade dos veículos pesados.

▪ $C_{\text{superfície}}$

Tabela 2.3: Correção devido ao tipo de superfície da pista

Tipo de Piso	Correção
Asfalto liso	0
Asfalto rugoso, concreto	+1,5
Paralelepípedo liso	+2,5
Outros paralelepípedos	+4,5

▪ $C_{gradiente}$

$$C_{gradiente} = 0,6 |g| - 3, \text{ [dB]} \quad (2.18)$$

Onde:

g é o gradiente da rua.

▪ $C_{reflexões}$

$$C_{reflexões} = 4 \frac{h}{d}, \text{ [dB]} \quad (2.19)$$

$$C_{reflexões} = 2 \frac{h}{d}, \text{ [dB]} \quad (2.20)$$

Onde:

h é a altura da parede

d é a distância entre as paredes

2.8. DESCRITORES DE RUÍDO

Segundo Sousa (2004) a caracterização e percepção das categorias de ruído, assim como a forma que cada um deles afeta o ser humano, é um fenômeno complexo de ordem multidimensional, que depende da combinação de diversos fatores: as características da fonte sonora, e, portanto, as características físicas do ruído emitido por essa fonte; as características do meio em que este ruído se propaga; das respostas dos receptores que são atingidos por esses ruídos, que se dão segundo variáveis físicas e de naturezas subjetivas.

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

2.8.1. Parâmetros de Medição

Crítérios e escalas usadas para a descrição de ruídos para a avaliação objetiva do conforto acústico.

- Nível de Pressão Sonora (L_p)

Utiliza-se essa grandeza quando se objetiva avaliar o perigo e a perturbação causada por fontes de ruído. De acordo com a ISO 1996/1 (2003), o nível de pressão sonora é definido pela equação 3.1.

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2, \text{ [dB]} \quad (3.1)$$

Onde:

P é a pressão sonora [N/m²];

P₀ é a pressão sonora de referência 2x10⁻⁵ [N/m²], que corresponde ao limiar da audição na frequência de 1 kHz.

- Nível de Pressão Sonora Equivalente Contínuo (L_{Aeq})

Segundo Gerges (2000) para se estabelecer os potenciais danos à audição humana não basta somente saber o nível de um dado ruído, mas também a sua duração. Grandeza muito especificada por diversas normas e legislações relativas à exposição do ruído e também muito utilizada no estudo do ruído de tráfego rodoviário, o L_{Aeq} irá constituir um valor único que é o nível sonoro médio integrado durante uma faixa de tempo especificado.

O nível de pressão sonora equivalente contínuo (L_{Aeq}) é definido, pela ISO 1996/1 (2003), pela equação 3.2.

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P^2}{P_0^2} dt \right], \text{ [dB]} \quad (3.2)$$

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 (NAGEM, 2004).

Bistafa (2006) questiona, no entanto, o uso desta medida para avaliar a perturbação causada por ruídos impulsivos, devido ao fato de que a energia nele contidos se dilui nas partes “silenciosas” do registro quando do cálculo médio temporal.

- Níveis Estatísticos (L_N)

As grandezas estatísticas podem melhor e mais concisamente caracterizar um registro de níveis sonoros em função do tempo, pois calculam a porcentagem que um determinado ruído foi excedido durante o período de medição (BISTAFA, 2006).

Muito utilizados para avaliar os ruídos de sistemas de transporte tais como tráfego de veículos, sobrevôos de aeronaves e linhas ferroviárias, os níveis estatísticos podem ir desde L_1 até L_{99} . No entanto, os que são mais largamente utilizados são o L_{90} , L_{50} e L_{10} , definidos por:

- L_{90} é o nível sonoro que foi excedido em 90% do tempo de medição. Muito utilizado para a definição do nível de ruído residual.

- L_{50} é o nível sonoro que foi excedido em 50% do tempo de medição. É o nível de ruído mediano do período de medição, que necessariamente não é igual ao nível de ruído médio (L_{Aeq}).

- L_{10} é o nível sonoro que foi excedido em 10% do tempo de medição.

Quanto mais afastado estiver o L_{10} do L_{90} , maior será o incômodo do ruído, devido a variações bruscas do nível de pressão sonora.

- Nível de Pressão Sonora Máximo L_{max} ou Nível Sonoro de Pico L_{peak}

É o nível mais alto do ruído ambiental, ocorrido em uma posição, durante 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).

- Nível de Pressão Sonora Mínimo L_{min}

É o nível mais baixo do ruído ambiental ocorrido em uma posição, durante certo período de tempo. Da mesma forma que o L_{max} , é muito importante que se especifique a ponderação no tempo utilizada na medição sonora (BRÜEL & KJÆR, 2000).

▪ Nível de Dia, Entardecer e Noite (L_{den})

O índice energético L_{Aeq} serve como base ao indicador L_{den} estipulado na Diretiva Europeia 2002/49/EC. Similar ao nível sonoro contínuo equivalente L_{Aeq} , esse indicador é calculado durante um período de 24 horas com “penalização” de 5dB para o período do entardecer e 10dB para o turno noturno, devido ao fato de nestes horários os ruídos são julgados mais perturbadores por ser o horário de repouso para a maioria das pessoas e também devido aos menores níveis sonoros de fundo.

Desta forma, os três indicadores de ruído ambiente: L_d (L_{day}), L_e ($L_{evening}$) e L_n (L_{night}), são os níveis sonoros médios de longa duração, ponderado A, conforme definido na norma ISO 1996-2: 1987, determinado durante os períodos respectivamente diurnos, vespertinos e noturnos, de um ano. A partir destes três indicadores pode-se calcular o valor do indicador L_{den} segundo a equação 3.3.

Um ano corresponde ao ano em questão no que se refere à emissão sonora, e a um ano médio no que diz respeito às condições meteorológicas.

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left[12 * (10)^{L_d/10} + 4 * (10)^{(L_e+5)/10} + 8 * (10)^{(L_n+10)/10} \right], \text{ [dB]} \quad (3.3)$$

Onde:

L_d é o nível equivalente contínuo para o período diurno (7:00 h às 20:00 h) [dB];

L_e é o nível equivalente contínuo para o período do entardecer (20:00 h às 23:00 h) [dB].

L_n é o nível equivalente contínuo para o período noturno (23:00 h às 7:00 h) [dB].

Considera-se somente o som incidente, o que significa que se ignora o som refletido pela fachada da habitação em causa (regra geral, isso implica uma correção de 3 dB em caso de medição).

A altura do ponto de avaliação do L_{den} , acima do solo, depende da aplicação: em caso de cálculo, para fins da elaboração de mapas de ruído estratégicos, os pontos de avaliação são fixados a uma altura de 4,0m, já em caso de medição poderão ser escolhidas outras alturas, que todavia não poderão nunca ser inferiores a 1,5m.

2.8.2. Configuração dos equipamentos de medição

Os circuitos eletrônicos dos medidores sonoros são padronizados e classificados de modo a simularem o comportamento do ouvido humano.

- Rede de Ponderação de Frequências

São filtros utilizados nos medidores de nível de pressão sonora para modificar o espectro sonoro de acordo com a resposta do sistema auditivo às diferentes frequências contidas no som, aproximando a sensação subjetiva de intensidade dos sons.

Neste caso, aplicam-se no sinal de entrada funções baseadas nas curvas isofônicas, fornecendo um sinal de saída que melhor se correlaciona com o nível de audibilidade, tendo como resultado o nível de pressão sonora “ponderado”.

Estes ponderadores possuem características de filtros passa - alta (passa as componentes espectrais do som com frequências acima da frequência de corte, rejeitando as que estão abaixo) e podem ser denominados, de acordo com a proximidade da sensação auditiva, de A, B, C ou D.

O filtro ponderador A é o mais largamente utilizado e recomendado pela maioria das normas e legislações para medições de ruído. Aproxima a sensação auditiva correspondente à curva isofônica 40 fones (corrige fortemente as baixas frequências, atenuando-as, e pouco as altas frequências), ou seja, aproxima a resposta do sistema auditivo para sons com níveis sonoros “moderados”, verificado na maioria das atividades do cotidiano, possuindo boa concordância com a resposta ao ruído subjetivo

- Ponderação do Tempo

Como o ruído tem uma forma de onda irregular, é preciso que se reduza as flutuações do dispositivo indicador a fim de permitir leituras pelo olho humano. Com esse objetivo, os medidores de nível de pressão sonora possuem um ponderador temporal que caracteriza o tempo de resposta para o sinal de alimentação. As respostas normalmente utilizadas, associadas com a rapidez com que o dispositivo indicador acompanha as flutuações do nível de pressão sonora medido, são a R (rápida) ou L (lenta). Há ainda uma terceira resposta, chamada de I (impacto) que é utilizada na captura de sons de impactos ou impulsivos.

As normas de avaliação ambiental normalmente especificam qual ponderação no tempo deve ser utilizada. Na maior parte dos problemas relacionados ao ruído ambiental tem-se medido o nível de pressão sonora utilizando-se resposta rápida (*fast*), o qual apresenta um pequeno grau de amortecimento, resultando em um movimento mais instantâneo, com tempo médio real de 0,125s.

3. AVALIAÇÃO E GESTÃO DO RUÍDO AMBIENTAL

3.1. POLUIÇÃO SONORA – PANORAMA NA UNIÃO EUROPEIA

Os problemas ocasionados pelo ruído tornaram-se mais graves diante da expansão das cidades, onde se tem, ao mesmo tempo, o aumento no fluxo de veículos e também da densidade da malha urbana. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, a poluição sonora consiste hoje no tipo de poluição que atinge o maior número de pessoas no planeta depois das poluições provocadas no ar e na água. O problema é uma questão mundial, pois envolve a maioria dos centros urbanos. Nos países da União Européia, em torno de 40% da população estão expostas diariamente ao ruído de tráfego com níveis excedentes a 55 dB (A) e cerca de 20% a níveis acima de 65 dB (A), considerado como limite para ausência de danos ao homem, segundo a Organização Mundial de Saúde (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999).

Segundo um estudo realizado por Brüel & Kjær (2000), em muitos países a avaliação do impacto sonoro ambiental já vem sendo realizada, por exemplo, antes da permissão de construção de uma nova fábrica ou da duplicação de uma rodovia. Existe, freqüentemente, a necessidade de se avaliar o impacto do ruído ou de se prevenir que determinado limite seja excedido.

Os mapas de ruído inserem-se, reconhecidamente, nesta estratégia. Durante a segunda metade da década de 90, teve lugar na Europa uma intensificação de políticas e de desenvolvimentos tecnológicos relativos à cartografia do ruído.

A constatação da situação dos níveis sonoros mundiais tem justificado, em anos recentes, na União Européia, um particular investimento numa política concentrada (e harmonizada) para uma adequada estratégia de gestão e redução do ruído ambiente.

Os países mais avançados, principalmente os do continente europeu, estão envolvidos no estudo da poluição sonora e seu controle. É parte da política da comunidade européia, conforme expressamente declarado em diretivas, a proteção contra o ruído. Uma de suas diretrizes publicada em 2002 determina a medição e identificação dos níveis sonoros das cidades, produzindo mapas sonoros como resultado (DIRECTIVE, 2002). Esse mapeamento sonoro é exigência para todos os estados-membros da comunidade nos centros urbanos com mais de 250 mil habitantes e sua conclusão deve ser efetivada até junho de 2007. A partir dos mapas, planos de ação serão traçados,

objetivando a prevenção e a redução do ruído ambiental onde se mostrar necessário e, principalmente, onde os níveis possam trazer efeitos negativos à saúde humana.

Em cidades de países em desenvolvimento, onde são encontrados altos níveis de exposição auditiva, o problema da poluição sonora apresenta dimensões preocupantes. As principais cidades da América Latina são alguns desses exemplos, uma vez que possuem no tráfego de veículos automotores a maior parcela de contribuição ao ruído ambiental (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999).

3.2. POLÍTICAS PÚBLICAS MUNDIAIS EM RUÍDO AMBIENTAL

3.2.1. Diretiva Européia

Devido o fato de a experiência dos diferentes países membros da União Européia, na área de ruído ambiental ser muito diversificada, os grupos de trabalho estabelecidos pela Comissão Européia, no âmbito da Rede Européia de Especialistas, que definem os termos da Diretiva Européia têm, desde 1998, estudado desde a correlação entre níveis sonoros e incomodidade até os custos de implementação desta estratégia, passando pela definição das técnicas mais adequadas e procedimentos de avaliação e mapeamento do ruído. Desta forma, pretende-se uma homogeneização nos procedimentos de avaliação e de intervenção nos vários estados membros.

Os quadros legais europeus estabelecem estratégias claras e definidas no sentido de proteção e melhoria do ambiente sonoro em aglomerados urbanos. Estas estratégias passam pelo mapeamento do ruído e pela elaboração de planos de redução de ruído como instrumentos importantes para reduzir o ruído nos aglomerados urbanos e desta forma, reduzir a incomodidade da população.

A Diretiva do Parlamento Europeu (2002/99/EC), estabelecida em 25 de junho de 2002, considera os mapas de ruído como formas privilegiadas de diagnóstico para avaliação do incômodo do ruído na população, de instrumentos para o planejamento urbano e de instrumentos para a elaboração de planos de redução do ruído.

De responsabilidade dos municípios e das entidades gestoras ou cessionárias das infra-estruturas de transporte, a elaboração (e alteração) dos necessários mapas estratégicos de ruído e dos planos de ação tem como objetivo principal definir uma abordagem

comum para evitar, prevenir ou reduzir os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente e seu incômodo a partir das seguintes ações:

- Determinação da exposição ao ruído ambiente, através da elaboração de mapas de ruído: os mapas irão fazer uma avaliação global da exposição ao ruído em determinada zona, devido a várias fontes de ruído.

Segundo a Diretiva, estes mapas deveriam ser elaborados pelos Estados-Membros e enviados ao Instituto do Meio Ambiente, até 30 de Junho de 2007, relativos à situação no ano civil anterior, para todas as aglomerações com mais de 250.000 habitantes, todos os grandes eixos rodoviários com mais de 6 milhões de passagens de veículos por ano, os grandes eixos ferroviários com mais de 60.000 passagens de comboios por ano, os grandes aeroportos, situados no seu território.

Para as aglomerações com mais de 100.000 habitantes e para as grandes infra-estruturas com mais de 3 milhões de passagens de veículos anuais, têm uma extensão do prazo por cinco anos, para o dia 31 de março de 2012, data na qual são requeridos os respectivos mapas estratégicos de ruído relativos à situação no ano civil de 2011.

- Informação do público sobre o ruído ambiente e seus efeitos;
- Aprovação, pelos Estados-Membros, de planos de ação a fim de prevenir e reduzir o ruído ambiente, e/ou preservar a qualidade do ambiente acústico: os planos de ação, elaborados pelas autoridades competentes em consulta com o público, devem ser entregues pelos Estados-Membros até 18 de julho de 2008, com o objetivo de gerir, nos seus territórios, os problemas e efeitos do ruído, incluindo a redução do mesmo nos locais mapeados.

Esses planos devem ainda ser reanalisados e revistos, sempre que surja um acontecimento significativo que afete a situação existente em termos de ruído, e no mínimo de cinco em cinco anos a contar da data da sua aprovação.

O público deve participar precoce e efetivamente na preparação e revisão dos planos de ação, e o mesmo deve ainda ser informado das decisões tomadas.

3.3. POLÍTICAS PÚBLICAS BRASILEIRAS EM RUÍDO AMBIENTAL

Atualmente é inegável a importância da regulamentação da poluição sonora para a saúde e o bem-estar das pessoas, sendo certo que o ruído constitui um dos principais fatores de degradação da qualidade de vida da população.

O cenário da poluição sonora pode ser avaliado e regulamentado, através das normas e legislações existentes que especificam parâmetros a serem medidos e indicam como configurar os equipamentos de medição e manipular os fatores envolvidos.

A legislação ambiental brasileira, nos níveis federal, estadual e municipal, vem enfatizando, nas últimas décadas, a necessidade de conservação do meio ambiente e, conseqüentemente, a melhora da qualidade de vida da população, quando estabelecem normas e leis que regulamentam e que buscam intervenções humanas.

Para a realidade brasileira, a Constituição Federal, no artigo 23, inciso VI, estabelece entre as competências comuns da União, Estados e Municípios, a proteção do meio ambiente e o combate da poluição em qualquer de suas formas (BRASIL, 1988, p.27)

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).

3.3.1. Política Federal

Dentre as legislações ambientais que tratam da questão de atividades com emissão de ruído, a Lei nº 6.938/81 dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins, mecanismos de formulação e aplicação e a Lei nº 9.605/98 dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Nessa última, em seu artigo 54, é dito que se considera crime causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam causar danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou destruição significativa da flora. Desta forma, como a poluição sonora tem efeitos negativos à saúde humana, fica evidente que aquele que a provocar pode ser enquadrado no disposto na lei.

A poluição sonora é tratada, também, no Decreto Lei nº 3.688/41, Lei de Contravenções Penais, cujo artigo 42 considera a poluição sonora uma contravenção referente à paz pública, ao provocar a perturbação do trabalho ou do sossego alheio, com gritaria ou algazarra, exercendo profissão incômoda ou ruidosa, abusando de instrumentos sonoros ou sinais acústicos, provocando ou não procurando impedir barulho produzido por animal. A pena pode ser de prisão simples, de quinze dias a três meses, ou multa.

No entanto, dentre todas as leis, as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA funcionam como marco regulatório para a elaboração das legislações que definem limites de tolerância para a emissão de ruído. Destaca-se, pela importância, a Resolução nº 001/90 que estabelece normas no interesse da saúde, no tocante à emissão de ruídos em decorrência de qualquer atividade, fundamentadas no interesse da saúde e do sossego público. Ali, são adotados, como referência os valores preconizados pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2000).

A Resolução do CONAMA nº 002/90 institui, em caráter nacional, o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora, chamado de Programa Silêncio, que visa controlar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem-estar da população. A preocupação fundamental é a formação adequada de recursos humanos, com a capacitação de pessoal nos órgãos de meio ambiente estaduais e municipais em todo país, a disponibilização de informação à população e a destinação de recurso para o combate à poluição, incentivando a fabricação de produtos mais silenciosos. Este programa deve ser coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), contando com a participação de Ministérios do Poder Executivo, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente.

Aliando a necessidade de reduzir os altos índices de poluição sonora nos principais centros urbanos com o fato de que os veículos rodoviários automotores são as principais fontes de ruído no meio urbano, há, ainda, que mencionar a Resolução do CONAMA nº. 252/99, que estabelece para aqueles veículos limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento para fins de inspeção obrigatório e fiscalização de veículos em uso.

Por fim, tem-se, dentro da legislação nacional, a Resolução mais recente, nº. 204/06, criada pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2006), que regulamenta o

volume e a frequência dos sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos e estabelece metodologia para medição a ser adotada pelas autoridades de trânsito ou seus agentes.

3.3.1.1 Estatuto da Cidade: Estudo de Impacto de Vizinhança

O Estatuto da Cidade (2001), lei federal 10.257 (BRASIL, 2001) que institui a política urbana tratada nos artigos 182 e 183 da Constituição Federal, criou um sistema de normas e institutos que têm em seu cerne a ordem urbanística, fazendo nascer um direito urbano-ambiental dotado de características peculiares, enraizado e fundamentado no texto constitucional, que possibilita a construção do conceito de cidade sustentável. Trata-se de uma norma originadora de um sistema que interage com os diversos agentes que constroem a cidade e a reconhece em movimento, em um processo que precisa, de um lado, avaliar e dar conta das necessidades urbanas e, de outro, estabelecer os limites para a vida em sociedade.

O Estudo de Impacto de Vizinhança - EIV, previsto no artigos 36 a 38 do estatuto, está entre os instrumentos de gestão que depende de regulamentação municipal e que permite a avaliação dos impactos causados por empreendimentos e atividades urbanas. A partir dessa análise, é possível definir a pertinência da implantação de um empreendimento ou atividade no local indicado, ou seja, avaliar se o proposto está adequado ao sítio e se ele pode ser absorvido pelo mesmo, estabelecendo uma relação recíproca entre cidade e empreendimento, considerando o meio no qual está inserido.

A avaliação de impactos, de um modo geral, é uma exigência contemporânea, de uma sociedade que está assistindo ao esgotamento dos recursos naturais, ao esgotamento de espaço nos grandes aglomerados urbanos e a degradação das relações de vizinhança.

A poluição sonora, como já mencionada anteriormente, é certamente um dos grandes problemas do mundo atual, intensificando-se nas cidades, pois há a incidência de múltiplas fontes sonoras. Ruído de indústrias, veículos automotores, som de bares, danceterias, oficinas, construtoras, alto falantes e mesmo determinados cultos religiosos estão presentes nesse cotidiano, sendo necessário um regramento para o exercício dessas atividades, de forma a permitir que a vida em sociedade seja tolerável.

No entanto, quando da implantação de um novo empreendimento em qualquer grande cidade brasileira, onde é requerido o Estudo de Impacto de Vizinhança, a preocupação fica concentrada, na grande maioria das vezes, no aumento do fluxo de veículos. Novos projetos são definidos para se alterar o sistema viário de forma a comportar a nova quantidade de veículos e, de certa forma, “tranqüilizar” os moradores em relação aos problemas de tráfego no local. O que as autoridades parecem ignorar, no entanto, é que o acréscimo de automóveis tem relação direta com o aumento dos níveis sonoros e nada é feito para se avaliar, diagnosticar, e remediar, se for o caso, o cenário futuro. Na prática, o estudo de impacto de vizinhança tem considerado outras instâncias, mas não o impacto sonoro. Não há razão para tal, pois todas as atividades urbanas que causam poluição sonora deveriam estar sujeitas ao EIV. Os instrumentos de gestão urbano-ambiental devem ser utilizados, tanto para avaliação dos impactos decorrente dos ruídos excessivos, quanto para mitigar e compensar sua existência.

Fica evidente que a omissão sobre a aplicação do estudo de impacto sonoro dentro do instrumento urbanístico do Estudo de Impacto de Vizinhança bloqueia pensar em legislações municipais que possam regulamentar e avaliar essa situação nas cidades. Aliado a isso, existe a fato de que o ruído causa uma degradação ambiental difícil de se caracterizar, uma vez que não degrada o meio ambiente de forma “visível”. Conforme cita Viveiros (2005), a acústica é um atributo invisível. Portanto, torna-se mais simples para o poder público municipal abordar outras questões que sejam mais evidentes para a própria comunidade.

Se a questão do ruído fosse pensada pelos legisladores e pelos próprios cidadãos de maneira preventiva, através do EIV, se poderiam mitigar seus efeitos negativos.

3.3.2. Política Estadual e Municipal

O artigo 30 da Constituição Federal (BRASIL, 1988) incumbe o município de promover, no que couber, o adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano.

Em Florianópolis, a Lei Complementar CMF no. 003/99 (1999) dispõe sobre os ruídos urbanos e a proteção do bem estar da saúde pública. Nessa legislação, estabelece-se os limites máximos permissíveis de ruídos, conforme a tabela 3.1.

É de responsabilidade da Fundação Municipal do Meio Ambiente - FLORAM, juntamente com os órgãos competentes, estabelecer medidas para a eliminação ou minimização dos distúrbios sonoros que vierem a ultrapassar os níveis fixados pela lei.

Tabela 3.1: Limites de ruído estabelecidos pela Lei Complementar n. 003/99 (1999)

Zonas de Uso	Diurno (7h –19h) [dB(A)]	Vespertino (19h –22h) [dB(A)]	Noturno (22h –7h) [dB(A)]	Lden* ¹
Área Residencial Exclusiva Área de Exploração Rural Área Mista Rural Área de Preservação com Uso Limitado	55	50	45	55
Área Residencial Predominante Área de Parque Tecnológico Área Comunitária Institucional Área Verde de Lazer Área Verde de Uso Privado	60	55	50	60
Área Mista Central Área Turística Residencial	65	60	55	65
Área Mista de Serviço Área Serviço Exclusivo Área Industrial Exclusiva	70	60	60	70

*¹ dado acrescentado pela autora, calculado a partir da equação 3.3.

A lei Complementar (LEI COMPLEMENTAR CMF n^o. 003, 1999) esclarece que:

Quando a propriedade onde se dá o suposto incômodo estiver situada em local próximo a escola, creche, biblioteca pública, centro de pesquisas, asilo de idosos, hospital, maternidade, ambulatório, casa de saúde ou similar com leitos para internamento, deverão ser atendidos os limites estabelecidos para Área Residencial Exclusiva - ARE, independentemente da efetiva zona de uso e deverá ser observada a faixa de 200,00m (duzentos metros) de distância, definida como zona de silêncio.

3.4. NORMAS INTERNACIONAIS DE METROLOGIA EM RUÍDO AMBIENTAL

As normas internacionais são importantes na avaliação do ruído, podendo ser aplicadas diretamente ou como referência às normas nacionais. Pode-se dizer que existem duas principais organizações para normatização, a *International Organization for Standardization* (ISO), que trata, principalmente, da metodologia e procedimentos de comparação dos resultados e a *International Electrotechnical Commission* (IEC) que aborda aspectos relacionados às instrumentações necessárias para avaliação de ruído ambiental (BRÜEL & KJÆR, 2000).

3.4.1. ISO

A União Europeia normaliza internacionalmente a questão do ruído pela série de Normas ISO denominadas “ISO 1996 Acústica – Descrição, medição e Avaliação do Ruído Ambiental”, sendo constituída por duas partes:

- Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação, de 11 de agosto de 2003. Define as grandezas fundamentais para serem usadas na determinação do ruído ambiental e descreve os procedimentos básicos de avaliação. Especifica também métodos para a avaliação do ruído ambiental e fornece um guia para a predição da resposta da comunidade, com relação ao incômodo causado, em função de uma exposição sonora de longo prazo a vários tipos de ruído ambiental (ISO, 2003).
- Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora ambientais, de 09 de março de 2007. Descreve como os níveis de pressão sonora podem ser determinados por medições diretas, pela inferência dos resultados medidos (através de cálculos), ou exclusivamente através de cálculos, com o objetivo de servir como base para a avaliação do ruído ambiental. São fornecidas ainda recomendações com relação às condições desejáveis para medições ou cálculos para serem aplicadas onde outras normativas não se determinam. (ISO, 2007).

Esta norma torna-se importante na medida em que existe um grande número de métodos atualmente utilizados no mundo inteiro, para diferentes fontes de ruído, dificultando assim a comparação e a compreensão em nível internacional (SOUSA, 2004).

3.4.2. Níveis de critérios estabelecidos por outras organizações internacionais

- EPA (Environmental Protection Agency): estabeleceu Níveis-critério A-ponderados anuais médios (tabela 3.2) como requisito para proteção da saúde e para o bem estar da população, com uma “adequada” margem de segurança (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1974).
- Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda os níveis-critério que podem ser visualizados na tabela 3.3, levando em consideração as perturbações e a interferência na comunicação oral.

Tabela 3.2: Níveis de critério estabelecidos pela Agencia EPA (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1974).

Tipo de Ocupação	Grandeza	Interferência na atividade	Baseado na Perda de Audição (*)	Proteção contra ambos os efeitos (b)
Residencial, com áreas externas de lazer e casas de campo	L_{dn} $L_{Aeq(24h)}$	55	70	55
Comercial	$L_{Aeq(24h)}$	(a)	70	70 (c)
Industrial	$L_{Aeq(24h)}$	(a)	70	70 (c)
Hospitais	$L_{Aeq(24h)}$	55	70	55
Educacional	$L_{dn} / L_{Aeq(24h)}$ (d)	55	70	55
Áreas de Recreação	$L_{Aeq(24h)}$	(a)	70	70 (c)
Áreas de Cultivo e áreas não-habitadas	$L_{Aeq(24h)}$	(a)	70	70 (c)

(*)Níveis-critério com potencial de provocar perda de audição após o período de 40 anos

(a) já que diferentes tipos de atividades parecem estar associados a níveis sonoros também diferentes, pode ser difícil o estabelecimento de um nível-critério para evitar interferências, exceto em locais onde a comunicação ora; é uma atividade crítica.

(b) utilizar o menor nível.

(c) baseado somente na perda de audição.

(d) Um $L_{Aeq(8h)}$ de 75 dB(A) poderá ser tolerado nessas situações, contanto que a exposição no período remanescente de 16 h seja suficientemente baixa e que resulte numa contribuição desprezível para a média de 24 h; ou seja, um $L_{Aeq(16h)}$ inferior a 60 dB(A).

Tabela 3.3: Diretriz de valores para ruído em comunidades em ambientes específicos (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999)

Ambiente Específico	Efeitos Críticos à Saúde	L_{Aeq} [dB(A)]	Base de Tempo [horas]	$L_{máx}$ [dB(A)]
Áreas Externas Residenciais	incômodos sérios, dia	55	16	-
	incômodo moderado, dia	50	16	-
Residências (interno)	inteligibilidade da fala e incômodo moderado, dia	35	16	-
Quarto (interno)	distúrbio do sono, noite	30	8	45
Quarto (externo)	distúrbio do sono*	45	8	60
Salas de aula (interno)	inteligibilidade da fala, distúrbio na obtenção de informação, comunicação de mensagens	35	durante as aulas	-
Escolas (externo)	incômodo (fontes externas)	55	durante o “recreio”	-
Hospital, ala de quartos (interno)	distúrbios no sono, noite	30	8	40
	distúrbios no sono, dia	30	16	-
Hospital, quartos de tratamento (interno)	interferência no descanso e recuperação	#1		
Industrial, shopping comercial e áreas de tráfego (interna e externa)	deterioração na audição	70	24	110
Locais Públicos (interna e externa)	deterioração na audição	85	1	110
áreas recreacionais e áreas de conversação (externa)	interrupção da tranquilidade	#3		

* valores externos feita a aproximadamente 1m da fachada, considerando uma redução de 15 dB com a janela aberta.

#1 o mais baixo possível.

#3 áreas externas “quietas” existentes devem ser preservadas e a introdução do ruído deve ser em uma proporção tal para que se mantenha abaixo do som natural de fundo.

3.5. NORMA BRASILEIRA DE METROLOGIA EM RUÍDO AMBIENTAL

Os níveis sonoros considerados aceitáveis, para ambientes externos, ao ar livre, são determinados pela norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT: NBR 10.151(2000) – Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. 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.

Esta norma especifica um método para medição sonora onde, de acordo com as características do ruído, são estabelecidas correções para os níveis medidos. Se o ruído possui características impulsivas ou de impacto, ou possui componentes tonais, ao valor máximo medido com o medidor de nível de pressão sonora deve ser acrescido 5 dB(A).

A comparação entre o nível corrigido (L_c) e o nível de critério (NCA), estabelecido pela norma como admissível, indica se o nível sonoro está na faixa tolerável ou se são necessárias medidas para reduzi-lo.

Na tabela abaixo, pode-se ver os níveis de critério para ambientes externos de acordo com os horários diurno e noturno. A norma estabelece que os períodos diurnos e noturnos podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. No entanto, o período noturno não deve começar depois das 22 horas e não deve terminar antes das 07 horas. No caso de domingos e feriados, o término do período noturno não deve ser anterior às 9 horas.

Tabela 3.4: Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos (NBR 10.151,2000).

Tipos de área	Diurno [dB(A)]	Noturno [dB(A)]
Área de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou 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

É importante ressaltar que, pela legislação (NBR 10.151), quando o nível de ruído ambiente (ruído de fundo) for superior aos valores estabelecidos na tabela, o Nível de Critério de Avaliação irá assumir este valor.

3.6. FERRAMENTAS NA GESTÃO DO RUÍDO AMBIENTAL

Para o estudo de ruído urbano, comumente, são observados trabalhos de mapeamentos e predição acústica de uma determinada área.

3.6.1. Mapeamento sonoro

O mapeamento acústico é uma ferramenta fundamental para o estudo, diagnóstico e gestão do ambiente sonoro. Baseado no levantamento dos níveis sonoros de uma cidade, através da medição ou através do uso de método predicional, o mapa acústico, nada mais é do que a representação de curvas isofônicas (similar às curvas topográficas dos mapas convencionais) - pontos de ruído com a mesma intensidade - de certa área geográfica. Os diversos níveis de intensidade sonora são separados por zonas com cores padronizadas em trechos de 5dB.

Desta forma, a principal função de um mapeamento sonoro é proporcionar diagnósticos precisos do meio ambiente acústico, evidenciando os pontos críticos (de risco) da cidade, bem como as áreas de tranquilidade da mesma.

No caso urbano, a combinação do mapeamento sonoro com os dados sobre a população que reside ou é usuária da área, permite obter informações sobre o percentual de pessoas que são expostas a diferentes níveis sonoros. (COELHO, 2003).

O mapeamento acústico fornece informações do ruído ambiental para estabelecer diretrizes ao planejamento acústico urbano. Na gestão ambiental, as informações coletadas podem ser usadas para: ajudar a criar políticas de implantação de estratégias de manejo do ruído na cidade, servir como base para o processo decisório sobre o uso do solo (zoneamento) e para o planejamento dos meios de transporte e, também, servir como índices para avaliar a eficácia das medidas de redução de ruídos. (COELHO, 2003).

Quando estes mapas são elaborados a partir de programas computacionais que realizam a predição dos níveis sonoros, eles podem ser facilmente modificados, atualizados, pois permitem o acompanhamento da evolução de ambientes sonoros, e monitorados, checando os resultados das alterações de variáveis nas fontes de ruídos. Como exemplo, pode-se citar o caso de se precisar fazer um Estudo de Impacto de Vizinhança para

verificar as conseqüências de uma alteração do fluxo de tráfego ocasionada pela inserção de um novo pólo gerador de tráfego em determinada área.

Portanto, o mapeamento poderá produzir um integrado e interativo sistema de análise do mapeamento da qualidade e ruído do ar, constituindo-se como uma fonte de informação estruturada para os cidadãos, para os técnicos municipais e para os decisores. E, a medida que o público em geral passa a ter conhecimento com relação ao estado do meio ambiente, do ponto de vista sonoro em que vivem, passam a ter discernimento para cobrar de si mesmos, das autoridades e poderes públicos, bem como das construtoras, medidas que possam modificar cenários de riscos a sua própria saúde e também às gerações futuras.

Para a realização de um mapeamento sonoro a partir do método de medição dos níveis sonoros na área em estudo, devem ser consideradas algumas questões, como: número de medições, distribuição espacial e localização dos pontos de medição; dias, horários e duração das coletas dos dados acústicos, meteorológicos, geométricos e de tráfego; além da configuração e posicionamento dos equipamentos (NAGEM, 2004).

3.6.2. Simulação computacional

Segundo Guedes (2005) os modelos de predição acústica apresentam muitas vantagens quando comparados aos procedimentos de medições sistemáticas, pois fornecem informações detalhadas das fontes sonoras, possibilitam análises em um maior número de pontos, não sofrem interrupções diante de condições meteorológicas adversas, demonstram uma menor sensibilidade aos efeitos do ruído de fundo, permitindo, ainda, a avaliação de situações hipotéticas e simples atualizações.

Atualmente, existem vários procedimentos para predição dos níveis de pressão sonora em áreas adjacentes às fontes de ruído. Basicamente, esses métodos descrevem a propagação do som ao ar livre, normalmente sendo baseados em dados referentes à potência das fontes emissoras (GERGES, 2000).

Foi visto que os ambientes urbanos apresentam cenários acústicos complexos e seus estudos precisam considerar a participação de várias fontes sonoras e a necessidade de se avaliar inúmeros pontos. Para este fim, os modelos computacionais se tornam

imprescindíveis, uma vez que possibilitam a realização de cálculos, análises, e relatórios rápidos e com precisão.

Normalmente, esses cálculos são desenvolvidos por meio de algoritmos padrões que calculam o nível de pressão sonora aplicados a fontes específicas.

É importante ressaltar que a obtenção de resultados representativos do ambiente sonoro em estudo vai depender muito da confiabilidade dos dados de entrada, ou seja, irá depender da precisão de coleta dos dados (acústicos e geométricos), dos pontos de obtenção de informação e sua representatividade e das habilidades acústicas e experiências em modelagem por parte do usuário (BRÜEL & KJÆR, 2000).

Esses modelos precisam ser calibrados para que possam fornecer resultados confiáveis e representativos. Para tanto, o procedimento envolve algumas medições in loco, sendo comparados os níveis calculados com os medidos. No entanto, alguns cuidados precisam ser considerados, ao se estar realizando a calibração, como a existência de condições meteorológicas estáveis, a garantia de que a atividade da fonte durante medição e cálculo seja a mesma e, ainda, a necessidade de se fazer correções das contribuições indesejadas provenientes de outras fontes sonoras, são determinantes para o seu sucesso.

Ao realizar tais predições, é preciso ainda considerar alguns aspectos como: nível de interrupção do fluxo de veículos, características geométricas das vias, correções devido à inclinação da pista, velocidade média real dos veículos, porcentagem de veículos pesados, dentre outros (NUNES e SANTOS, 1998).

Dentre os mais populares modelos de predição acústica estão: Calculation of Road Traffic Noise (CoRTN) - Reino Unido; Federal Highway Administration (FHWA) - Estados Unidos; Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90) – Alemanha; Statens Planverk 48 – Escandinávia; EMPA - Suíça e o ASJ - Japão, cuidadosamente desenvolvidos e validados, sendo confiáveis por produzirem resultados de considerável precisão (LI et al., 2002).

Para o desenvolvimento desta dissertação, cuja única fonte de ruído considerada advém do tráfego de veículos das avenidas principais, optou-se pela metodologia da norma

alemã RLS-90, cujo seu procedimento de cálculo já fora devidamente explicitado no item: 2.6.3, que segundo Calixto (2002) mostrou ser aplicável às condições brasileiras.

a. Software de Mapeamento Acústico: SoundPLAN®

Atualmente existe a nível internacional uma série de programas computacionais para a previsão do ruído desde situações simples até aquelas mais complexas que se norteiam em alguns desses modelos, por exemplo, *Predictor* e *Lima* (Empresa Brüel & Kjær), *Mithra* (Empresa 01 dB), *SoundPLAN*® (Empresa *Braunstein + Berndt GmbH*), geralmente, usados para: geração de mapas de ruído com base em predições a partir de dados reais; identificação de importantes fontes sonoras; proposição e demonstração dos efeitos das soluções adotadas para redução de ruído; hierarquização das fontes sonoras pelo nível de pressão sonora; e, monitoramento e controle do ambiente sonoro de uma área geográfica.

O *SoundPLAN*® é um *software* comercial desenvolvido pela empresa alemã *Braunstein + Berndt GmbH*, voltado para análises ambientais, possibilitando gerar mapas sonoros, avaliações de impactos acústicos e comparações entre cenários ambientais.

O programa apresenta ferramentas para criação de modelos 3D, para importar e exportar dados, concordância com principais normas internacionais para ruído de estradas (por exemplo, RLS - 90, CoRTN), ferrovias, indústria e aeronaves. Quanto ao procedimento de cálculo para o ruído de tráfego, apresenta modelo que calcula as potências sonoras dos veículos, podendo ser derivadas de dados de tráfego. Além disso, o *software* considera os principais fatores de atenuação sonora ao ar livre (BRAUNSTEIN e BERNDT, 2007).

4. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O MAPEAMENTO SONORO

4.1. INTRODUÇÃO

Como já mencionado anteriormente, foi de fundamental importância para esta dissertação os estudos realizados pela pesquisadora em Portugal, pelo período de seis meses, o qual objetivava investigar o mapeamento sonoro como ferramenta de planejamento urbano, baseado no que vem sendo realizado na União Européia.

A constatação vivencial através do desenvolvimento de dois projetos relativos à área de acústica ambiental, os quais serão mais bem explicitados nos itens 4.1.1 e 4.2.2, proporcionaram um trabalho de investigação e, principalmente, de revisão bibliográfica com o que se tem de mais atualizado dentro da avaliação e gestão do ruído ambiente.

4.1.1. Mapeamento Acústico da linha de comboio do Norte de Lisboa – Rede Ferroviária Nacional – REFER

Trabalho desenvolvido com o objetivo da construção de um mapa estratégico de ruído de acordo com as exigências estabelecidas pela Comunidade Européia.

Além de estar em contato direto com as mais atuais legislações e normativas mundiais sobre o ruído ambiental, foi intenso o trabalho em cima do *software* computacional CadnaA, o qual realiza os mapas acústicos, de onde se pôde compreender, desde os primeiros passos toda a metodologia de manuseio desta ferramenta largamente utilizada nos países da Comunidade Européia e muito pouco conhecida ainda no Brasil.

Ao longo deste trabalho, foram realizadas visitas à campo, em que foram efetuadas as medições do ruído ambiental para a empresa, como validação dos resultados atingidos pelos métodos computacionais.

Como a contribuição da pesquisadora relativo ao trabalho de mapeamento estratégico da linha de comboio do norte de Lisboa foi desde o início da contratação dos serviços junto ao laboratório da CAPS, pôde-se fazer uma avaliação completa dos resultados obtidos. Desta forma, erros que aconteceram nos procedimentos de cálculo e mesmo anterior a isso, quando na inserção dos dados relativos a fonte de ruído, foram devidamente acompanhados e corrigidos. Isto possibilitou a aluna visualizar todos os procedimentos

que devem ser levados em consideração e que não podem ser esquecidos ou manipulados de forma errônea, de modo a comprometer com todo o estudo desenvolvido.

Apesar do objetivo deste trabalho ser direcionado ao estudo relativo à fonte de ruído tráfego ferroviário, diferente do objetivo da pesquisadora para esta dissertação, que possui como foco principal o estudo do tráfego rodoviário, as metodologias empregadas são praticamente as mesmas. Portanto, relativo ao estado da arte em mapeamento acústico, tudo foi devidamente estudado por parte da bolsista, lidando com o que se tem de mais atual em termos mundiais dentro da área e referente a este tipo de ferramenta.

4.1.2. Análise e Zoneamento Acústico do Município de Almada – Portugal

Continuação de uma série de trabalhos já realizados pelo laboratório do CAPS (Centro de Análise e Processamento de Sinais) para a câmara municipal de Almada, o que proporcionou a bolsista uma complementação ao aprendizado adquirido no trabalho para a linha de comboio do Norte de Lisboa.

Apesar de a participação da pesquisadora ter sido somente inicial dentro de todo o processo que ainda está por ocorrer, foi de grande valia. Para proceder com a avaliação, foi necessário que se tivesse em conta e, portanto, que se fizesse todo um levantamento em cima dos mapas estratégicos já elaborados pelo próprio CAPS em etapa anterior. Desta forma, realizou-se um trabalho de investigação sob os mapas existentes, o que demandou um estudo intenso especificamente sob o tráfego rodoviário, principal fonte de ruído existente no município.

Desta forma, o trabalho desenvolvido para o município da Almada pôde complementar os estudos realizados para a empresa REFER, no sentido de explorar melhor as especificidades do ruído proveniente do tráfego rodoviário que será abordado na dissertação da mestranda.

4.2. A CIDADE DE FLORIANÓPOLIS

Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, foi fundada no século XVII por imigrantes açorianos, em que sua atividade principal consistia na atividade portuária, além da pesca e agricultura de subsistência. Desta forma, desenvolveu-se por cerca de três séculos, vindo a sentir novos ares somente quando da decadência desta atividade no

início do século XX e da inserção de uma malha viária que vai conectar a cidade por terra com o restante do país.

Ferreira (1994), descreve que na década de 1910 o poder público em Santa Catarina dava mostras da intenção em possibilitar e controlar a exploração das riquezas da Ilha de Santa Catarina para fins de turismo. A cidade, ao entrar no século XX, passou por profundas transformações, sendo que a construção civil foi um dos seus principais suportes econômicos. A implantação das redes básicas de energia elétrica e do sistema de fornecimento de água e captação de esgotos somaram-se à construção da ponte que iria ligar a ilha ao continente, como marcos do processo de desenvolvimento urbano.

A construção, em 1926, da ponte Hercílio Luz, foi um fato marcante no desenvolvimento e estruturação urbana da Ilha. Com a inauguração da ponte, o crescimento aconteceu de imediato: uma nova urbana foi formada na cidade, alterando intensivamente a sua dinâmica, o que se expressou em algumas novas distribuições da população no solo urbano. O comércio foi ativado, o transporte coletivo também foi implantado, e o movimento trouxe o progresso bem como o turismo que se tornou uma das maiores fontes de renda do município.

Todas estas transformações ao mesmo tempo que expandiram a cidade provocaram reações do Estado que aumentou suas intervenções no espaço e começou a estruturar um primeiro Plano Diretor para a cidade.

Na década de 60, a instalação das Centrais Elétricas do Sul do Brasil (ELETROSUL) e a construção da Universidade Federal de Santa Catarina, no bairro da Trindade propiciou mudanças na economia e na dinâmica imobiliária da Capital. Sendo previstos diversos recursos federais para a cidade após sua implantação.

As condições gerais da economia e da sociedade brasileira na década de 70 refletiram no aumento da especulação e das atividades imobiliárias, na ampliação de órgãos da administração pública, na intensificação da construção civil e nas diversas intervenções urbanas efetuadas pelo Estado. Desta forma sentiu-se a necessidade do desenvolvimento de um novo plano diretor.

A década de 70 caracterizou-se pelo grande número de intervenções do estado no espaço urbano, principalmente no setor rodoviário. Dentre estas obras realizadas a BR

101 foi fundamental para o incremento e solidificação do turismo, impulsionando a execução de obras viárias que dessem acesso as localidades com potencial turístico.

Segundo Popini Vaz (1991):

“O crescimento rápido da cidade não correspondeu ao ideário contido nos planos diretores, mas obedeceu às pressões das classes médias, a quem o Estado privilegiou na distribuição dos recursos públicos para obras e serviços. Os planos diretores revelaram-se datados e pouco flexíveis perante a velocidade do crescimento da cidade e sua transformação, mesmo contando com a contribuição constante do IPUF em sua atualização. Algumas de suas diretrizes foram abortadas por decisões que dependiam de outros níveis do governo. Enfim, revelaram equívocos decorrentes da distância entre proposição e execução, entre projetos e sua implementação, entre o técnico e o político. Superestimaram a capacidade de realização de grandes obras pelas municipalidades da região e a disponibilidade de recursos para elas, propiciando o atendimento a demandas dos grupos sociais mais fortes e organizados, num quadro de insuficiência de recursos perante o vulto da urbanização. (...) Assim, a planta da cidade revela um tecido urbano fragmentário que espelha as diferenças dos interesses restritos dos grupos que representam empreendedores imobiliários e proprietários de terras urbanas.”

A configuração urbana de Florianópolis fora transformada com o adensamento do centro e a expansão de sua periferia. Em conseqüência forma-se um novo mercado consumidor que fomentou o desenvolvimento da construção civil e ampliou significativamente o sistema rodoviário, dando à cidade uma aparência da metrópole urbana, com sua economia alicerçada nas atividades do comércio, prestação de serviços públicos, indústria de transformação e turismo.

Com isto, a população de Florianópolis sofreu um aumento de 278% entre 1960 e 2003, indo de 97.800 habitantes para 369.781, de acordo com as estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003). Este fenômeno tem se tornado ainda mais rápido na área conurbada de Florianópolis, onde no mesmo período, teve um aumento de 365%, indo de 151.000 para 702.988 habitantes.

A cidade de Florianópolis, nestes últimos anos tem demonstrado que, devido a sua estrutura física, não comporta um adensamento maior do que o atual, é bem visível e sentido os problemas sérios dos congestionamentos, o que reflete em sua tranquilidade já bastante conturbada.

A cidade atualmente conta com uma rede viária praticamente saturada, por onde trafegam os meios de transportes em geral. Há um aumento considerável do volume de automóveis *per capita*, agravado pela obsolescência dos equipamentos urbanos de transporte, incluindo vias sub-dimensionadas para os volumes de trânsito atuais,

equipamentos de sinalização e, controle antigos e inoperantes, terminais de ônibus subdimensionados e mal localizados e excesso de centralização no atendimento ao público pelas autoridades municipais, estaduais e federais.

A rápida expansão não foi seguida de um planejamento adequado, deixando uma urbanização caótica e desordenada tomar lugar. Por este motivo, a qualidade de vida tem diminuído e o ruído urbano tem alcançado níveis desconhecidos.

Com relação à problemática do ruído, nota-se que em Florianópolis, assim como na maioria das grandes cidades brasileiras, atividades potencialmente poluidoras como o tráfego de veículos, a instalação de casas noturnas e comércio, estejam muito próximas de áreas e edificações que apresentam um uso determinado por uma alta sensibilidade ao ruído, assim como hospitais, áreas estritamente residenciais e escolas.

4.3. ESTUDO PILOTO

Antes da produção dos mapas estratégicos de ruído para esta dissertação, a autora decidiu realizar um estudo piloto de modo a constatar as reais dificuldades a serem encontradas e conseguir sanar eventuais erros e dúvidas existentes. Para tanto, foi definido o estudo de uma quadra, que se insere dentro da área estudada posteriormente.

Como o objetivo era obter uma amostra de como seriam as futuras análises no local, a escolha desta quadra em específico foi determinada pelo fato de a mesma apresentar usos bem diferenciados e de certa forma contraditórios na aplicação das legislações.

A quadra em que foi realizado o estudo piloto, conforme se pode observar no mapa 4.1, é formada pelas ruas Bocaiúva – rua de tráfego intenso devido ao fato de ser vicinal a avenida Jornalista Rubens de Arruda Ramos (avenida de movimento de veículos mais intenso do Centro de Florianópolis) e apresentar um fluxo de automóveis decorrente dela; Armínio Tavares – rua de tráfego local, intensificado nos horários de início e final das aulas do colégio existente nas proximidades; Esteves Júnior – rua que possui um movimento de veículos considerável, também intensificado nos horários das aulas; e a avenida Prof. Othon Gama D’Eça – com tráfego intenso de veículos devido à ligação que faz da avenida Rubens de Arruda Ramos com o centro administrativo e comercial da cidade. Vale destacar que as edificações que compõem a área possuem usos bem

distintos: comerciais, residenciais, escolares e hospitalares, as quais demandam uma análise bem diferenciada com relação aos aspectos de legislação.



Mapa 4.1: Mapas de localização da quadra em que foi realizado o estudo piloto.

4.3.1. Resultados Obtidos

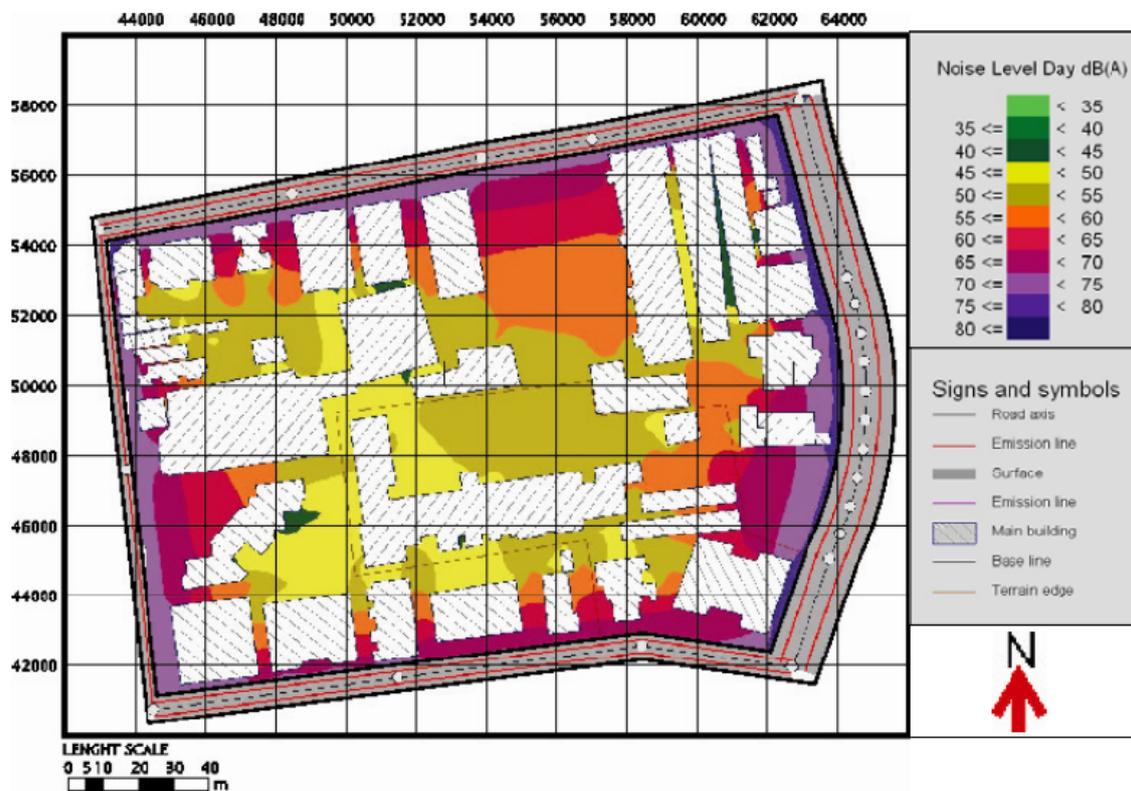
▪ Mapa Acústico

O *software* após ser devidamente alimentado com as informações necessárias, automaticamente realiza todos os cálculos para obter como resultado final o gráfico, ou seja, o mapeamento acústico da área, através da interpolação dos níveis sonoros transformados em linhas de contorno, como é possível observar no mapa 4.2.

Observa-se, através da escala gradual de cores, a variação dos níveis sonoros de 35 a 80 dB(A). Os níveis mais elevados de pressão sonora tendem para a cor azul e os mais baixos se aproximam da cor verde.

Com estes resultados, pode-se observar quais as vias de tráfego de veículos que causam os maiores níveis sonoros, que para o caso específico, verifica-se que é a avenida Prof. Othon Gama d'Eça, justificada pelo intenso volume de automóveis que por lá transita diariamente. Como já fora mencionado, esta avenida é um dos principais acessos de veículos que originam de bairros vizinhos em direção ao centro administrativo e comercial da cidade de Florianópolis. Merece ainda destaque os níveis sonoros

produzidos nas ruas Bocaiuva e Esteves Júnior, que apresentam níveis entre 70 e 75dB(A), considerados ainda altos e nocivos à saúde humana.



Mapa 4.2: Mapeamento Sonoro – estudo piloto – “Mapa da Quadra”.

Pode-se destacar também, através deste mapa, quais as edificações que estão sendo mais atingidas por este nível de ruído, que naturalmente acabam por ser as que se localizam em frente a esta avenida mais movimentada, devido à não consideração de outras fontes de ruído senão a do tráfego.

▪ Mapa de Conflitos

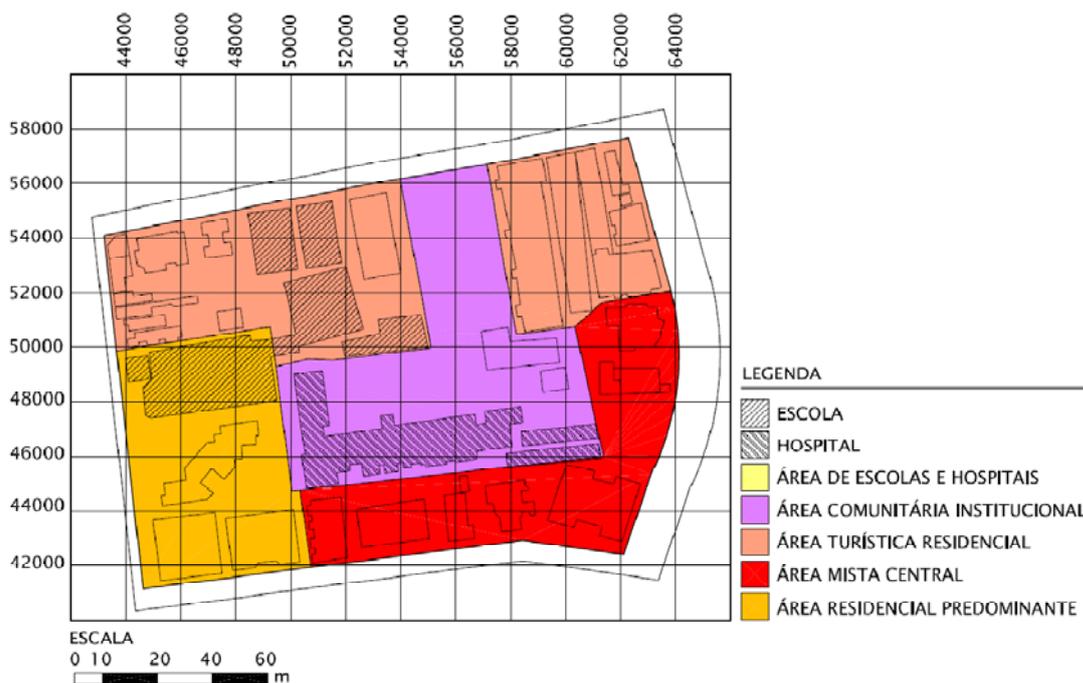
Com a obtenção do mapeamento sonoro através do *software SoundPLAN*[®] foi realizada a transposição das curvas isofônicas para uma base computacional SIG (Sistema de Informações Geográficas).

SIG, segundo a Associação para Informação Geográfica (AGIS, 1993), é um sistema de captura, armazenamento, controle, integração, manipulação, análise e exposição de dados os quais são referenciados para o espaço geográfico da Terra. A tecnologia SIG integra operações de dados comuns, como por exemplo, questões e análises estatísticas,

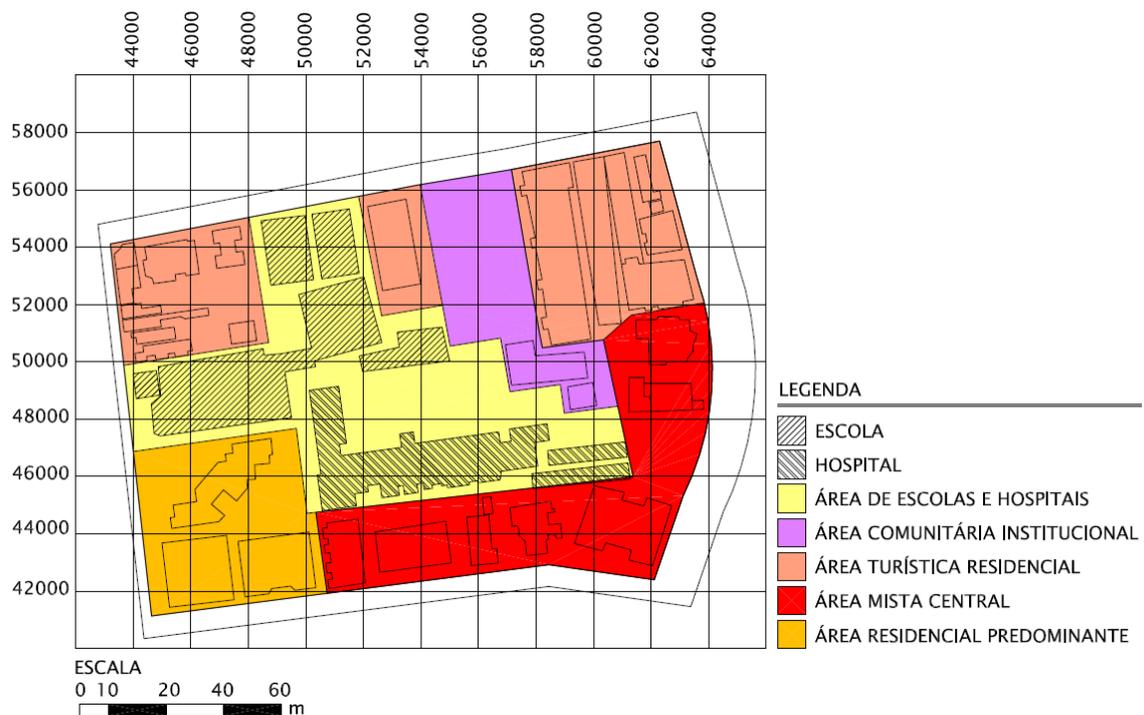
com uma única visualização, os mapas, que oferecem os benefícios das análises geográficas (VALLET J. et al., 2004).

O software utilizado que trabalha com Sistema de Informações Geográficas foi o *ArcVIEW*. Através dele, foram inseridas, além das curvas isofônicas extraídas a partir do mapeamento sonoro (*.dxf), informações adicionais referentes à área em estudo como: zoneamento da área conforme o Plano Diretor do Município de Florianópolis - PDMF (FLORIANÓPOLIS, 1999), definição dos limites de níveis de pressão sonora conforme o que é estabelecido pela Lei Complementar Municipal CMF n. 003/99 (1999) e pela NBR 10.151 (2000) e número de pessoas (residentes ou usuários) existentes nas edificações.

Sobre o zoneamento da área, ressalta-se a adaptação realizada no zoneamento original estabelecido pelo Plano Diretor de Florianópolis (FLORIANÓPOLIS, 1999), conforme pode ser verificado no mapa 4.3, para entrar em conformidade com o que está estabelecido na Lei Complementar CMF n. 003/99 (1999) a qual cita em seu Artigo 3, parágrafo 3º, que para áreas de escolas e hospitais devem-se respeitar os mesmos limites determinados para uma Área Residencial Exclusiva. Portanto, as áreas que estão hachuradas, para ficar de acordo com os limites estabelecidos pela legislação municipal de controle de ruído, precisam mudar o seu zoneamento, conforme pode ser verificado no mapa 4.4.



Mapa 4.3: Zoneamento da área em estudo conforme Plano Diretor Municipal de Florianópolis (1999).



Mapa 4.4: Zoneamento da área em estudo conforme Plano Diretor Municipal de Florianópolis (1999), adaptado para Lei Complementar 003/99 (1999).

Outra questão a ser levantada é a diferença existente entre a Lei Complementar 003/99 e a NBR 10.151, com relação aos limites estabelecidos para os níveis sonoros. Ao observar a tabela 4.1, verifica-se que a legislação municipal é pouco rígida a respeito dos valores considerados como incômodos para os usuários ou moradores de determinada área quando comparada com a normativa nacional. Desta forma, como a própria Lei Complementar menciona em seu artigo 2º, deve-se obedecer às recomendações da norma NBR 10.151.

Com estas informações adicionais podem-se realizar panoramas da realidade existente, mais precisos e corretos, de acordo com os usos das edificações existentes na área em estudo. Como exemplo, observa-se no mapa de conflitos 4.5, que indica quanto o ruído está acima do permitido pela lei municipal e pela normativa nacional na área em estudo. Primeiramente o *software* calcula as diferenças entre os níveis sonoros em cada ponto da área delimitada com o nível de referência estabelecido pela legislação, e posteriormente, aplica-se a cada um dessas “áreas” uma cor relativa à escala cromática definida na legenda.

Tabela 4.1: Comparação: limites estabelecidos Lei Complementar 003/99 (1999) e NBR 10.151 (2000).

Lei Complementar CMF n. 003/99 (1999)			NBR 10.151 (2000)		
Zonas de Uso	Diurno (7h–22h) [dB(A)]	Noturno (22h–7h) [dB(A)]	Tipos de Área	Diurno (7h–22h) [dB(A)]	Noturno (22h–7h) [dB(A)]
Escolas e hospitais + 200m de distância (zona de silêncio)	55	45	Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou escolas	50	45
Área Residencial Predominante Área Comunitária Institucional	60	50	Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área Mista Central Área Turística Residencial	65	55	Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55

Nota-se uma grande diferença do mapeamento acústico mostrado no mapa 4.2 para o mapa de conflito 4.5, o qual se observa mais claramente o real incômodo causado para os moradores ou usuários das edificações que está diretamente relacionado às atividades que são desempenhadas pelos mesmos durante o dia e à noite. Por exemplo, onde o zoneamento delimita a área de escola, nota-se ser uma região com muita sensibilidade ao ruído, onde a legislação NBR 10.151 estabelece limite de 50 dB, em que os níveis chegam a ultrapassar até 25 dB. Em contrapartida, nas proximidades à avenida Prof. Othon Gama D'Eça, onde no mapa acústico os níveis apresentavam-se muito altos, perceber-se que eles são pouco incômodos à população residente ou usuária do local, no mapa de conflitos.



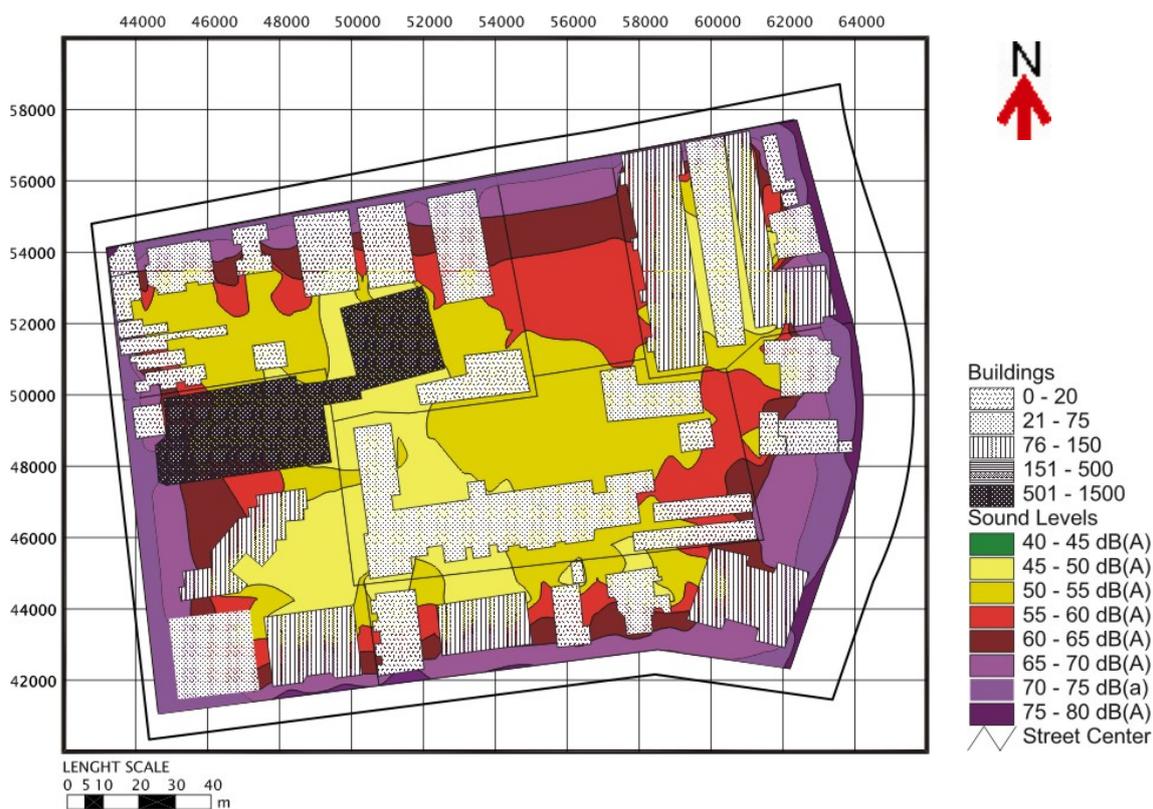
Mapa 4.5: Mapa de Conflitos – estudo piloto – “Mapa da Quadra”.

▪ Mapa de Exposição da População

Além do mapa de conflitos, tem-se os dados a respeito da população usuária ou residente nas edificações da área de estudo, podendo-se obter uma correlação dos níveis sonoros extrapolados pelos limites estabelecidos na legislação e o número de pessoas atingidas por esse incômodo.

Para o estudo piloto o estabelecimento do número de usuários e moradores foi realizado a partir de uma correlação ao número de apartamentos, ou salas comerciais existentes nas edificações. Foi feita uma estimativa, onde em apartamentos pequenos adotou-se o número de dois moradores e nos grandes, quatro. No caso de salas comerciais, o número de usuários variou de dois a três, dependendo do tamanho das mesmas.

No mapa 4.6 a representação da quantidade de pessoas por edificação foi feita através de diferentes hachuras para não prejudicar as cores do mapa acústico de fundo.



Mapa 4.6: Mapa de Exposição da População – estudo piloto – “Mapa da Quadra”.

Nota-se que no mapa de exposição da população a situação da escola se agrava ainda mais, devido ao número de alunos e funcionários (mais de 500 pessoas) expostos a

níveis sonoros muito altos, acima do permitido pela legislação como visto no mapa de conflitos.

▪ Mapa de Riscos

Ainda para este estudo piloto, foi desenvolvido um mapa de riscos, conforme pode ser verificado no mapa 4.7 o qual representa o risco de incômodo e distúrbios do sono na população. Portanto, a representação gráfica irá integrar o percentual de pessoas perturbadas pelo tipo de ruído originado (de acordo com o L_{den}).



Mapa 4.7: Mapa de Riscos da População – estudo piloto – “Mapa da Quadra”.

Três categorias de riscos foram assinaladas: baixo risco (marcada com o círculo pequeno na cor amarela), médio risco (círculo médio na cor laranja) e alto risco (círculo grande e vermelho). Quanto maior o diâmetro do círculo e mais escura a cor utilizada, mais importante será o risco.

Neste tipo de visualização, o usuário pode ter uma ideia de como está a situação global do ruído, a população exposta e o risco de incômodo no território estudado.

4.4. MAPEAMENTO DO RUÍDO DA ÁREA CENTRAL DE FLORIANÓPOLIS

O mapeamento sonoro de Florianópolis é uma ferramenta estratégica que permite dar resposta às mais recentes exigências constantes dos regimes legais europeus, nomeadamente a Diretiva Europeia relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.

A metodologia baseia-se na utilização do *software* previsual *SoundPLAN*[®], versão 6.0, da Universidade Federal de Santa Catarina, doado pela empresa Grom – Acústica & Automação, representante do mesmo no Brasil que usa, como elementos de base dados sobre o terreno (altimetria), as edificações (alturas de edifícios, muros, pontes e viadutos) e o tráfego existente (rodoviário).

Cartas digitalizadas do Município, contendo curvas de nível, dimensões das vias, calçadas e edificações, assim como dados coletados *in loco* como a altura das edificações, localização de semáforos e dados de tráfego rodoviário (frequência, tipos de veículos/composições, velocidades médias), foram alguns dados modelados pelo programa de cálculo utilizado.

A partir dessa informação foi criado um modelo de previsão de ruído, cujo algoritmo permite estimar valores médios de ruído exterior ao longo de todo o ano, para o período diurno, entardecer e noturno. Da metodologia constam ainda medições de ruído, realizadas, sobretudo, para validar resultados do modelo.

4.4.1. Definição da área de estudo

A escolha da área central de Florianópolis, demonstrada através da figura 4.1, também denominada de centro histórico, para a realização do mapeamento acústico, deu-se principalmente pelo fato de ser uma das regiões mais movimentadas da cidade, em termos de fluxo de veículos automotores e de pedestres, tanto durante o dia como a noite.

A região selecionada abriga muitas atividades que, por vezes, parecem conflituosas para estarem sendo desempenhadas simultaneamente em um espaço tão reduzido. A maioria dos serviços públicos municipais e estaduais existentes na cidade possui suas sedes na região, o comércio e os serviços oferecidos nas ruas são bastante diversificados e utilizados e há também um número considerável de edifícios administrativos, como as

instituições financeiras, por exemplo, que fazem com que um número vultoso de veículos e pessoas migre diariamente de outros bairros, que carecem desse tipo de oferta aos seus moradores. Aliado a isto, a área central de Florianópolis abriga uma quantidade apreciável de escolas e hospitais, que por vezes também aumentam o número de automóveis e pessoas que chegam ao local todos os dias, mas que, no entanto, necessitam que suas atividades sejam desempenhadas dentro de uma zona de silêncio, pois exigem um nível de conforto e concentração considerável.



Figura 4.1: Área Central de Florianópolis, com localização da área de estudo da dissertação, das via que a circundam e da quadra em que fora realizado o estudo piloto.

A área selecionada ainda abriga em seu arredor, a avenida Jornalista Rubens de Arruda Ramos, popularmente conhecida como avenida Beira Mar, que além de viabilizar a entrada de muitos veículos para a região, é uma das principais ligações entre o continente e a ilha de Florianópolis, representando uma das vias de maior fluxo de veículos da cidade.

Dentro da área central, realizou-se um recorte às avenidas Mauro Ramos, a leste, Rio Branco, a sul, e à rua Esteves Júnior, a oeste, proporcionando uma extensão menor para os estudos dessa dissertação, devido ao grande volume de dados a serem obtidos e ao fato de esta região já possuir uma representatividade em termos de edificações, usos, atividades e vias, bastante significativa do que se observa em suas proximidades.

4.4.2. Parâmetros da análise previewal

Para a modelagem acústica através do programa computacional, foi necessária a coleta das seguintes grandezas: geométricas / físicas, de tráfego e acústicas, com o objetivo de organizar um banco de dados para a construção e calibração do modelo acústico da região.

Os dados referente às grandezas meteorológicas não foram considerados devido à normativa alemã adotada para a predição dos níveis sonoros: RLS-90. No entanto, se fosse seguida a norma francesa recomendada pela Comunidade Européia, qual seja, NMPB-Routes-96, os parâmetros referentes às condições do tempo como: o regime de ventos dominantes, temperatura e umidade média anual – em termos de frequência de ocorrência e de condições de propagação favorável e homogênea, deveriam ser considerados.

Para facilitar o registro dos dados e a repetição dos procedimentos em todos os pontos, utilizou-se uma planilha que indicava quais informações deveriam ser coletadas *in loco*.

4.4.2.1 Parâmetros Geométricos

Os dados cartográficos de base digital, gerados a partir de fotografia aérea infravermelha, representada pela figura 4.2, foram disponibilizados pelo Instituto de Planejamento Urbano da cidade de Florianópolis. Observando o mapa 4.8, contém os dados de planimetria essenciais à elaboração dos mapas de ruído: localização das vias

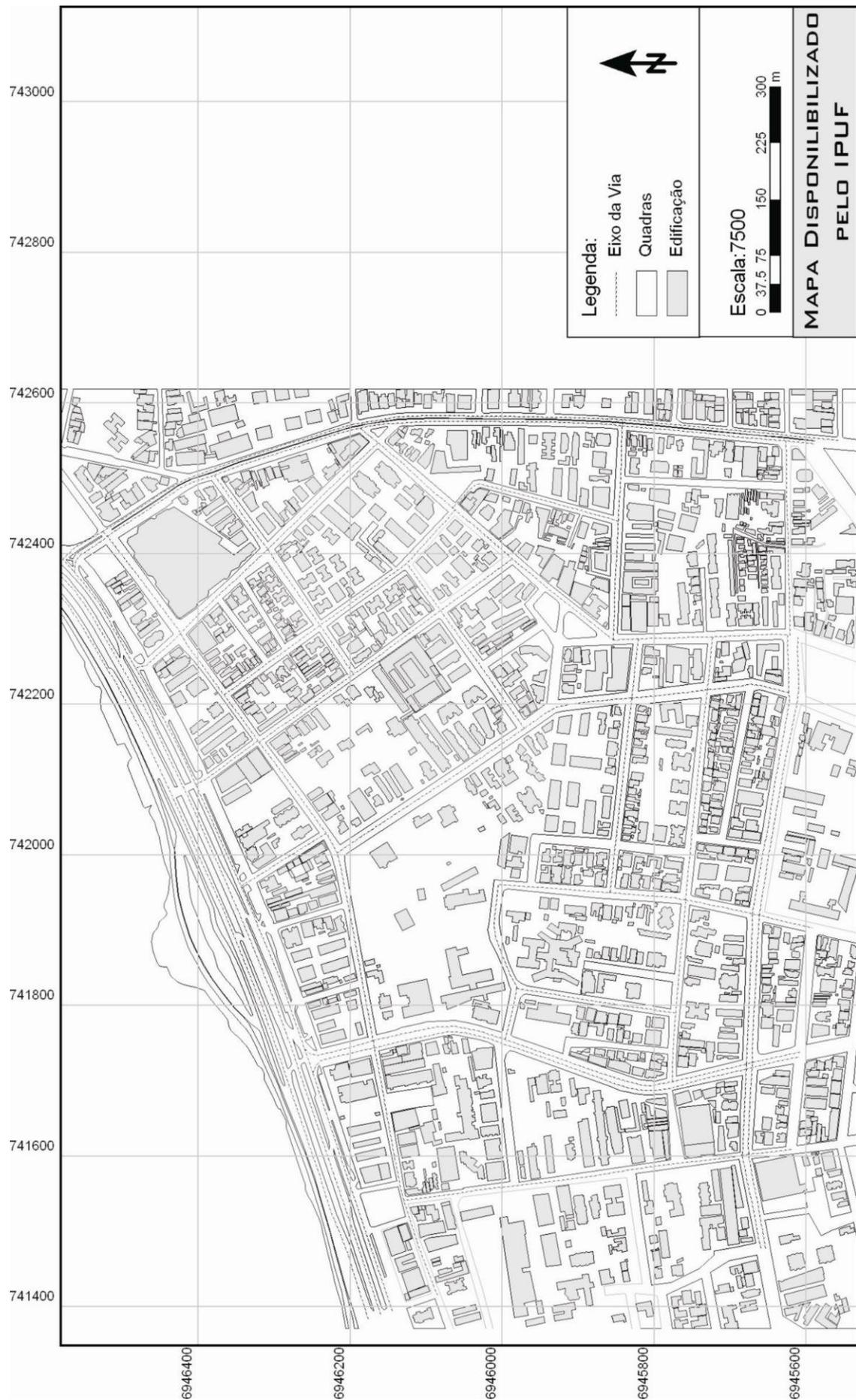
rodoviárias, implantação de edifícios e outras construções, sendo não só necessários ao modelo de cálculo como também à identificação geográfica dos locais.

O Instituto de Planejamento Urbano da cidade de Florianópolis também disponibilizou, para os estudos realizados, os dados altimétricos das curvas de nível cotadas de cinco em cinco metros, em base digital, como se observa no mapa 4.9. Como explicitado no item 2.5.3, os níveis de ruído produzidos pelos veículos automotores são diretamente influenciados pela inclinação das vias de tráfego, demonstrando ser um fator de fundamental importância e que deve ser considerado para produção dos mapas de ruído das cidades.

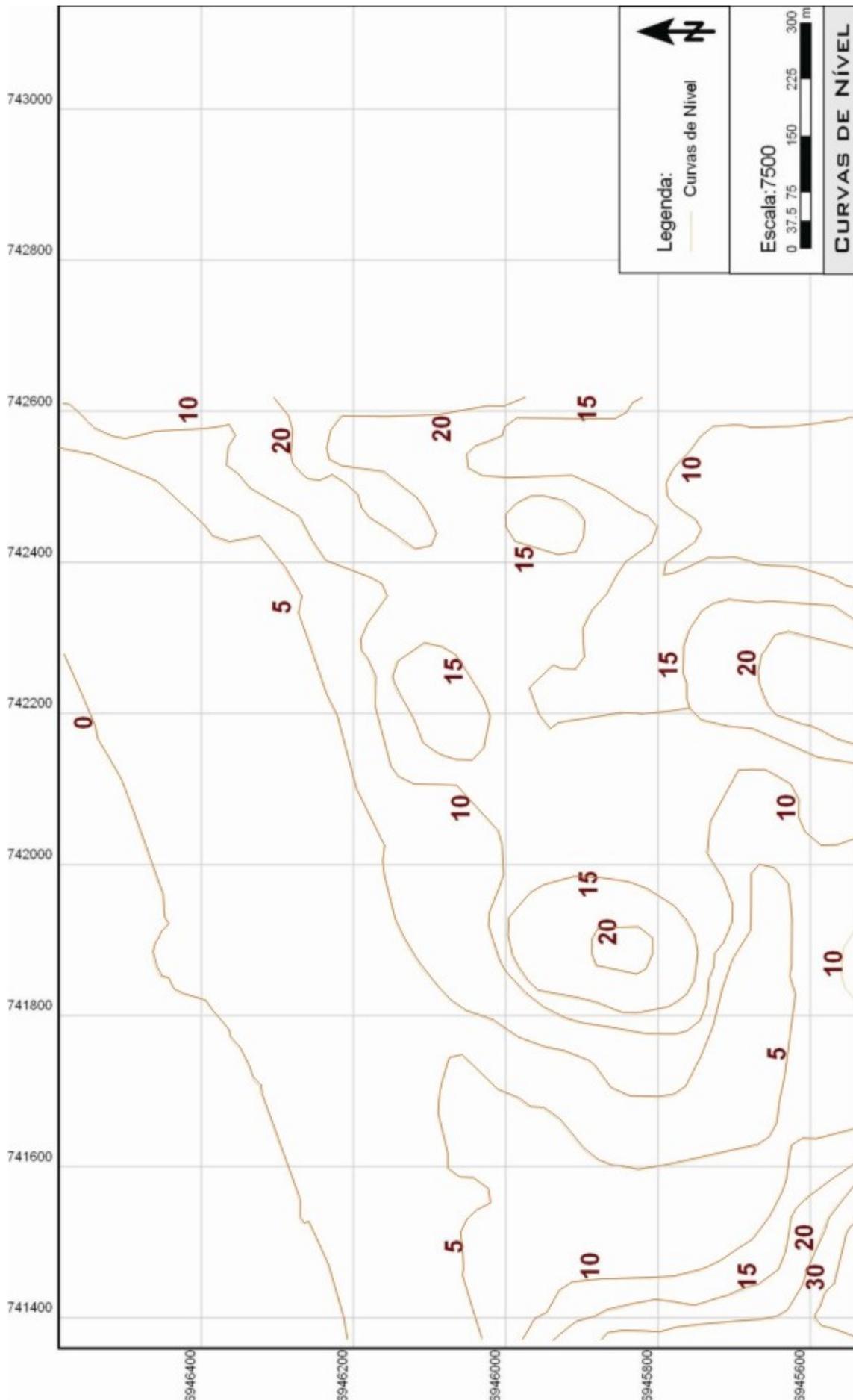
Após visitas efetuadas na área, foi verificado que a cartografia existente não se encontrava completamente atualizada, principalmente no que tange às novas edificações. Dessa forma, foi esta corrigida, apenas por observação *in loco*, em algumas zonas onde era pertinente para o cálculo de emissão sonora.



Figura 4.2: Fotografia aérea infravermelha da área em estudo, utilizada por empresas especializadas para a constituição dos dados cartográficos do município de Florianópolis.



Mapa 4.8: Mapa com dados cartográficos disponibilizado pelo IPUF – março de 2008.



Mapa 4.9: Mapa com curvas de nível da área em estudo, disponibilizado pelo IPUF.



Mapa 4.10: Mapa com rede viária existente na área em estudo.

As larguras das vias e dos respectivos canteiros central, assim como o número de pistas de rolamento, foram conferidos no local, utilizando uma trena, visto que a cartografia disponibilizada não apresentava a precisão necessária para a alimentação do *software* de predição. Estas características coletadas podem ser observadas na tabela 6, do Anexo I. Com estes dados, pode-se definir exatamente o eixo da via [m] e a distância da linha de emissão [m] do ruído proveniente do tráfego de veículos. Desta forma, nas vias onde há automóveis circulando nos dois sentidos, ou ainda que no mesmo sentido, mas em duas pistas, foi adotado o mesmo número de linhas de emissão, como pode ser verificado na figura 4.3, que mostra o exemplo da rua Bocaiuva. Já naquelas em que há tráfego somente em um sentido e em uma pista, haverá apenas uma linha de emissão sonora, conforme a figura 4.4, que representa em planta a rua Luis Delfino.



Figura 4.3: Planta de trecho da rua Bocaiuva com identificação do eixo da via e suas linhas de emissão.

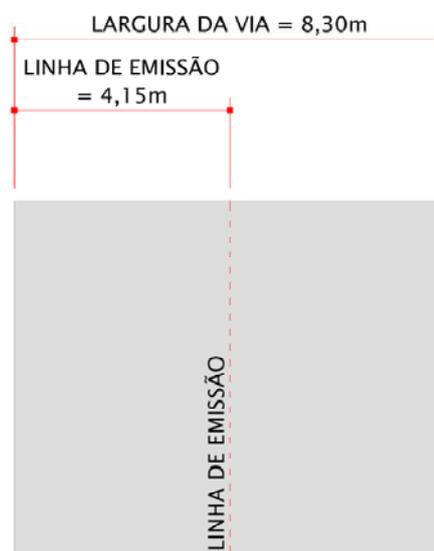


Figura 4.4: Planta de trecho da rua Luis Delfino com identificação da sua linha de emissão única.

Fez-se necessário também uma coleta *in loco* das características altimétricas das edificações, que é de fundamental importância para a realização dos cálculos, visto que interferem diretamente na propagação do ruído nos espaços abertos, conforme devidamente explicitado no item 2.6.2. Desta forma, foi coletado o número de pavimentos de cada casa ou edifício, adotando-se, para cada andar existente, a proporção de 3m de pé-direito, a fim de estabelecer sua altura. Para as edificações com somente um pavimento, determinou-se que suas cumeeiras possuíam 4 metros.

Juntamente com o levantamento acima descrito, ainda foram observadas e anotadas, as características a respeito do tipo de pavimento, estado de conservação das vias e o tipo

de solo circundante da área em estudo, que podem interferir, de alguma forma, na propagação sonora e, conseqüentemente, no ambiente acústico.

Tabela 4.2: Dados sobre parâmetros físicos e geométricos coletados.

Grandeza	Unid.	Informação Adicional
Altura das edificações	andares	Número de andares de cada edificação
Largura da(s) via(s)	m	Medições realizadas com o auxílio de uma trena
Largura dos canteiros centrais	m	Medições realizadas com o auxílio de uma trena
Número de linhas de emissão sonora por rua		Verificação <i>in loco</i> do número de pistas de rolamento de cada rua ou avenida.
Tipo de pavimento da via		Asfalto ou paralelepípedo
Tipo de solo circundante		(A) Absorvente ou (R) refletor

4.4.2.2 Dados sobre o tráfego local

Nos ambientes urbanos, principalmente nos países onde o transporte rodoviário é uma das únicas soluções existentes para uso da população em geral, o tráfego de veículos é a principal fonte de ruído. Desta forma, para alimentação do *software SoundPLAN*[®] é importante que se faça um levantamento específico e detalhado destas características nos pontos de coleta de dados.

Para o estudo piloto, características sobre o fluxo de veículos (diferenciação entre leves e pesados) e a velocidade média dos mesmos foram obtidas através do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis – IPUF, que possui nas proximidades da área, equipamentos que realizam automaticamente este tipo de contagem.

No entanto, para o mapa estratégico de ruído de uma área maior, como é o caso dessa dissertação, não se tem disponibilidade de estações que realizem coleta referente aos dados necessários em todos os pontos onde o fluxo de veículos é representativo. Desta forma, foi necessário um intenso trabalho de registro dos mesmos, com o auxílio de um contador manual. Para a composição de tráfego nas diferentes vias, portanto, foram utilizadas: contagem de tráfego, disponibilizada pelo IPUF, efetuada por equipamentos fixos existentes nas ruas e avenidas da área central de Florianópolis, em vinte e cinco pontos no mês de junho de 2008, e contagens adicionais manuais efetuadas pela mestranda, *in loco*, em trinta e dois pontos, durante o mesmo período.

Os dados fornecidos pelo IPUF são apresentados através do site do Departamento Estadual de Infra-Estrutura - DEINFRA, acessado através da rede da instituição, e disponibilizados como tabelas, demonstradas no Anexo I: tabelas 1 e 2, nas quais o fluxo de veículos é distribuído respectivamente por velocidade média e por porte do

automóvel, de hora em hora, num período de 24 horas. Desta forma, podem-se obter dados como os demonstrados na tabela 3, do Anexo I: velocidade média dos veículos [km/h], TDMA e percentual de veículos pesados que passem durante o dia e também ao longo da noite.

Na tabela 4, do Anexo I, verificam-se o trabalho de conexão destes dados, por máquina existente na área, de acordo com as diferentes tipologias de tráfego existente ao longo da semana, a fim de obter resultados relativos ao TDMA mais fidedignos à realidade existente. Ou seja, os dados das segundas e sextas-feiras, foram tratados em separado aos dados das terças, quartas e quintas-feiras, que, por sua vez, também são independentes das informações existentes dos sábados e domingos. Essa distinção foi realizada devido ao fato de existir uma diferença significativa com relação à composição do fluxo de veículos entre estes dias da semana. Dessa forma, na inexistência de dados referentes a uma terça-feira, por exemplo, descartaram-se automaticamente dados relativos a uma quarta e quinta-feira, com o objetivo de estabelecer médias somente de semanas “completas”.

A contagem manual do número de veículos foi realizada pessoalmente, com o auxílio de um contador, em vias que apresentavam um tráfego considerável, dentro da área em estudo, excluindo aquelas que já se haviam nos dados fornecidos pelo IPUF. Para que essa atividade não se delongasse no tempo, bem como não demandasse um número elevado de pessoas na coleta de informações, foi necessário estabelecer os dias da semana e os horários mais adequados (em que há uma ocorrência natural de um fluxo médio de veículos).

Inicialmente foi necessário estabelecer os meses que apresentavam dados médios com relação ao tráfego de automóveis. Como característica geral de todas as grandes cidades, sabe-se que meses de férias escolares e trabalhistas alteram significativamente o número de veículos que circulam em suas áreas centrais. Desta forma, os meses de janeiro, fevereiro, março, julho, novembro e dezembro, não foram utilizados nesta pesquisa, que objetiva somente trabalhar com dados de fluxo médio de veículos. Definiu-se, assim, que o mês de junho seria apropriado para esta contagem.

Como o IPUF dispunha de informações relativas ao fluxo de veículos de anos anteriores ao de 2008, foi realizado um estudo dos dados coletados de uma máquina, posicionada à avenida Beira Mar, cruzamento com a avenida Prof. Othon Gama D’Eça, ao longo do

mês de junho de 2007, com o objetivo de definir os dias da semana mais adequados para o levantamento dos dados necessários.

A partir da tabela 01, do Anexo II, onde é quantificado o fluxo de tráfego por dia e por hora, de acordo com as duas tipologias de automóveis existentes: leves e pesados, foram obtidos os gráficos 01, 02 e 03, demonstrados no Anexo II, os quais permitem uma visualização mais direta do que acontece com a intensidade do número de veículos por dia, ao longo do mês, como é o caso do gráfico 01.

No gráfico 02, como o IPUF não pôde dar garantias de que os valores de número total de veículos fornecidos para os dados que se encontravam incompletos na tabela 01, do Anexo II, seja o reflexo do fluxo de automóveis que realmente acontecera naquela data, foram então eliminados os dias: 01, 03, 06, 07, 08, 09, 11, 16 e 17 do referente mês, a fim de obter uma semana mais regular, a qual é demonstrada no gráfico 03, do mesmo anexo. A partir desse gráfico, relativo ao fluxo de veículos da via, nos dias: 28, 29, 20, 21, 22, 23 e 24, conseguem-se definir, com maior precisão, que a terça, quarta e quinta-feira, representam uma situação mediana com relação ao TMD existente ao longo da semana, na qual os dias de segunda-feira, sábado e domingo apresentam valores muito baixos e a sexta-feira possui um valor muito alto com relação aos demais.

Com a definição dos dias da semana mais apropriados, foi estudada também a questão dos horários mais adequados para a realização da contagem manual. Desta forma, como pode ser observado na tabela 02, do Anexo II, definiu-se o fluxo médio por hora, de todas as terças, quartas e quintas-feiras do mês de junho, a fim de estabelecer os horários que antecedem e sucedem a ocorrência desse valor obtido ao longo do dia. Nos gráficos 04, 05, 06 e 07, do Anexo II, fica mais evidente que, eliminando alguns desvios nos padrões encontrados, tem-se o cruzamento do fluxo médio (linha vermelha) com o fluxo de veículos ocorrido (linha azul) em dois horários ao longo do dia, um pela manhã e outro no período da noite. Na tabela 03, do Anexo II, estes horários são definidos em termos de hora e minutos, a partir também da média encontrada ao longo do mês, desconsiderando os resultados que fugiam dos padrões visualizados nos gráficos.

Desta forma, definiu-se que nas terças, quartas e quintas feiras do mês de junho de 2008, seria realizada a contagem do fluxo de veículos, precisamente em dois momentos, quais sejam às 7h03m e 20h54m. Foi estabelecido que as medições deveriam ocorrer em três pontos por período (manhã e noite) e pelo tempo de aproximadamente dez minutos

em cada, de modo a possuir uma representatividade considerável a fim de se definir o Tráfego Diário Médio Anualizado - TMDA e o percentual de veículos pesados de cada via, representados na tabela 5, do Anexo I.

Insta lembrar que a contagem foi realizada de acordo com a norma alemã RLS-90, adotada no uso do *software* utilizado, para o qual são considerados veículos pesados, aqueles com peso acima de 2,80 toneladas, quais sejam, micro-ônibus, ônibus e caminhões, são também somados a esta categoria as motocicletas, pois contribuem, em sua grande maioria, significativamente para o aumento dos níveis sonoros no ambiente da cidade. Os veículos leves, por sua vez, são os automóveis em geral.

A definição da velocidade média dos veículos nestas vias em que fora realizado o levantamento manual de dados foi estabelecida a partir de uma comparação visual *in loco*, com as ruas e avenidas que já possuíam valores atribuídos, obtidos através das máquinas do IPUF, que fazem essa classificação automaticamente. Para os veículos pesados, atribuiu-se 5 Km/h a menos na velocidade média.

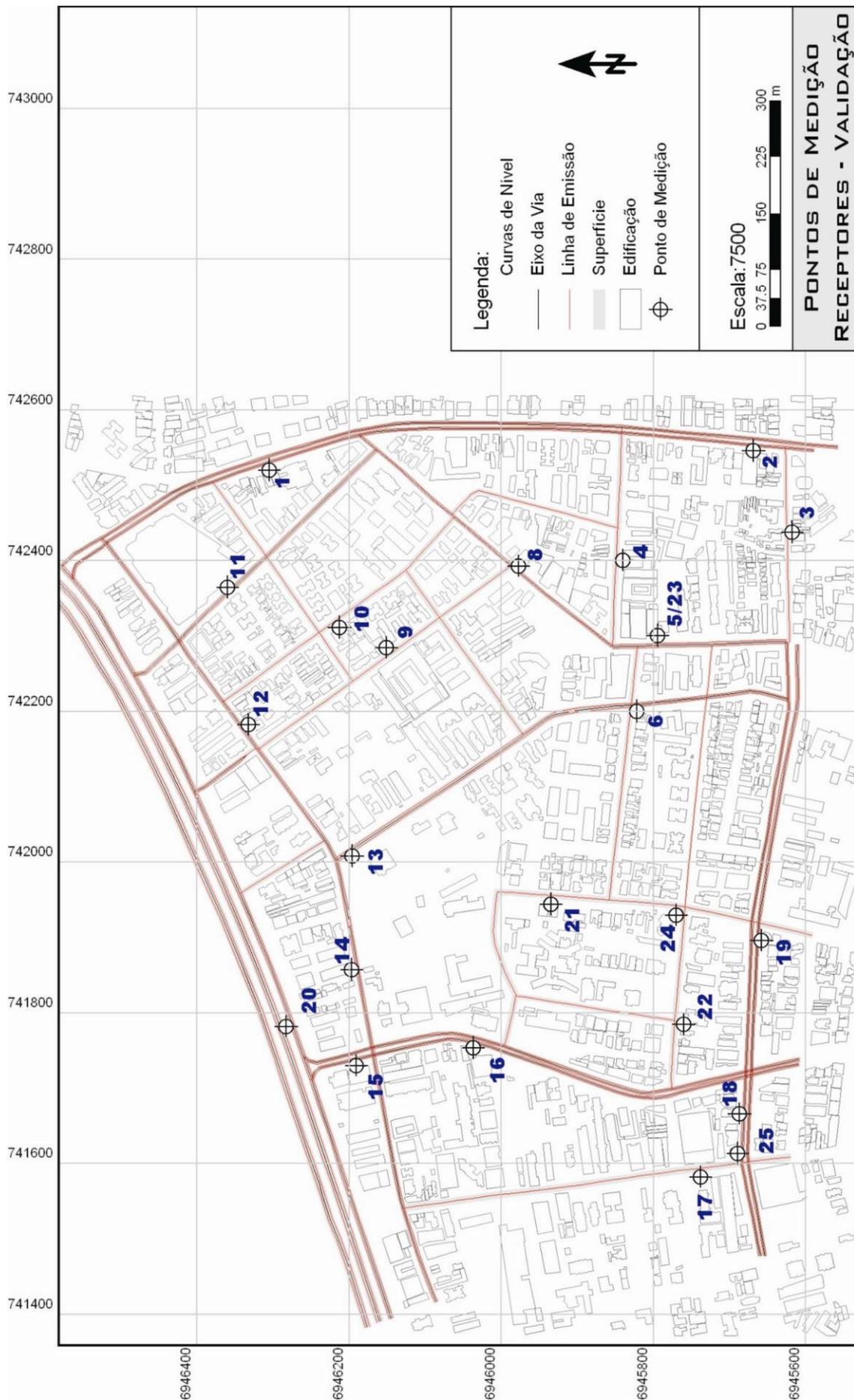
Tabela 4.3: Dados do tráfego local coletados.

Grandeza	Unid.	Informação Adicional
Volume do tráfego total de veículos (TMDA)	-	Realizados nas vias por um tempo aproximado de 10 minutos nos horários definidos como de ocorrência do fluxo de veículos médio e proporcionalmente adaptados para o período de 24 horas.
Velocidade média - veículos leves	Km/h	Baseada no tempo de veículos em movimento.
Velocidade média - veículos pesados	Km/h	5 km/h a menos que os veículos leves.
Percentual de veículos pesados durante o dia	%	Neste parâmetro, observar que está incluído também as motocicletas. Período do dia: das 07 às 23 horas.
Percentual de veículos pesados durante a noite	%	Neste parâmetro, observar que está incluído também as motocicletas. Período da noite: das 23 às 07 horas.

4.4.2.3 Parâmetros Acústicos Coletados (Validação do Modelo)

a. Seleção dos pontos de medição

O posicionamento dos pontos de medição foi determinado de modo que facilitasse a realização das mesmas, sem interferências de pedestres ou mesmo de veículos que pudessem parar ou estacionar defronte aos referidos locais. No mapa 4.11, pode-se visualizar os locais exatos em que ocorreria a coleta dos níveis sonoros existentes na área e a numeração na cor azul, em seqüência, para uma posterior análise e identificação destes dados em tabela.



Mapa 4.11: Mapa com localização dos pontos de medição dos níveis sonoros.

Houve o cuidado de marcar todos os pontos de medições acústicas na planta-baixa da região para serem utilizados, posteriormente, na comparação dos níveis sonoros medidos com os calculados no *SoundPLAN 6.0*[®], com o objetivo de validar o modelo gerado. Ainda assim, para auxiliar o registro das características físicas dos pontos de medição, foram tiradas fotos digitais.

Utilizou-se uma trena para conferir *in loco* os dados discriminados na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Parâmetros geométricos locais coletados para coleta de dados acústicos.

Grandeza	Unid.	Informação Adicional
Distância ponto medição –cruzamento mais próximo	m	-
Distância ponto medição - fachada	m	da edificação mais próxima

b. Dias de Medição:

Esta escolha depende do objetivo da pesquisa e do tipo de ruído ambiental em estudo. Sempre que possível, as medições devem ser realizadas nos mesmos horários e dias da semana para todos os pontos. Entretanto, na maioria dos casos, a disponibilidade de tempo, equipamentos, recursos humanos e financeiros limitam esta escolha.

Em relação aos dias de medição, o mais comum é escolher dias úteis, ou seja, dias que reflitam as características típicas do local a ser mapeado, de forma a possibilitarem uma maior confiabilidade nos dados coletados, descartando, como dito anteriormente, os feriados e férias escolares.

Para este estudo as medições ocorreram nos dias de semana: terça, quarta e quinta feira, excluindo assim as segundas e sextas-feiras porque costumam ainda sofrer variações de fluxo de veículos que não são característicos da média ocorrente no local.

Entretanto, é importante ressaltar que, para o estudo piloto as medições ocorreram em período de férias escolares e férias do funcionalismo público, nos dias 05, 06 e 07 de fevereiro de 2007. Tal fato pode representar uma variação significativa nas condições do fluxo de veículos no local em estudo, em virtude de a área apresentar um colégio em um dos lados da quadra, na rua Esteves Júnior, e o fato da rua Professor Othon Gama D'Eça ser um dos poucos acessos de veículos que liga os bairros vizinhos ao centro da cidade, onde se encontra uma concentração de órgãos públicos da cidade.

No entanto, para a pesquisa final desta dissertação, as medições dos níveis sonoros ocorreram em dois momentos distintos. As primeiras medições ocorreram no ano de

2007, nos dias 29 e 30 de agosto (respectivamente em uma quarta e quinta-feira) e 04 e 05 de setembro (também nos mesmos dias da semana). Já as demais coletas de dados acústicos foram realizadas no ano de 2008, nos dias 24, 25 e 26 de junho (terça, quarta e quinta-feira, respectivamente).

c. Horário de Medição:

A delimitação dos horários de medição depende muito do objetivo do mapeamento acústico.

Para a realização do estudo piloto desenvolvido pela mestranda, não foi realizada nenhuma análise anterior para a determinação dos horários a serem efetuadas as medições. A área já era de conhecimento da pesquisadora, pois se localiza próxima à sua residência. Em algumas referências buscadas, verificou-se que os pesquisadores procuravam trabalhar, para as medições dos níveis sonoros, com os horários de pico, onde há um aumento no fluxo de tráfego e conseqüentemente um aumento dos níveis sonoros. Desta forma, quando da elaboração do estudo piloto, as medições ocorreram nos intervalos entre 11h e 12h, 17h e 18h e 20h30m às 21h30m.

No entanto, para a pesquisa final desta dissertação, as medições ocorridas no exercício do ano de 2008 foram realizadas em horários diferenciados com relação às do ano de 2007.

Os primeiros levantamentos, cujos resultados podem ser analisados na tabela 1, do Anexo III, foram realizados posteriormente a uma medição de níveis sonoros, ocorrida à avenida professor Othon Gama D'Eça, nas proximidades da rua Bocaiuva, no dia 22 de agosto de 2007. Essa coleta de dados acústicos, que pode ser verificada na tabela 1, do Anexo IV, ocorreu das 07h20m às 20h00m, com o objetivo de se estabelecer três horários: um pela manhã, um nas proximidades do meio-dia e um no final de tarde, em que ocorresse um pico nos níveis medidos.

Para definir esses horários, conforme se pode verificar no gráfico 1, do anexo IV, foi considerada apenas a grandeza acústica L_{90} , devido a uma má administração das medições realizadas ao passo que não se pausou o equipamento em dois momentos em que uma ambulância com a sirene ligada parou em frente ao mesmo, no período entre às 16h e 17h. Desta forma, o valor de L_{eq} , subiu consideravelmente, não refletindo os níveis sonoros existentes normalmente, neste período, para este local. A partir dos

resultados obtidos e, seguindo os mesmos princípios adotados para o levantamento de dados no estudo piloto, foram considerados os horários das 08h às 09h, das 11h às 12h e das 17h às 18h, os quais representavam os picos dos níveis sonoros, para a realização das medições.

No entanto, após um estudo mais intenso a respeito dos dados a serem coletados para a alimentação do software, verificou-se que para o estabelecimento de uma média anualizada, não se pode trabalhar com dados máximos, tanto de fluxo de veículos, como de níveis sonoros. Desta forma, para as medições realizadas no ano de 2008, procurou-se realizá-las nos mesmos horários em que já foi estabelecido o fluxo de veículos médio: das 06h45m às 07h23m e das 20h53m às 21h31m, conforme pode ser observado nas tabelas e gráficos do Anexo II, de modo a refletir uma situação mais condizente com os resultados a serem obtidos através do software de predição acústica *SoundPLAN*[®].

d. Tempo de medição:

Segundo a NBR 10.151 (2000), o tempo de medição deve permitir a caracterização do ruído em estudo, podendo envolver uma medição de única amostra ou uma seqüência delas.

Um tempo de medição curto tem a vantagem de agilizar a coleta dos dados e de ser menos desgastante, porém corre-se o risco de não gerar informações suficientes. Em contrapartida, uma medição longa, apesar de exaustiva, pode não ser necessária, capaz de gerar resultados iguais aos obtidos, em intervalos de tempo menores.

Nas metodologias consultadas, observa-se que o tempo de medição varia de segundos a minutos e mesmo horas, mas, na maioria dos casos, coletam-se os dados a cada 5, 10 ou 15 minutos.

Para o estudo piloto optou-se por um intervalo de medida aproximado de oito minutos.

Para a pesquisa final desta dissertação, as medições foram realizadas normalmente em um período de dez minutos cada. No entanto, para vias onde o fluxo de veículos é muito intenso ao longo do dia, como a av. Mauro Ramos, a av. Rio Branco, a av. Prof. Othon Gama D'Eça e a av. Beira Mar, medições acústicas de aproximadamente cinco minutos já foram consideradas suficientes para caracterizar a situação dos níveis sonoros do local.

e. Grandezas coletadas

Para o mapeamento sonoro, utilizou-se o índice energético L_{Aeq} , que serve como base aos indicadores L_{den} , estipulados na Diretiva Européia 2002/49/EC. A norma ISO 1996/1 (2003) também coloca o nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado com a curva A como o melhor descritor do ruído ambiental. Desta forma, as medidas do ruído devem ser sempre expressas em termos desta grandeza, mesmo se complementadas com correções ou com outros descritores.

No entanto, o equipamento utilizado para estas medições, proporciona, além do nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado em A, a obtenção dos níveis de pressão sonora máximo e mínimo e os níveis estatísticos L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} , L_{99} , em cada ponto levantado, demonstrados no mapa 4.11.

Tabela 4.5: Grandezas acústicas coletadas no estudo piloto.

Grandeza	Símbolo	Unid.	Informação Adicional
Níveis Percentuais	$L_{A,N,T}$	dB(A)	$N \in \{ 1\%, 5\%, 10\%, 90\%, 95\% \text{ e } 99\% \}$
Níveis de Pressão Sonora Equivalente-contínuo	$L_{Aeq,T}$	dB(A)	Intervalo de tempo de referência T = 1s
Nível de Pressão Sonora Máximo	$L_{A\text{ máx}}$	dB(A)	
Nível de Pressão Sonora Mínimo	$L_{A\text{ mín}}$	dB(A)	

O resultado das medições, quando retirados do equipamento e compilados pelo *software* são apresentados na configuração de gráficos, que demonstram mais claramente as informações coletadas, conforme pode ser verificado nas figuras 4.5 e 4.6.

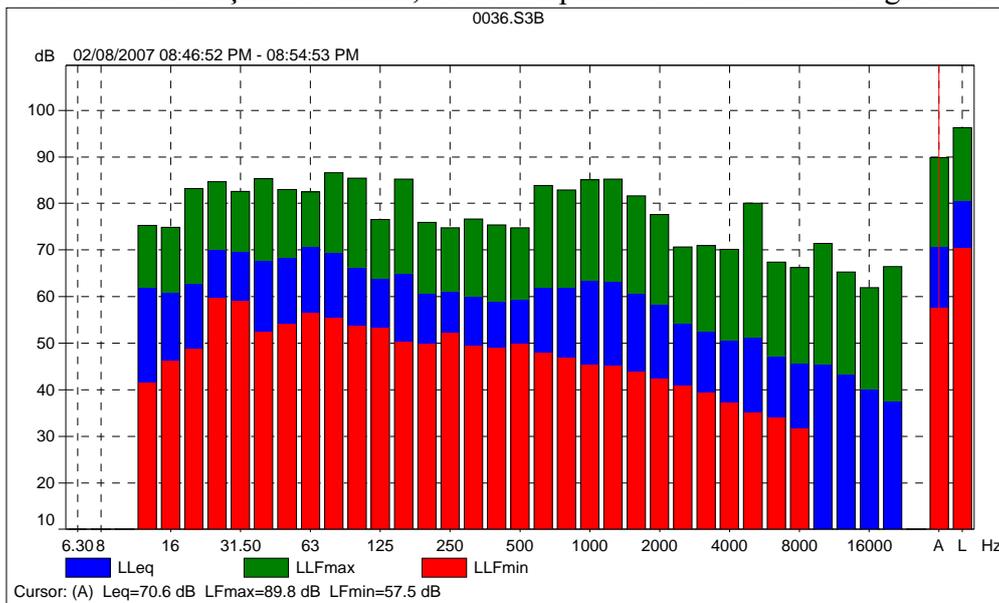


Figura 4.5: Resultado do espectro de frequência. av. Prof. Othon Gama D’Eça, das 20h46m às 20h54m.

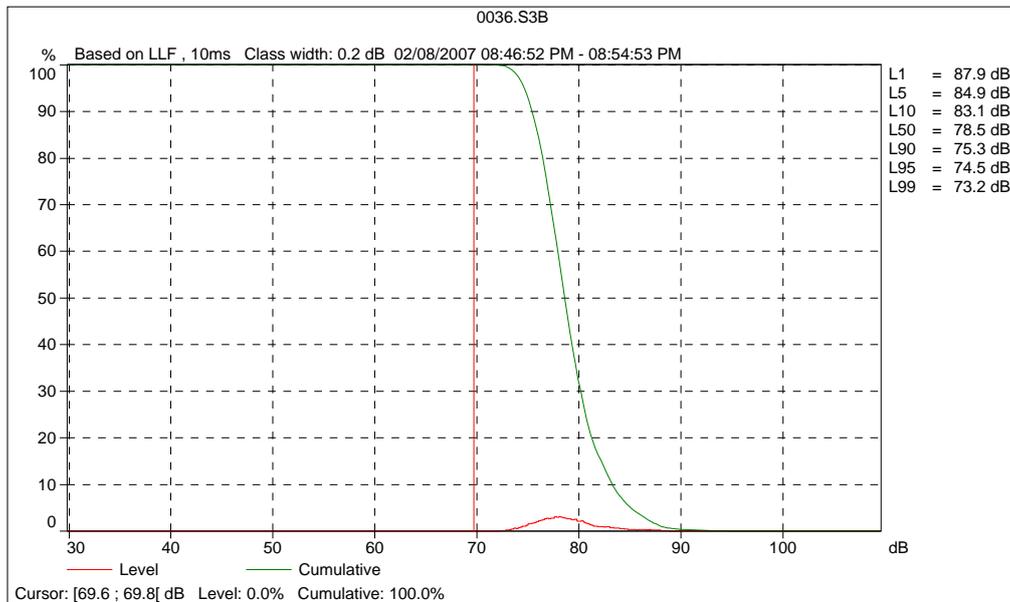


Figura 4.6: Resultado da medição na avenida Prof. Othon Gama D’Eça, das 20h46m às 20h54m – distribuição dos níveis percentuais.

A figura 4.5 é o gráfico do Espectro de Frequência, o qual determina o L_{Aeq} , o $L_{m\acute{a}x}$ e o $L_{m\acute{i}n}$ obtido durante o período de medição. Já a figura 4.6 representa a distribuição dos níveis percentuais.

f. Instrumentação

Todos os equipamentos utilizados nas medições bem como o software, cujas descrições se encontram na tabela 4.6, são da marca Brüel&Kjær.

Tabela 4.6: Descrição dos equipamentos utilizados na medição.

Equipamento	Modelo	Normas que atendem	Classificação
Medidor de Nível de Pressão Sonora	2260 <i>investigator</i> sobre tripé	ANSI S1.43 – 1983 IEC 651 – 1979 IEC 804 – 1985	Tipo 1* ¹
Microfone	de campo livre de 1/2” * ²	ANSI S1.43 – 1983 IEC 651 – 1979 IEC 804 – 1985	Tipo 4188/4189
Calibrador		ANSI S1.40 – 1984 IEC 942 – 1988	Tipo 4231
Software	Noise Explorer		Tipo 7815

*¹ conforme a NBR 10.151 (2000), pode ser do tipo 0, tipo 1 ou tipo 2.

*² com resposta praticamente plana em frequência dentro do âmbito espectral característico do ruído de tráfego.

g. Método e Procedimentos de Medição

A norma ISO 1996/1 (2003) estabelece que 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. Manteve-se, também como padrão, a distância de 0,50m entre o medidor de nível sonoro e as ruas e avenidas.

Caso as medições sejam efetuadas de 1 a 2m da fachada, como por exemplo, em regiões próximas a edificações, deve-se subtrair 3dB do valor medido (ISO 1996/2, 2007).

Antes do início de cada medição sonora, de acordo com as instruções do fabricante, deve-se colocar pilhas novas no equipamento, apoiá-lo sobre o tripé a 1,50m do solo e calibrá-lo. O objetivo da calibração é verificar a sensibilidade do aparelho ajustando-a, se necessário para garantir a precisão dos resultados (BRÜEL & KJÆR, 2000).

Após a calibração e antes de começar a realizar as medições, é preciso adaptar ao microfone do equipamento um protetor de vento (da mesma marca do equipamento), com o objetivo de se minimizar as possíveis interferências causadas pelo vento com velocidade superior a 2,0 m/s (GERGES, 2000). Segundo Silva (1997), à medida que a velocidade do vento aumenta, os microfones podem captar um aumento no nível de medição, decorrente da existência do fenômeno do mascaramento, o qual distorce os resultados reais.

Como a finalidade das medições sonoras é de adquirir dados para o mapeamento acústico, 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 rápida (F - *fast*). A faixa dinâmica de medição foi definida para o intervalo de 40dB a 120dB.

Ao final de cada série de medições, o equipamento foi novamente calibrado e, ao final do dia o medidor de nível de pressão sonora foi conectado a um computador, para proceder a transferência dos dados e arquivá-los.

Durante o período de medição, qualquer informação ou acontecimento importante para a análise dos dados coletados e para o mapeamento sonoro foi registrado. Isto porque, características especiais ou mudanças repentinas nas fontes sonoras e no ruído ambiental precisam ser descartadas, ou seja, no caso da passagem de uma ambulância em frente ao medidor, por exemplo, o equipamento deve ser pausado e reiniciado logo após a interrupção do ruído em específico, cuja suas características podem alterar

consideravelmente os resultados obtidos, que devem ser característicos de uma situação média.

4.4.3. Modelagem Geométrica da Área

A primeira etapa para a realização das simulações acústicas foi a construção do modelo geométrico da área em estudo. Apesar de o *SoundPLAN*[®] dispor de um módulo para modelar a região a ser analisada, optou-se por utilizar um *software* tipo *Computer Aided Designer - CAD*, pela experiência anterior, por parte da pesquisadora, no manuseio deste. Escolheu-se, portanto o uso do *AutoCAD*[®], versão 2007, para a representação da planta-baixa da região.

Os elementos construtivos existentes, como as edificações, que interferem na propagação sonora no ar, são representados através de polígonos. Ao passo que as vias de tráfego de veículos, tidas como as principais fontes de ruído da região, são constituídas por meio de polilinhas de eixo. Essa digitalização das ruas e avenidas foi feita em cinquenta e sete segmentos distintos de vias, definidos, tomando em conta o perfil transversal da via, a inclinação longitudinal (gradiente da via), a velocidade média de circulação e a composição de tráfego.

Concluída esta etapa, os arquivos (*.dxf) criados no *AutoCAD* 2000, foram importados no *software SoundPLAN 6.0*[®], onde se atribuiu propriedades específicas para cada tipo de objeto, como por exemplo, número de pavimentos e alturas para as edificações, fluxo de veículos e porcentagem de veículos pesados para as fontes sonoras de tráfego (avenidas), para gerar um modelo 3D como o que se observa na figura 4.7.

Os dados referentes à altimetria do terreno da área em estudo foram enviados primeira e isoladamente ao programa *SoundPLAN*[®], de onde se gerou um modelo digital do solo (*digital ground model – DGM*), para que todas as demais informações que chegassem ao *software*, posteriormente, já partissem dos níveis altimétricos existentes. Dessa forma, os dados a respeito do gradiente das vias, por exemplo, já são automaticamente gerados, assim como as alturas relativas das edificações, dos receptores e das áreas de atenuação.

Os eixos das vias de tráfego foram transformados em objeto tipo *Road*, sendo atribuídas propriedades específicas e inseridos os dados necessários, segundo a metodologia da

norma RLS-90, adotada para a realização do cálculo do ruído devido ao fluxo de veículos. Os dados introduzidos, encontrados na tabela 6, do Anexo I, incluem: TMDA, porcentagem de veículos pesados dia e noite, velocidade média dos veículos leves e pesados, tipo de superfície, largura da via; e distância do eixo da via e das linhas de emissão sonora (BRAUNSTEIN e BERNDT, 2007).



Figura 4.7: Modelo 3D da área em estudo com vias de tráfego, atenuações e edificações.

Adotou-se como indicador de importância, do ponto de vista das emissões sonoras, um limite superior ao fluxo de tráfego de aproximadamente 10.000 unidades TDMA. Entretanto, na tabela 6, do Anexo I, pode-se observar que, em alguns casos, valores abaixo do limite adotado foram considerados, como a avenida Rio Branco, por exemplo, que possui dois sentidos e que o fluxo de veículos foi determinado por via. No entanto, se somado o número de automóveis que transita em cada uma das vias, o valor passa a ser representativo. Além disso, houve também casos em que estradas com TDMA aproximado de 720 unidades, como a rua Luis Delfino, foram consideradas devido à sua influência nas suas imediações, ou seja, são relevantes em termos relativos.

Como todas as vias da área haviam sido recapeadas com asfalto há pouco tempo, menos de um ano, o acabamento e o estado de conservação eram iguais, de onde se convencionou, no uso do *SoundPLAN*[®], como uma superfície de asfalto suave.

A partir da fotografia aérea disponibilizada, na qual áreas que possuem árvores, plantas ou superfícies com grama, refletem a coloração rubra, pode-se visualizar e estabelecer geograficamente os locais que possuem esse tipo de solo, considerado poroso, a fim de se atribuir, como informação para o *software* de predição acústica, através de polilinhas fechadas, um fator de absorção igual a um, conforme se pode visualizar no mapa 4.12. Para as demais áreas, que apresentam um revestimento mais liso e refletor, foi definido um valor igual a zero.

Como observado no item 2.6, a vegetação mais densa pode influenciar, em termos de uma maior absorção das altas frequências do som. Desta forma, além da informação do tipo de solo existente, também foi importante a localização, no *software*, da área visualizada na figura 4.1, no centro da fotografia, que apresenta uma vegetação mais densa, de aproximadamente 10 metros de altura, a qual pode ser definida, também através de uma polilinha fechada, demonstrada no mapa 4.12, como uma área de atenuação sonora de 0,06dB por metro.

As medições acústicas realizadas no local em estudo funcionam como calibradores, ou seja, fornecerão parâmetros para uma posterior comparação com os resultados obtidos pelas simulações, como recomenda Braunstein e Berndt (2007) no *User's Manual do SoundPLAN 6.0*[®]. O modelo gerado deve representar o mais próximo possível da região, pois sua precisão influenciará diretamente nos resultados alcançados.

4.4.4. Aferição do modelo

O processo de aferição e validação do modelo acústico apresentou duas fases distintas.

Na primeira fase foi feita a calibração dos dados cartográficos e sua correção através da análise visual tridimensional do modelo da área, principalmente dos terrenos e objetos e das fontes emissoras de ruído e suas zonas envolventes. Nesta visualização, exemplificada pela figura 4.8, podem-se detectar falhas, incorreções ou problemas no nível de cotas, geometria, fonte de ruído (essencialmente tráfego) ou outros aspectos da envolvente física da área em estudo.

Esta fase deve ser executada antes que se proceda a simulação do ruído, sendo fundamental para a consecução dos objetivos do trabalho.



Mapa 4.12.: Mapa com localização dos pontos de atenuação e das áreas com absorção sonora = 1.

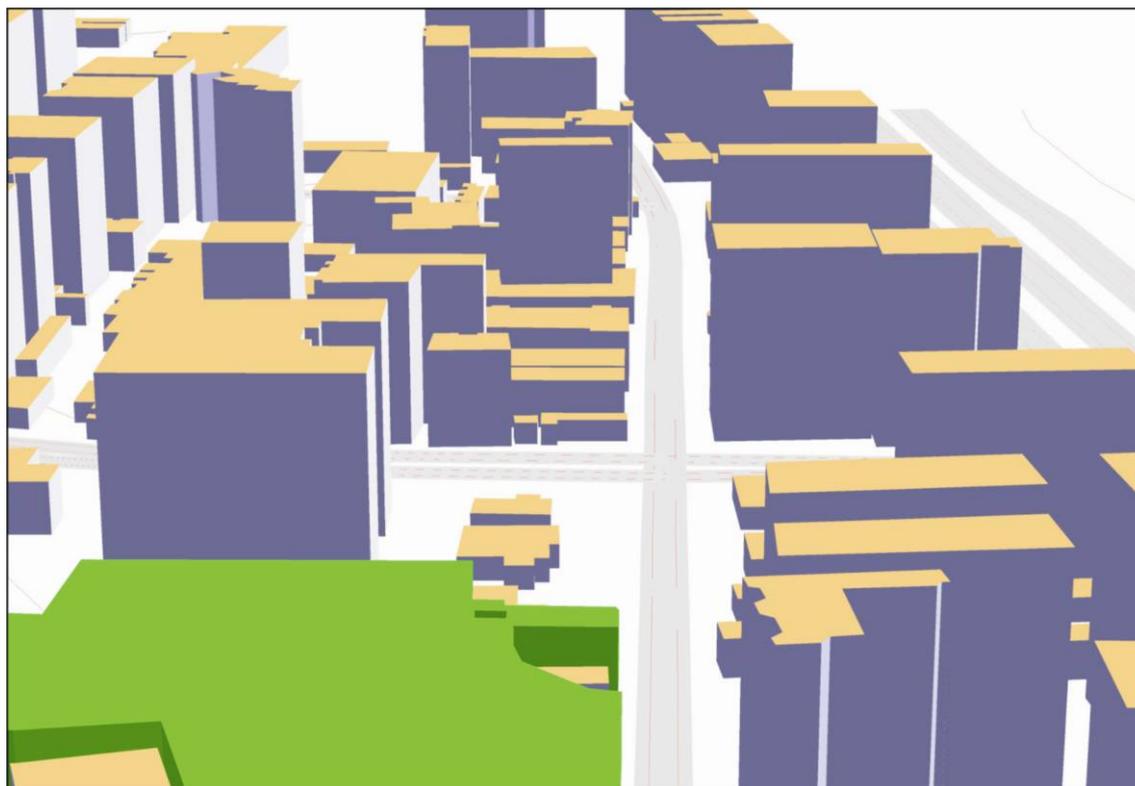


Figura 4.8: Visualização em 3D do cruzamento da rua Bocaiuva com a avenida Prof. Othon Gama D'Eça, edificações e área de atenuação. Recurso utilizado para calibração dos dados cartográficos.

Já na segunda fase de validação foi feita a aferição dos resultados das simulações do modelo com os valores de níveis sonoros no ambiente exterior. Sendo assim, como já observado no item 4.3., foi efetuado um programa extenso de medições acústicas em condições reais e em locais criteriosamente selecionados na área em estudo.

No anexo V, apresentam-se resultados referentes aos valores calculados, através do *software*, os níveis sonoros exigidos pela legislação do Plano Diretor Municipal de Florianópolis e as diferenças encontradas, além dos gráficos de espectro de frequência nos pontos do receptor para o dia, entardecer e noite.

Os trabalhos de aferição do modelo, ou seja, a comparação entre os valores dos níveis sonoros medidos e os calculados pelo programa de predição acústica, pode ser visualizado na tabela 1, do Anexo VI.

Faz-se necessário mencionar o ajuste realizado na correção da média ponderada dos pontos de 1 a 22, em que foram considerados os horários de medição em que os níveis sonoros se encontravam mais altos ao longo do dia. Desta forma, comparando as medições ocorridas no ano de 2008, que foram realizadas em horários de fluxo médio de veículos, com as do ano de 2007, constatou-se que estas deveriam sofrer uma baixa

de 2%, para que pudesse ser comparada aos níveis calculados, que consideram valores médios.

Ainda sim, é importante relatar também que a comparação dos níveis sonoros medidos (L_{eq}) foi realizada a partir do parâmetro L_d . O valor obtido para L_{den} fora desconsiderado pelo fato deste já efetuar uma penalização dos níveis para os horários de entardecer e de noite e também em razão das medições acústicas terem ocorrido, com exceção das efetuadas no dia 24 de junho de 2008, no período diurno, entre as 07 e 20 horas.

Desta forma, para os dados da tabela referente ao indicador L_d , o valor médio do desvio foi de - 2,4 dB(A), com um desvio padrão de + 1,5 dB(A), e a mediana obtida foi de - 2,5 dB(A).

Estes são indicadores estatísticos excelentes e revelam uma precisão muito grande nos valores do modelo. Segundo as recomendações constantes no documento: “*Computation and Measurement – Progress Report June 2001*” do *EU Noise Policy Working Group 3 on Noise Mapping* o valor de exatidão requerido no mapeamento de zonas urbanas deverá ser inferior aproximadamente a 4 dB(A).

Vale destacar, no entanto que, de acordo com a tabela 1, do Anexo VI, os valores encontrados na aferição do modelo para os pontos dos receptores: 8, localizado à rua Victor Konder e 20, à avenida Beira Mar, apresentaram uma diferença superior ao valor ideal de 4 dB(A).

A respeito do ponto 8, justifica-se o valor encontrado devido ao fato de, para efeito de cálculo de emissão sonora através do *software*, não ter sido realizada a contagem de fluxo de veículos nas vias próximas ao ponto, conforme destacado na figura 4.9. A pesquisadora não considerou relevante, mesmo em termos relativos, o levantamento desses dados, devido a um número muito baixo de passagem de automóveis pelas vias, o que proporcionou a diferença maior, com relação aos níveis sonoros medidos, observada.

Com relação ao ponto do receptor 20, o que se pôde concluir, com a diferença encontrada, é que os níveis sonoros medidos em horários de “pico” são consideravelmente maiores daqueles realizados em horário de fluxo médio de tráfego. Ou seja, no momento de transformação dos dados coletados para uma situação que

pudesse representar condições médias, na qual foi considerada somente uma diferença de 2%, estima-se que, em relação ao ponto em questão, ele deva ser o dobro, a fim de que possa representar mais fidedignamente a situação encontrada. Como se trata de dados relativos à via de maior importância tanto para a área em estudo, como para a cidade, pois realiza a principal ligação entre a porção do continente com os outros bairros da ilha, o fluxo de veículos sofre uma variação muito grande ao longo do dia, principalmente nos horários de entrada e saída das pessoas de seus trabalhos.

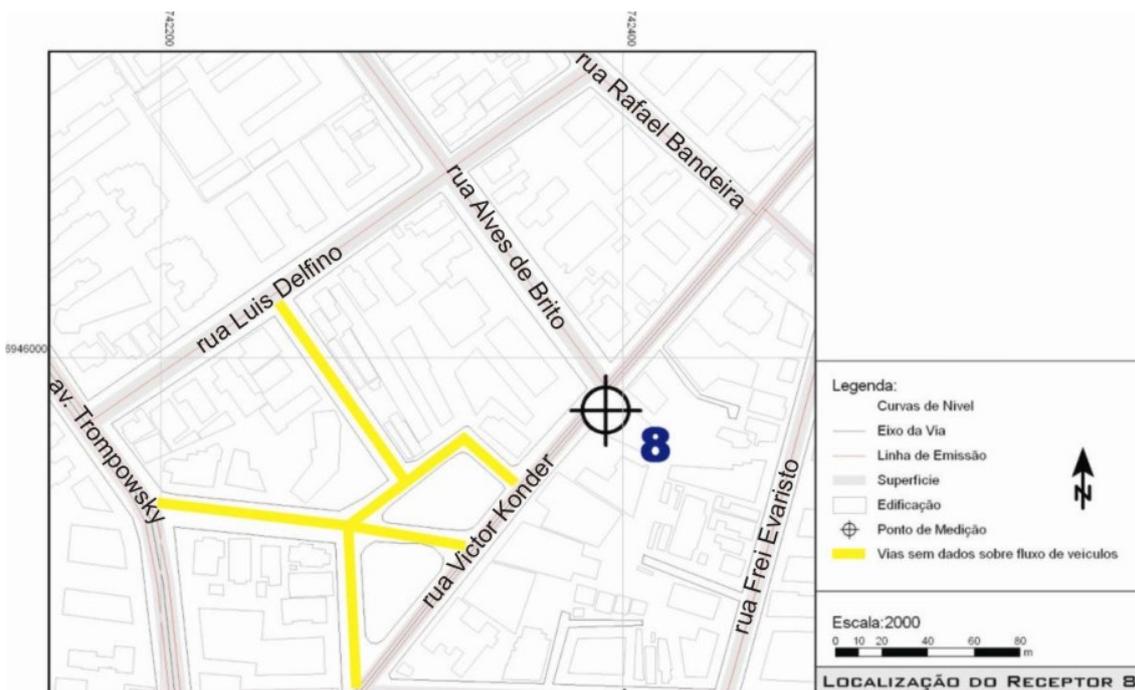


Figura 4.9: Localização do ponto do receptor 8 com a identificação das vias em que não se tem dados a respeito do fluxo de veículos.

A conclusão desta análise e aferição, em que houve já pequenas correções e ajustes, permitiu considerar o modelo para a presente fase do mapa como validado. Procedeu-se então os trabalhos de cálculo e simulação e a elaboração do mapeamento do ruído.

4.4.5. Cálculo do mapeamento acústico (RLS-90)

Após a realização das atividades descritas para a modelagem acústica da região, deu-se início à etapa de cálculo e obtenção do mapeamento do cenário acústico atual, em que foram gerados mapas acústicos em relação ao plano horizontal (*Grid Noise Map*).

Para a realização do cálculo dos níveis sonoros e obtenção dos mapas acústicos pelo *SoundPLAN*[®], foi necessário delimitar uma área de cálculo ainda na fase de modelagem geométrica. Dentro desta, o *SoundPLAN*[®] executa o cálculo, gerando uma malha de

pontos receptores, cujo refinamento (*Grid Spacing*) é definido pelo próprio usuário a depender dos objetivos do estudo.

Segundo *Braunstein e Berndt (2007)* a escolha do *Grid Spacing* depende, por exemplo, da precisão, do tempo de cálculo e tamanho dos arquivos desejados. Em áreas pouco urbanizadas, o espaçamento de 20 a 50 m entre os pontos da malha é suficiente, enquanto para ambientes urbanos, deve ser entre 5 e 15 m. Para o modelo desenvolvido nesse trabalho, foi considerada uma malha de cálculo de 10x10m como sendo a solução otimizada para o cálculo de indicadores. Verificou-se que malhas mais apertadas, com o conseqüente aumento parabólico do tempo de cálculo, não conduziam a um maior rigor face ao grau de detalhe exigido. Valores de 15x15m, ou de 20x20m conduziam aproximações aceitáveis em alguns casos, com a vantagem de maior rapidez de processamento, mas, no entanto, sacrificando-se o detalhe dos resultados em algumas zonas mais densamente ocupadas.

Outro parâmetro a ser determinado e necessário para o cálculo e geração do *Grid Noise Map*, refere-se à altura de cálculo em relação ao plano horizontal (*Height Above Ground [m]*). Adotou-se a altura de 4 m a partir do solo para os cálculos dos indicadores. Esta é a altura estipulada na diretiva europeia (DIRECTIVE, 2002) para cálculos na elaboração dos mapas de ruído relativamente à exposição ao ruído na proximidade de edificações.

- Resumo do Modelo Acústico

Tabela 4.7: Resumo do Modelo Acústico

Características do modelo:	
Área mapeada	1.309.823,45m ²
Número de segmentos de vias considerados	57 segmentos
Número de edificações/outras construções	1529 edificações
Principais parâmetros de cálculo:	
Altura dos receptores	4m
Malha de cálculo / número de pontos de cálculo	10x10m / 11.506
Erro implícito	0,5 dB(A)
Raio de procura de fontes desde ponto de imissão (recepção)	12.000m
Número de reflexões nos objetos	1
Difração horizontal e vertical considerada	
Efeito do solo considerado para fontes espectrais	

4.5. RESULTADOS

O mapeamento do ruído da área central de Florianópolis foi desenvolvido segundo tecnologias mais recentes e avançadas, revelando em detalhes o estado do ambiente acústico, identifica e quantifica as influências das fontes de ruído mais relevantes que contribuem para o ambiente sonoro existente.

Esta ferramenta incorpora toda a informação relativa ao tráfego, principal fonte de ruído presente, e co-responsáveis pelo ambiente sonoro, apresentando o detalhe necessário ao ordenamento e planejamento dos espaços municipais e à gestão do ambiente sonoro na cidade.

Como já mencionado anteriormente, todas as vias de tráfego responsáveis por emissão de ruído a níveis que se constituem como contribuintes efetivos para o ruído exterior na área em estudo estão contempladas como fontes de ruído.

Os Mapeamentos do Ruído foram elaborados para os indicadores L_{den} e L_n , representados, respectivamente, pelos mapas 4.13 e 4.14, na altura de avaliação de 4m, segundo as mais recentes exigências da Comunidade Européia.

Estes indicadores de ruído ambiente são apresentados em intervalos de 5dB(A), sendo-lhes atribuídos cores distintas, desde os 40 dB(A) até os 75 dB(A), para o L_{den} e dos 35 dB(A) aos 70 dB(A), para o L_n . Foram incluídos também na representação, os respectivos intervalos $]-\infty, 45[$ e $]75, \infty[$ e $]-\infty, 35[$ e $]65, \infty[$ de modo a cobrir toda a gama de valores dos índices gerados.

A apresentação das cartas é realizada em formato A3, na escala 1:4.000, de modo a permitir uma análise com detalhe apropriado para futuras intervenções para gestão e redução do ruído urbano.

4.5.1. Mapeamento do Ruído

Uma análise macroscópica dos Mapas Acústicos gerados através do *software* permite identificar primeiramente as fontes de ruído mais importantes e observar os locais expostos a níveis sonoros consideravelmente altos.



Mapa 4.13: Mapa de Ruído da Área Central de Florianópolis, calculado através do software SoundPLAN® para o indicador L_{den}.



Mapa 4.14: Mapa de Ruído da Área Central de Florianópolis, calculado através do software SoundPLAN® para o indicador L_n .

Analisando apenas os aspectos visuais de ambos os mapas, já se pode identificar uma quantidade significativamente maior de cores mais fortes e escuras, em detrimento das mais claras. Ou seja, comprova-se, mesmo sem uma análise aprofundada ou um comparativo com relação às legislações existentes que, de acordo com o que se pretendia identificar nessa pesquisa, os níveis sonoros calculados encontram-se consideravelmente altos.

A avenida Beira Mar, configurada por três vias, caracterizadas por um tráfego intenso de veículos, gera níveis sonoros elevados em toda a sua extensão. Observam-se níveis sonoros L_{den} relativamente altos, em torno de 65dB(A) até uma distância aproximada de 40m da estrada. Ainda, nas proximidades das vias transversais, estes níveis podem chegar a uma distância de até 100m da fonte, a medida que se juntam com os procedentes da via vicinal: rua Bocaiuva. Para o indicador L_n , níveis sonoros elevados, de 55dB(A), podem ser registrados até uma distância média de cerca de 50 m da avenida, chegando em algumas zonas até 105m.

O tráfego intenso, produzido na avenida Mauro Ramos e a rua Bocaiúva também causa um impacto considerável na grande maioria das edificações que se encontram ao longo das mesmas, devido aos altos níveis de ruído produzidos tanto para o indicador L_{den} como para o L_n .

As avenidas Rio Branco e Prof. Othon Gama D'Eça, por sua vez, geram níveis sonoros consideráveis, mas que, no entanto, não atingem integralmente as edificações que se encontram em suas imediações, se comparar com relação às avenidas e ruas anteriormente citadas.

As demais vias geram níveis sonoros mais baixos, mas devido à presença de várias habitações nas suas imediações o efeito do ruído é também importante. Salienta-se, neste âmbito, as ruas: Victor Konder, Altamiro Guimarães e Almirante Alvim.

É importante mencionar as diferenças visuais encontradas entre os mapas. O mapa elaborado a partir do indicador L_{den} , como já explicitado, proporciona uma penalização para os níveis calculados no entardecer e a noite. Desta forma, verifica-se uma composição de cores mais fortes se comparadas ao resultado obtido através do mapa que considera o indicador L_n . No entanto, apesar deste refletir níveis sonoros mais

baixos, deve-se considerar que a produção do ruído entre as 23h às 07h, gera incômodo muito maior aos que ali habitam, como se pode comprovar pelas legislações mencionadas ao longo deste trabalho, em que os limites estabelecidos são menores para o período noturno.

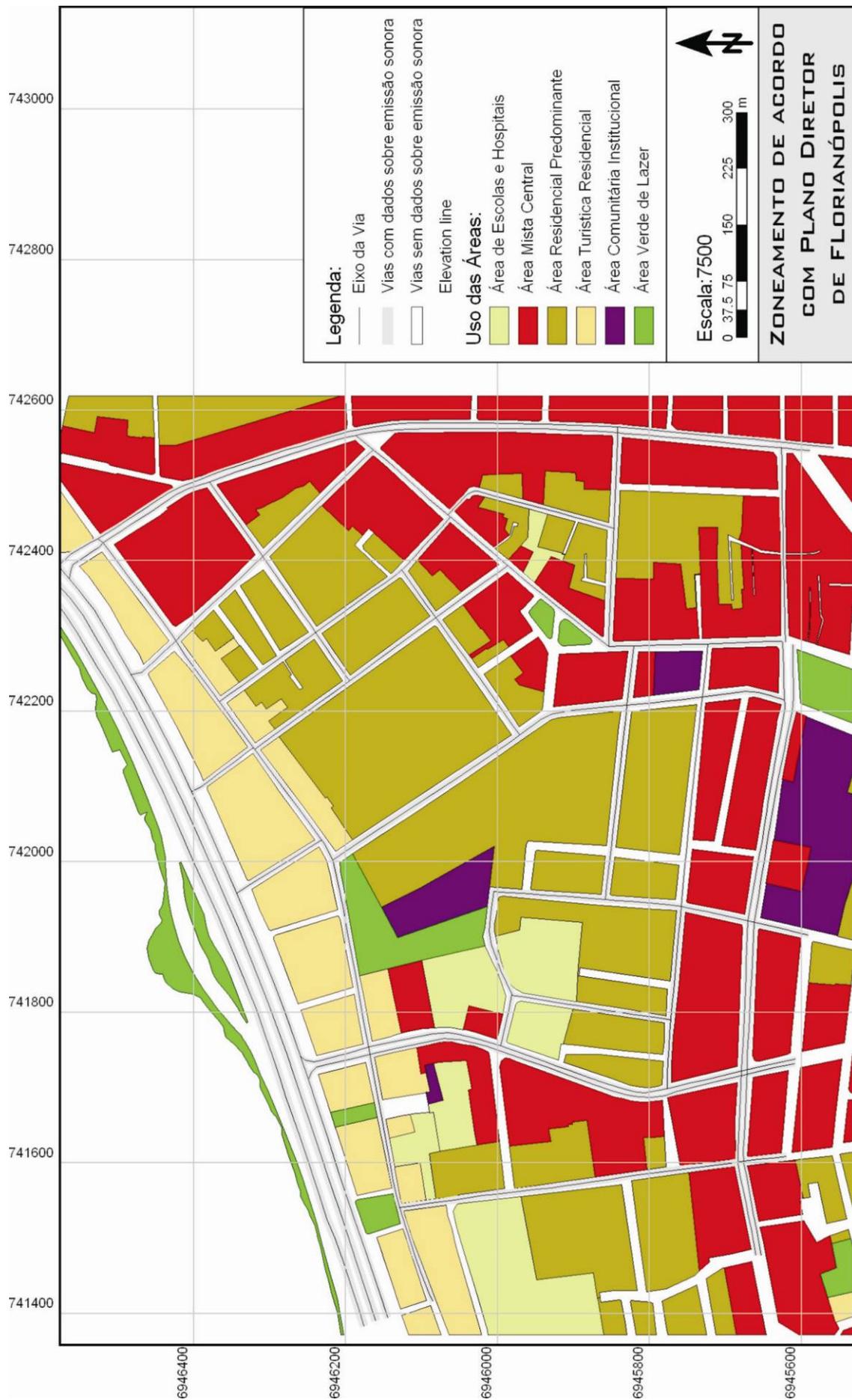
Ainda analisando ambos os mapas, pode-se perceber que são poucos os locais, dentro da área em estudo, que os níveis sonoros se encontram relativamente baixos. Aqueles com níveis abaixo de 50 dB(A) e 40 dB(A), respectivamente para os mapas gerados a partir do indicador L_{den} e L_n , são encontrados apenas nos centros das quadras. Significa dizer que, estas áreas, são pouco aproveitadas, visto que as edificações se encontram sempre nos locais mais próximos às vias, de onde se origina o ruído existente e, são elas mesmo que irão funcionar como barreira acústica para o interior dos quarteirões.

4.5.2. Mapa de Conflitos – Lei Complementar n. 003/99 (Florianópolis, 1999)

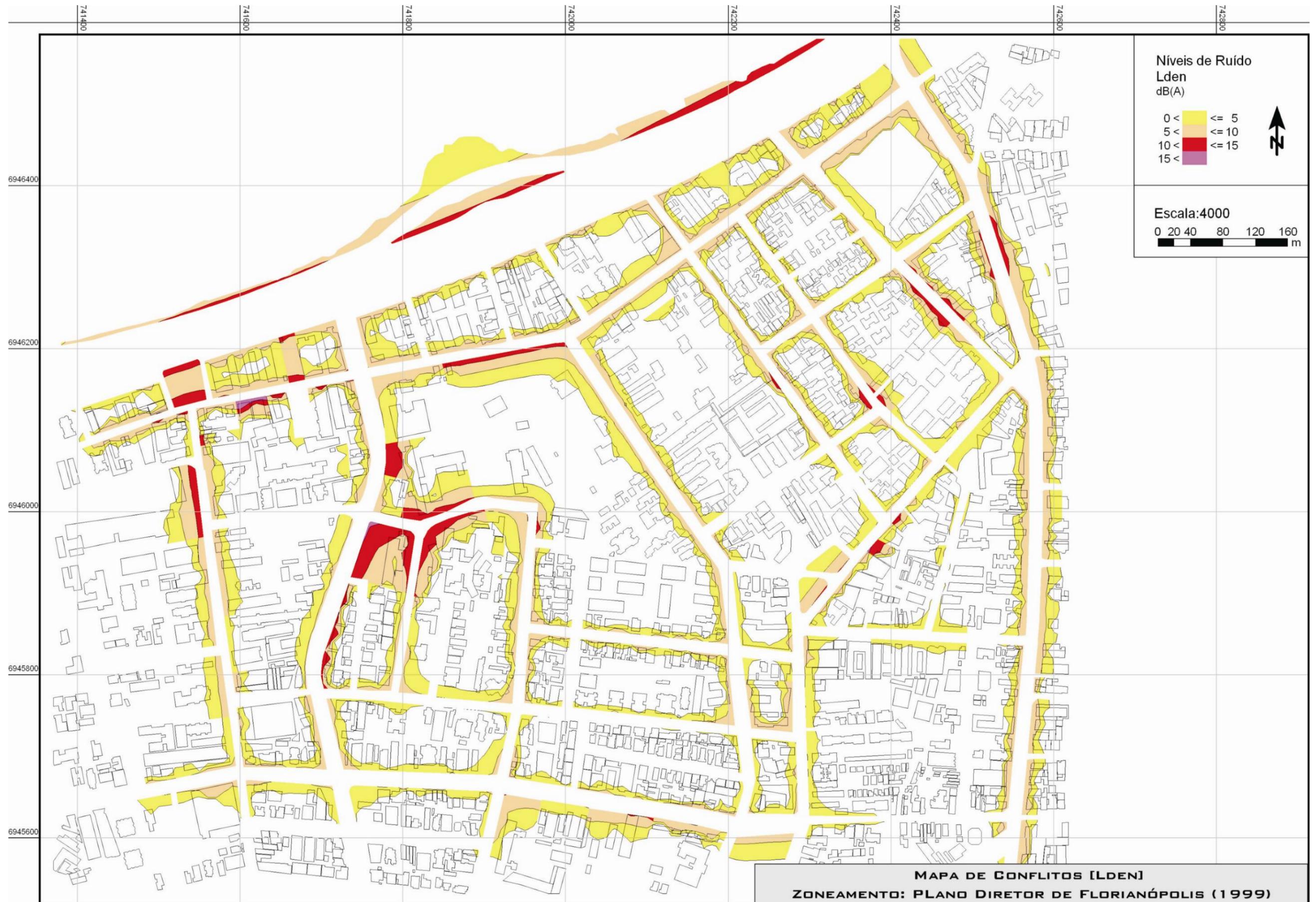
Confeccionado anteriormente para o estudo piloto dessa dissertação, o mapa de conflitos é uma poderosa ferramenta, disponibilizada pelo *software* de predição acústica, a medida que realiza uma comparação direta dos níveis sonoros calculados com os exigidos pelas legislações existentes.

A partir dos limites estabelecidos pela Lei Complementar n. 003/99, demonstrados na tabela 3.1, que leva em consideração o zoneamento de usos das áreas proporcionado pelo Plano Diretor do Município de Florianópolis – PDMF (1999), demonstrado através do mapa 4.15, foram gerados os mapas 4.16 e 4.17, referente aos conflitos existentes, respectivamente, com relação aos mapas de ruído gerados baseados nos indicadores L_{den} e L_n .

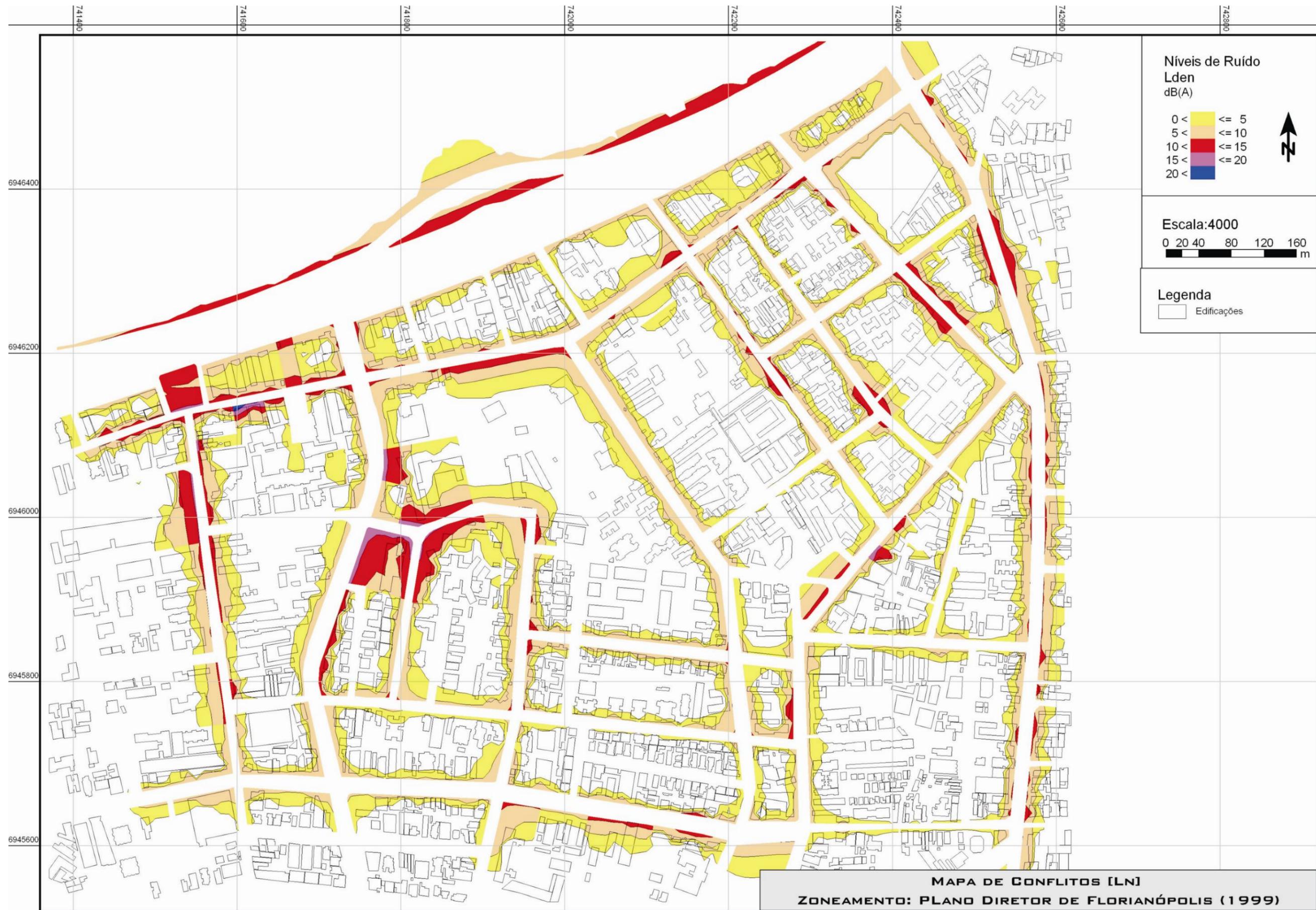
Na análise visual do mapa 4.15, referente ao zoneamento segundo o PDMF, pode-se observar que, da mesma forma que acontece na quadra avaliada no estudo piloto, há um número significativo de usos em uma área relativamente pequena. Algumas quadras chegam a apresentar até cinco tipos de usos, com variações que parecem ocorrer com pouco critério. Indo a campo, pôde-se observar que estas mudanças ocorrem repentinamente, ao passo que, por exemplo, a alteração de uma classificação de Área Residencial Predominante para uma Área Mista Central, ocorre entre dois edifícios residenciais que apresentam as mesmas características.



Mapa 4.15: Zoneamento dos usos da área em estudo segundo o estabelecido no PDMF (1999).



Mapa 4.16: Mapa de Conflitos entre o Mapeamento do Ruído e o Zoneamento proposto pela Lei Complementar n. 003/99, realizado pelo software SoundPLAN® para o indicador L_{den} .



Mapa 4.17: Mapa de Conflitos entre o Mapeamento do Ruído e o Zoneamento proposto pela Lei Complementar n. 003/99, realizado pelo software SoundPLAN® para o indicador L_n.

Estas divisões, sob o aspecto urbano da cidade, por vezes já são muito criticadas, visto que as classificações parecem ser feitas por quadras, sem haver uma consideração macro com relação ao bairro e município, seus fluxos e duas atividades.

Ao analisar os mapas 4.16 e 4.17, relativos aos indicadores L_{den} e L_n , respectivamente, pode-se perceber que não há região no mapa no qual os níveis sonoros não estejam extrapolando, pelo menos em 5dB(A), os limites estabelecidos pela legislação. Todas as vias, por menor que seja o fluxo de veículos existente, são responsáveis pela produção de ruído para as edificações que nelas se encontram e seus usuários.

Cabe destacar que, na Comunidade Européia, níveis sonoros acima de 5 dB(A) dos limites permitidos, são indicados para que sejam ponderadas medidas de redução do ruído. Ou seja, a situação da área em estudo, visualizada através destes mapas, chama a atenção devido ao fato dos níveis sonoros, ao longo de todo o comprimento de algumas vias, estarem 10 dB(A) mais altos com relação à legislação.

Para o mapa gerado através do indicador L_n , a situação é ainda mais preocupante, nas proximidades de algumas vias, como a av. Beira Mar, av. Mauro Ramos, av. Prof. Othon Gama D'Eça, av. Rio Branco, rua Bocaiuva, rua Esteves Júnior, rua Altamiro Guimarães, rua Alves de Brito e rua Rafael Bandeira, em que os níveis produzidos chegam a ser até 15 dB(A) mais altos do que é permitido pela lei complementar. Verifica-se que estas áreas coincidem, no mapa do zoneamento 4.15, com as determinadas para apresentarem um uso residencial predominante ou de área verde de lazer, às quais exigem níveis abaixo de 50 dB(A) para o período noturno.

As áreas do mapa 4.15, marcadas pela cor amarela, que representam escolas e hospitais, refletem cores referentes a níveis mais altos em ambos os mapas de conflito gerados. Fica aparentemente simples de identificar estas áreas, mesmo sem observar o mapa de usos, devido às modificações que elas provocam nos mapas 4.16 e 4.17. A diferenciação ocorre como se fosse feito um recorte no meio da quadra e, abruptamente, os níveis exigidos pela legislação decaem de 55 dB(A) para 45 dB(A), no indicador L_n , por exemplo.

Comprova-se, portanto, que quando estes recortes repentinos, relativos aos usos das áreas, são considerados para se estabelecer uma comparação e análise com relação aos

limites acústicos fixados pela legislação, a divisão realizada pelo PDMF fica ainda mais inadequada para a cidade de Florianópolis. Ao passo que, dificilmente, medidas futuras que possam vir a mitigar os níveis sonoros produzidos pelas vias conseguirão agir somente nos locais pontuados, tornando um programa de redução do ruído na fonte, monetariamente inviável de ser realizado. Para este caso, medidas que trabalhassem somente com a proteção do receptor sensível, ou seja, que viessem a reduzir os níveis de ruído através do condicionamento acústico da edificação, talvez sejam mais apropriadas.

Como já mencionado, nas áreas delimitadas para uso de escolas e hospitais, pode-se verificar que os níveis se encontram extremamente altos e acima do permitido em lei, o que pode resultar em problemas muito acentuados com relação às atividades desempenhadas nestes estabelecimentos, tanto a nível de concentração dos alunos, quanto a nível de conforto aos utentes dos hospitais. Insta ressaltar, o entanto, que os níveis em tornos das escolas existentes na área em estudo, para o período noturno, não são tão preocupantes, pelo fato destes estabelecimentos de ensino não estarem sendo utilizados durante o turno em questão. Portanto, para o mapa de conflitos elaborado a partir do indicador L_n , o ruído mais significativo, que chega a ficar 20 dB(A) acima dos limites fixados pela legislação, são os referentes às áreas localizadas às esquinas da avenida Prof. Othon Gama D'Eça com a rua Diniz Júnior e desta com a rua Irmã Benwarda, em que estão instalados um hospital, um centro de saúde e uma maternidade.

Outro aspecto a ser levantado é a situação dos arredores da avenida Beira Mar, em que, nas proximidades da baía, apresenta uma área na qual muitas pessoas, diariamente, ao longo do dia ou da noite, utilizam-na para a prática de esportes e lazer. Os níveis sonoros, conforme pode ser verificado nos mapas, se encontram muito altos: 15dB(A) acima da lei complementar, devido ao intenso fluxo de veículos existente no local.

Em termos visuais, a localidade oferece uma opção muito agradável para que as pessoas desenvolvam suas atividades. No entanto, em termos de conforto acústico, conforme se pode observar, a área pode ser considerada inapropriada para esta finalidade. Portanto, trata-se de uma situação em específico, que deveria ser tomada a devida atenção por parte do poder público no sentido de estabelecer medidas de proteção com relação ao ruído, a fim de que a relação: ser humano e mar, em um panorama de cidade bastante urbanizada, não seja perdida.

5. CONCLUSÕES

Nesta dissertação foi realizado o mapeamento do ruído para a área central de Florianópolis e efetuada uma comparação dos níveis existentes com o que é atualmente exigido pelos limites estabelecidos pela Lei Complementar Municipal nº 003 (FLORIANÓPOLIS, 1999). Na primeira parte foi realizada uma revisão bibliográfica a respeito dos principais conceitos da acústica ambiental, a fim de proporcionar um melhor entendimento da pesquisa.

Em um segundo momento, apresentaram-se as políticas públicas e as normativas existentes tanto a nível mundial como a nível nacional. A partir do que vem acontecendo na maioria dos países desenvolvidos, evidenciou-se a utilização do mapeamento do ruído, obtido através de métodos predicionais, como uma ferramenta na avaliação da situação dos níveis sonoros das cidades.

Anteriormente à confecção dos mapeamentos do ruído, a partir dos indicadores L_{den} e L_n , realizou-se um estudo piloto, de modo a constatar as reais dificuldades encontradas e conseguir sanar eventuais erros e dúvidas. Desta forma, foi definida uma metodologia, baseada na Diretiva da comunidade europeia (DIRECTIVE, 2002), para o recolhimento de dados a respeito da geometria da área, do fluxo de veículos existente nas vias e dos níveis sonoros produzidos por estas fontes.

Na aferição da modelagem realizada, foi comprovado que os resultados obtidos através dos cálculos nos pontos de medição, desempenhados pelo *software* de predição do ruído, *SoundPLAN*[®], refletem a situação encontrada *in loco* a respeito do ambiente acústico. Desta forma, legitimou-se o Mapeamento do Ruído traçado e os mapas de conflitos elaborados a partir da comparação dos níveis sonoros plotados com os limites fixados pela Lei Complementar nº 003 (1999). A elaboração de mapas de conflitos permite identificar, de forma clara e facilmente perceptível, as áreas onde ocorrem eventuais situações de não cumprimento dos limites legais em vigor.

Por fim, apresentou-se uma proposta de zoneamento acústico da área em estudo, sugerida pela autora, baseada no Regulamento Geral do Ruído (PORTUGAL, 2007), existente em Portugal. Foi estabelecido novos limites para os níveis sonoros da localidade, realizado a partir de um critério macroscópico com relação às sensibilidades ao ruído, diferente do que é estabelecido pela lei complementar do município, que

considera uma multiplicidade de micro-zonas e pode revelar uma gestão complexa e desajustada do ambiente acústico da cidade.

Quanto aos mapas de ruído, pôde-se comprovar que, de acordo com o que se pretendia identificar nessa pesquisa, os níveis sonoros calculados encontram-se consideravelmente altos. São poucos os locais, encontrados apenas nos centros das quadras, dentro da área estudada, que apresentam níveis sonoros relativamente baixos.

Analisando a questão dos níveis sonoros produzidos pelas ruas e avenidas existentes na área em estudo, pôde-se concluir que:

- A avenida Beira Mar gera um ruído consideravelmente elevado em toda a sua extensão. No mapa obtido a partir do indicador L_{den} verifica-se níveis sonoros em torno de 65dB(A) até uma distância aproximada de 40m da estrada, chegando, nas proximidades das vias transversais, a uma distância de até 100m da fonte, a medida que se juntam com os procedentes da rua Bocaiuva, via vicinal. Para o indicador L_n , níveis de 55 dB(A), podem ser registrados até uma distância média de cerca de 50 m da avenida, chegando em algumas zonas até 105m.
- O tráfego intenso existente na avenida Mauro Ramos e na rua Bocaiúva causa um impacto considerável na grande maioria das edificações que se encontram ao longo das mesmas, devido aos altos níveis de ruído produzidos.
- As avenidas Rio Branco e Prof. Othon Gama D'Eça, geram níveis sonoros consideráveis, sem atingir, no entanto, integralmente as edificações.
- As demais vias geram níveis sonoros mais baixos, mas, devido à presença de várias habitações nas suas imediações o efeito do ruído é também importante. Salienta-se, neste âmbito, as ruas: Victor Konder, Altamiro Guimarães e Almirante Alvim.

O mapa sonoro obtido a partir do indicador L_n , apesar de visualmente aparentar níveis acústicos mais baixos em comparação com o que fora elaborado a partir do indicador L_{den} , reflete um incômodo muito maior aos usuários e moradores da área, devido ao horário em que este ruído é produzido, entre as 23h às 07h

Com relação aos mapas de conflito obtidos, pôde-se concluir que na área estudada não há subáreas no qual os níveis sonoros não estejam extrapolando, pelo menos em

5dB(A), os limites estabelecidos pela legislação. Todas as vias, por menor que seja o fluxo de veículos existente, são responsáveis pela produção de ruído para as edificações que nelas se encontram e seus usuários.

Para o mapa gerado através do indicador L_n , a situação é ainda mais preocupante, nas proximidades de algumas vias, como a av. Beira Mar, av. Mauro Ramos, av. Prof. Othon Gama D'Eça, av. Rio Branco, rua Bocaiuva, rua Esteves Júnior, rua Altamiro Guimarães, rua Alves de Brito e rua Rafael Bandeira, em que os níveis produzidos chegam a ser até 15 dB(A) mais altos do que é permitido pela lei complementar.

As áreas delimitadas para uso de escolas e hospitais apresentaram níveis sonoros extremamente altos e acima do permitido em lei, o que pode resultar em problemas acentuados com relação às atividades desempenhadas nestes estabelecimentos, tanto a nível de concentração dos alunos, quanto a nível de conforto aos utentes dos hospitais.

Outro aspecto a ser levantado é a situação da área às margens do mar, ao longo da avenida Beira Mar, na qual, devido ao intenso fluxo de veículos existente no local, os níveis sonoros chegam a estar 15dB(A) acima do permitido pela lei complementar e, ao mesmo tempo, é intensamente utilizada para a prática de esportes e lazer, diariamente, ao longo do dia e da noite.

Comprovou-se também que, os recortes repentinos, proporcionados pelo zoneamento do PDMF, relativo ao uso das áreas, são inviáveis de serem considerados no sentido de se elaborar uma política de gestão do ruído ambiental na cidade de Florianópolis.

5.1. POTENCIALIDADES DO ESTUDO REALIZADO

O Mapeamento do Ruído da área central de Florianópolis constitui-se em uma ferramenta dinâmica que fornece informação, dados e elementos para gestão dos espaços e do ambiente e para intervenções de várias ordens do município. As suas capacidades não se esgotam nas Cartas que agora se apresentam.

Os mapeamentos do ruído agora desenvolvidos constituem-se em um banco de informação essencial para o desenvolvimento de estratégias para a redução do ruído, a medida que fornecem a informação necessária para estabelecer prioridades de intervenção, estudar e desenhar cenários e hierarquias de soluções e benefícios e programar as diferentes ações e respectivos custos.

Esta ferramenta permite fazer a simulação de cenários de desenvolvimento e de urbanização das novas áreas, de alteração de tráfegos, de uso do solo ou de construções, de modificação de construções existentes, de observação de resultados no ambiente sonoro e de implantação de qualquer novo tipo de equipamento, meio de transporte ou infra-estrutura. Esta informação é fundamental para o planejamento ambiental e urbanístico a serem realizados para área do Município.

Se a ferramenta for aplicada em outra localidade, por exemplo, poderão ser estudadas áreas onde se verifique alguma sazonalidade de atividades, como é o caso de zonas de uso turístico. Este tipo de áreas poderá exibir distintas paisagens acústicas em diferentes épocas do ano, devido à existência de atividades ao ar livre, geradoras de ruído, que têm maior incidência durante épocas de clima mais quente.

A informação sobre o ambiente sonoro, compilada através dos mapas, pode ser disponibilizada aos municípios, utilizando meios e suportes de comunicação digitais, procurando desta forma, facilitar a consulta expedita desta informação e assim promover a participação dos cidadãos na definição de uma estratégia comum para a redução planificada e o controle do ruído ambiental, como é objetivo da Diretiva Européia.

Uma fase futura de trabalho poderá consistir na análise da exposição das populações ao ruído e da definição de correspondentes indicadores. Esta quantificação da exposição ao ruído das populações, em diferentes intervalos de níveis sonoros, e para diferentes períodos de referência é derivada da capacidade do mapeamento do ruído poder incluir dados populacionais. A partir dessa quantificação poderão se obter números que serão indicadores da incomodidade dos cidadãos devido ao ruído exterior. Estes dados são requisitos da Directive 2002/49/EC (2002).

As informações dos mapeamentos do ruído em formato digital podem ser integradas no Sistema de Informação Geográfica municipal, como novas camadas de informação da base de dados do ambiente.

Todas estas capacidades constituem caminhos de novos desenvolvimentos e alternativas complementares para o mapeamento sonoro do Município.

Insta ressaltar, no entanto, que a redução de ruído nas zonas urbanas não é tarefa simples ou linear. A intervenção numa malha consolidada, como é a situação geral nas cidades, exige cuidados especiais e estratégias a longo prazo. As atividades e vivências urbanas não podem ser perturbadas de forma radical, sobretudo se não houver uma percepção clara por parte do cidadão do seu benefício imediato.

Além disso, os custos destas intervenções numa malha urbana costumam ser elevados, pois deverão ter por base uma informação qualitativa e quantitativa que apenas se torna possível através de um mapeamento sonoro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGI GIS dictionary (1993). Disponível em:
<<http://www.geo.ed.ac.uk/root/agidict/html/welcome.html>>. Acesso em mar. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000, 4p.
- BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D.H. (Eds.). **Guidelines for community noise**. World Health Organization (WHO). 1999. 159 p.
- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2006, 368 p.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal, 292 p.
- _____. **Decreto Lei n. 3.688 de 3 de outubro de 1941**. Leis das Contravenções Penais.
- _____. **Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981**. D.O.U. 2.9.1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências.
- _____. **Lei n. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998**. D.O.U. 13.02.98. Nova Lei de Crimes Ambientais.
- _____. **Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001**. D.O.U. de 11.7.2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
- _____. **Resolução Conama nº. 001**: Estabelece padrões para a emissão de ruídos no território nacional. 08 de março de 1990. D.O.U, de 02.04.90.
- _____. **Resolução Conama nº. 002**: Institui em caráter nacional o programa Nacional. Educação e Controle da Poluição Sonora - "SILÊNCIO" . 08 de março de 1990.
- _____. **Resolução Conama nº. 252**: Estabelece, para os veículos rodoviários automotores limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento. 01 de fevereiro de 1999.
- _____. **Resolução Contran nº. 204**: Regulamenta o volume e a frequência dos sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos e estabelece metodologia para medição a ser adotada pelas autoridades de trânsito ou seus agentes. 20 de outubro de 2006.
- BRAUNSTEIN + BERNDT GMBH. **Handbook user's manual**. SoundPLAN LLC, 2004.457p. Disponível em: <<http://www.soundplan.com/>>. Acesso em jun. 2007.

BRÜEL & KJÆR, **Environmental Noise Booklet**. Brüel & Kjær Sound e Vibration Measurement A/S, 2000.

CALIXTO, A. **O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “rodovias-grandes avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisado sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental**. 135 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

CERC - CAMBRIDGE ENVIRONMENTAL RESEARCH CONSULTANTS Ltd. **Noise Mapping Cambridge City Center**. Cambridge City Council, 2002.

COELHO, J. L. B. Noise Mapping and Noise Reduction Plans as Urban Noise - Management Tools. In: EUROPEAN CONFERENCE ON NOISE CONTROL, 5, 2003, Naples. **Proceedings...** Naples, 2003.

DEFRA - Department for Environment, Food & Rural Affairs. **A Report on the production of noise maps of the city of Birmingham**. Birmingham City Council, 2000.

DINIZ, F. B.; CALIXTO, A.; BARBOSA, W. A.; ZANNIN, P. H. T. Urban Noise Pollution in the City of Curitiba. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 10 e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, 2, 2002, Rio de Janeiro. **Anais do 2 SOBRAC**, Rio de Janeiro, 2002.

Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council. In: The Official Journal of the European Communities, L189/12-17, jul. 2002.

DUARTE, E. A C; VIVEIROS, E. B. Sound insulation performance of Brazilian dwellings: from colonial ages to contemporary architecture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 2005, Rio de Janeiro. **Anais ...Rio de Janeiro: INTERNOISE**, 2005.

ESTATUTO DA CIDADE. Guia para Implementação pelos Municípios e Cidadãos. Câmara dos Deputados – Coordenação de Publicações: Brasília, 2001.

FERREIRA, S. L. **O Banho de Mar na Ilha de Santa Catarina (1900-1970)**. Dissertação (Mestre em História) - Florianópolis, 1994.

FLORIANÓPOLIS. Lei Complementar Municipal CMF n. 003/99, de 05 de julho de 1999. Dispõe sobre ruídos urbanos e proteção do bem estar e do sossego público. **D.O.E**: Câmara Municipal de Florianópolis, 06 de julho de 1999.

_____. Plano Diretor do Município de Florianópolis. Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis – IPUF, 1999.

FRITSCH, R. C. **Avaliação do Ruído Urbano: o caso da área central de Passo**

Fundo – RS. 182f. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em engenharia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

GERGES, N. Y. Samir. **Fundamentos e Controle**. 2a. ed. NR Editora: Florianópolis, Santa Catarina, 2000, 676 p.

GUEDES, B. V. M.; COELHO, J. L. B. **Ruído ambiente em Portugal**. Portugal: Direcção Geral do Ambiente, 1999.

GUEDES, I. C. M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE)**. 139f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

IBGE - Geography Statistics Brazilian Institute (2003) estimativa. Disponível em: <<http://www.pmf.sc.gov.br/index.php?link=perfil&sublink=demografia>>. Acesso em fev. 2007.

INSTITUTO PORTUGUÊS DE QUALIDADE. **NP 4361**. Acústica. Atenuação do som na sua propagação ao ar livre. Parte 2. Método geral de cálculo. 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/1**: Acoustics: Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures, 2003/1. Suíça, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/2**: Acoustics: Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels, 2007/2. Suíça, 2007.

KRYTER, Karl D. **The Effects of Noise on Man**. London: Academic Press, Inc., 1985.

MELERO, P. P. Madrid municipal policy towards the reduction of acoustic pollution. In: EUROPEAN CONFERENCE ON NOISE CONTROL, 5, 2003, Naples. **Proceedings...** Naples, 2003.

MORAES, E.; LARA, L. **Mapa de ruídos da zona comercial de Belém, uma parcela do mapa de ruídos da cidade de Belém** – Brasil. Disponível em: <<http://www.ia.csic.es/sea/Bilbao03/aam022.pdf>> Acesso em: fev. 2006.

MORAES, E. M. L. ; LARA, Neyla Arroyo . Mapa Acústico de Belém. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, 2005, Maceió. **Anais...** ENCAC, 2005.

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. 133f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

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, n. 484, 2000.

PORTUGAL. **Decreto-Lei n. 9, de 17 de janeiro de 2007:** Aprova o Regulamento Geral do Ruído que estabelece o regime legal aplicável à prevenção e controlo da poluição sonora.

_____. **Decreto-Lei n. 129, de 11 de maio de 2002:** Aprova o Regulamento dos Requisitos Acústico dos Edifícios que estabelece os requisitos acústicos dos edifícios com vista a melhorar as condições de qualidade acústica dos edifícios.

OUIS, D. **Annoyance from road traffic noise: a review.** Journal of Environmental Psychology, 21, p. 101–120, 2001.

SATTLER, M. A. Urban noise survey for the city of Porto Alegre, Brazil. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 105, n. 2, p. 1282, fev. 1999.

SILVA, Péricles. **Acústica Arquitetônica & Condicionamento de Ar.** Belo Horizonte: Editora Termo Acústica Ltda, 3a ed, 277 p., 1997.

SOUSA, C. M. de, CARDOSO, M. R. A. Ruído Urbano na Cidade de São Paulo, Brasil. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 10, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, 2, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002.

SOUSA, D. da S. **Instrumentos de Gestão de Poluição Sonora para a Sustentabilidade das Cidades Brasileira.** 616 f. Tese (Doutor em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

VALADARES, V. M. **Ruído de Tráfego Veicular em Corredores de Transporte Urbano: Estudo de Caso em Belo Horizonte** – MG. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis., 1997.

VALLET, J.; AUJARD, C.; PRASTACOS, P. (2004) GIpSyNOISE: a GIS tool adapted to the European Directive on Assessment and Management of Environmental Noise 2002/49/CE: technical aspects. In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 33, 2004, Praga. **Proceedings...** Praga: Internoise, ago. 2004.

VAZ, N. P. **O centro histórico de Florianópolis: o espaço público do ritual.** Editora da UFSC/FCC Editora. 1991

VIVEIROS, E. B. **Isolamento Acústico: o atributo invisível das edificações.** In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 550/9-74-004, Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety, mar. 1974.

ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B. et al. **Annoyance caused by urban noise to the citizens of Curitiba, Brazil.** Rev. Saúde Pública, ago. 2002, vol.36, n.º.4, p.521-524. ISSN 0034-8910.

ANEXO I

Resultado do fluxo veículos de junho de 2008, obtidos a partir da contagem manual e de dados fornecidos pelo IPUF, para alimentação do *software SoundPLAN*[®].

Tabela 1: Exemplo de tabela disponibilizada pelo IPUF - distribuição de veículos por velocidade média.
 Dados referentes ao Grupo 18 - Av. Rubens de Arruda Ramos cruzamento Av. Othon Gama D'Eça - sentido Bairro-Centro - 01/06/2008

Horas	* S / I / V	jan/19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	100-109	110-119	120-129	130-139	140-199	Total
0	95	37	44	5	10	62	147	80	5	0	0	0	0	0	0	485
1	72	21	14	1	1	34	109	62	6	0	0	0	0	0	0	320
2	48	25	9	0	0	18	76	58	5	0	0	0	0	0	0	239
3	36	17	9	0	1	20	45	35	4	1	2	0	0	0	0	170
4	33	14	8	1	3	27	66	50	2	0	0	0	0	0	0	204
5	19	10	1	0	2	15	63	35	1	1	0	0	0	0	0	147
6	29	10	4	1	1	14	70	75	2	0	0	0	0	0	0	206
7	65	36	30	4	5	20	111	68	6	0	0	0	0	0	0	345
8	75	36	26	4	0	27	166	144	10	0	0	0	0	0	0	488
9	86	61	65	0	3	33	121	86	6	0	0	0	0	0	0	461
10	125	52	122	31	6	60	260	125	10	0	0	0	0	0	0	791
11	105	30	92	20	16	155	346	183	12	0	1	0	0	0	0	960
12	133	36	95	51	21	166	345	167	8	1	0	0	0	0	0	1.023
13	187	32	68	18	16	155	382	182	15	0	0	0	0	0	0	1.055
14	240	54	99	52	41	180	391	124	3	1	0	0	0	0	0	1.185
15	174	52	154	65	36	197	410	159	7	0	0	0	0	0	0	1.254
16	141	39	134	83	56	302	467	153	8	0	0	0	0	0	0	1.383
17	112	37	105	47	40	343	492	141	9	1	0	0	0	0	0	1.327
18	90	30	81	10	26	350	604	150	5	1	0	0	0	0	0	1.347
19	73	27	61	25	40	299	468	155	9	0	0	0	0	0	0	1.157
20	81	37	92	8	38	176	305	143	2	0	0	0	0	0	0	882
21	60	33	53	3	3	89	252	155	7	0	0	0	0	0	0	655
22	54	27	33	0	2	56	199	136	10	0	0	0	0	0	0	517
23	62	24	26	1	4	27	129	108	3	1	0	0	0	0	0	385
Total	2.195	777	1.425	430	371	2.825	6.024	2.774	155	7	3	0	0	0	0	16.986

* S / I / V = Sem Informação de Velocidade

Tabela 2: Exemplo de tabela disponibilizada pelo IPUF - distribuição por porte veicular.
 Dados referentes ao Grupo 18 - Av. Rubens de Arruda Ramos cruzamento Av. Othon Gama D'Eça - sentido Bairro-Centro - 01/06/2008

Horas	* S / I / P	%	Moto	%	Pequeno	%	Médio	%	Grande	%	Total
0	47	9,69	1	0,21	436	89,9	0	0	1	0,21	485
1	23	7,19	1	0,31	295	92,19	0	0	1	0,31	320
2	17	7,11	1	0,42	221	92,47	0	0	0	0	239
3	17	10	0	0	153	90	0	0	0	0	170
4	13	6,37	0	0	191	93,63	0	0	0	0	204
5	17	11,56	0	0	130	88,44	0	0	0	0	147
6	25	12,14	0	0	179	86,89	2	0,97	0	0	206
7	38	11,01	2	0,58	305	88,41	0	0	0	0	345
8	40	8,2	2	0,41	446	91,39	0	0	0	0	488
9	32	6,94	1	0,22	426	92,41	2	0,43	0	0	461
10	51	6,45	7	0,88	730	92,29	3	0,38	0	0	791
11	41	4,27	4	0,42	912	95	2	0,21	1	0,1	960
12	31	3,03	1	0,1	988	96,58	1	0,1	2	0,2	1.023
13	36	3,41	5	0,47	1.014	96,11	0	0	0	0	1.055
14	29	2,45	8	0,68	1.142	96,37	2	0,17	4	0,34	1.185
15	37	2,95	3	0,24	1.209	96,41	3	0,24	2	0,16	1.254
16	45	3,25	3	0,22	1.333	96,38	1	0,07	1	0,07	1.383
17	51	3,84	2	0,15	1.264	95,25	3	0,23	7	0,53	1.327
18	36	2,67	12	0,89	1.294	96,07	2	0,15	3	0,22	1.347
19	33	2,85	4	0,35	1.114	96,28	3	0,26	3	0,26	1.157
20	46	5,22	3	0,34	829	93,99	1	0,11	3	0,34	882
21	31	4,73	2	0,31	619	94,5	1	0,15	2	0,31	655
22	20	3,87	2	0,39	492	95,16	1	0,19	2	0,39	517
23	30	7,79	1	0,26	351	91,17	1	0,26	2	0,52	385
Total	786	4,63	65	0,38	16.073	94,62	28	0,16	34	0,2	16.986

* S / I / P = Sem Informação de Porte Veicular

Tabela 3: Exemplo de resumo realizado para os dados de cada dia e de cada máquina disponibilizada pelo IPUF

Velocidade Média [km/h]	57	
	tráfego diário médio[TDMA]	
	veículos leves	veículos pesados
total desconsiderando S/I/P	16073	127
S/I/P - proporção	780	6
total considerando S/I/P	16853	133

	Número de Veículos		Percentual de Veículos	
	dia	noite	dia	noite
leves	14117	1956	99,61%	99,64%
pesados	55	7	0,39%	0,36%

Observações:

*1 - pequeno

*2 - moto, médio, grande

Tabela 4: Fluxo de Veículos Diário coletado a partir dos dados fornecidos pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis - diferenciação entre a tipologia de veículos leves e pesados.

máquina	posicionamento do medidor	cruzamento	sentido	velocidade média [km/h]	Tipologia Veículo	fluxo médio dias da semana (terça, quarta e quinta-feira)											média	
						ter	qua	qui	ter	qua	qui	ter	qua	qui	ter	qua		qui
						3	4	5	10	11	12	17	18	19	24	25		26
Grupo 007	Av. Mauro Ramos	Rua Crispim Mira	Beira Mar Norte	34	leves	11443	11545	12299		12188			12369	12456	11930	12120	12441	11963
					pesados	772	778	871		874			833	907	808	799	853	814
Grupo 001	Av. Mauro Ramos	Rua Ferreira Lima	Beira Mar Norte	38	leves		12893	13622	13730		14495		13246		13817		14001	13634
					pesados		724	773	730		745		782		771		767	754
Grupo 010	Av. Mauro Ramos	Rua Victor Konder	Beira Mar Norte	28	leves	11030	11275	11310	11441	11280	12142	11387	11697	11741	11120		11499	11478
					pesados	401	415	446	459	438	421	399	406	402	434		444	421
Grupo 005	Av. Mauro Ramos	Rua Heitor Luz	Beira Mar Norte	38	leves		11667	12066	11406			11864	11496		11717	11418	10424	11450
					pesados		713	737	665			708	674		724	754	697	715
Grupo 006	Av. Mauro Ramos	Rua Heitor Luz	Centro	26	leves	6717	6779	6904	7087	7329	8552	6375	6824	7029	6899	6986	7048	7044
					pesados	75	85	85	121	91	106	227	87	92	106	90	93	105
Grupo 009	Av. Mauro Ramos	Rua Victor Konder	Aterro Baia Sul	28	leves	14844	15081	15255	15263	15018	15738	14641	14886	15176	14985	15285	15181	15113
					pesados	754	695	716	746	750	745	666	743	730	695	743	702	724
Grupo 002	Av. Mauro Ramos	Rua Ferreira Lima	Aterro Baia Sul	37	leves	14860	15367	15243	15295	15036	15830	14635	14899	14865	14644		14979	15114
					pesados	722	791	812	686	746	727	735	757	756	710		782	748
Grupo 008	Av. Mauro Ramos	Rua Crispim Mira	Aterro Baia Sul	35	leves	16802	16961	16785	16812	16698	17002	16443	16741	16883	16425	16677	16696	16744
					pesados	747	923	921	869	895	849	894	896	912	873	914	859	879
Grupo 018	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Othon Gama D'Eça	Centro-Bairro - PC	57	leves	21698	22661	23155	23176	23394	24916	22728	22431	23668	22292	23240	23550	23076
					pesados	492	612	758	619	604	614	601	670	628	592	576	600	614
Grupo 029	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Rua Alves de Brito	Centro-Bairro - PC	57	leves	28559	27903	29720	30553	30946	32792	30306	30785	31894	30396	31173	28616	30304
					pesados	820	935	992	991	1101	941	964	1020	987	999	970	929	971
Grupo 037	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Mauro Ramos	Centro-Bairro - PC	52	leves	27612	29325	29677	29079	29747	31748	29035	29644	30163	29083	29697	29700	29543
					pesados	1413	1609	1752	1616	1785	1609	1708	1646	1685	1659	1722	1596	1650
Grupo 019	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Othon Gama D'Eça	Centro-Bairro - PD	45	leves		16134	19778	19090	19856	21735	18830	19102	19912	18206	16474	17529	18970
					pesados		468	624	500	606	588	595	574	591	534	309	405	523
Grupo 030	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Rua Alves de Brito	Centro-Bairro - PD	45	leves	19796	20273	20846	20530	21277	21775	19602	19935	21072	20045	20122	20711	20499
					pesados	800	903	868	867	879	843	873	860	884	864	856	930	869
Grupo 036	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Mauro Ramos	Centro-Bairro - PD	40	leves	17618	17827	18690	18605	17019	20353	15864	18008	19028	17162	18069	18276	18043
					pesados	456	466	494	550	502	488	412	514	499	468	444	463	480
Grupo 035	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Mauro Ramos	Continente	49	leves	30341	31471	31736	31970	31873	34803	30459	32104	31850	30756	31253	32198	31734
					pesados	2625	2961	3051	2929	2891	2783	2650	2935	2895	2839	2851	2866	2856
Grupo 031	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Rua Alves de Brito	Continente	54	leves	24899	27019	27255	27267	26596	28836	17786	27350	27762	26996	26901	27284	26329
					pesados	786	883	996	913	933	925	467	967	937	933	948	944	886
Grupo 020	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Othon Gama D'Eça	Continente	43	leves	26201	26604	27087	27006	26991	28472	25967	26871	27155	25755	26042	25800	26662
					pesados	868	954	1119	1069	1023	887	774	897	970	859	941	830	933
Grupo 049	Av. Osmar Cunha	Av. Rio Branco	Beira Mar Norte	28	leves		4903	4888			4964	4811	4805	4977	4867	4817	4977	4876
					pesados		47	61			74	74	62	64	51	47	55	59
Grupo 043	Av. Othon Gama D'Eça	Av. J. Rubens de Arruda	Beira Mar Norte	26	leves	11457	11868		12223	12252	12758	11772	11929	12249	12096	12335	12159	12197
					pesados	478	459		488	571	502	495	489	479	552	581	517	519
Grupo 056	Av. Rio Branco	Rua Esteves Júnior	Centro	30	leves		12367			12839	11907	12774		12934	12980	12179	13376	12676
					pesados		726			757	599	606		717	759	653	727	684
Grupo 052	Av. Rio Branco	Av. Osmar Cunha	Pça Getúlio Vargas	28	leves	13781							12927	13402	14022		13370	
					pesados	282								322	294	290		299
Grupo 051	Av. Rio Branco	Av. Osmar Cunha	Ponte Hercílio Luz	29	leves	8787			6302	8254	9141	8507	8641	8556	8695	7847		8233
					pesados	384			348	411	429	373	431	414	409	370		401
Grupo 055	Av. Rio Branco	Rua Esteves Júnior	Ponte Hercílio Luz	34	leves	6778	6528	6650	6702	6619	6977	6575	6541	6694	6646	6762	6694	6680
					pesados	661	575	640	648	625	604	599	634	653	690	582	602	626
Grupo 017	Rua Heitor Luz	Av. Mauro Ramos	Bocaiúva	27	leves	6539	6842	6494	6051	6720	7310	6312	6288	6617	6376		6250	6575
					pesados	784	821	770	882	818	870	727	852	830	783		904	817
Grupo 058	Rua Esteves Júnior	Av. Rio Branco	Beira Mar Norte	19	leves	2842		2689				2667					2761	2733
					pesados	71		81				65						77
Grupo 050	Av. Osmar Cunha	Av. Rio Branco	Centro	26	leves	6990		7063	7036	7123	7543	6936	6812	7067	6760	6712	7120	7012
					pesados	287		326	314	306	286	287	303	324	291	306	310	303

Legenda:

Dados inexistentes nos arquivos do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis

Tabela 5: Resultado da contagem do fluxo de veículos para determinação do Tráfego Médio Diário. As medições ocorreram em cada ponto por um período de 10 minutos.

Posicionamento do Medidor	24/06/08 - 06:45-07:23 horas		24/06/08 - 20:53-21:31 horas		25/06/08 - 06:45-07:23 horas		25/06/08 - 20:53-21:31 horas		26/06/08 - 06:45-07:23 horas		26/06/08 - 20:53-21:31 horas	
	Veículos Leves	Veículos Pesados										
Rua Bocaiuva	90	28	134	15	87	24	133	6	90	19	166	10
Travessa Abílio de Oliveira	10	2	4	0	5	2	8	1	15	2	4	1
Rua Alves de Brito 1	93	7	31	2	106	9	40	1	89	11	44	4
Rua Alves de Brito 2	18	7	20	1	19	6	27	1	29	6	28	1
Rua Othon Gama Deça	152	47	120	17	160	34	137	21	141	45	151	10
Rua Bocaiuva	143	30	153	15	147	19	165	6	155	30	121	12
Avenida Trompowsky	16	4	41	3	9	7	69	3	12	7	57	4
Rua Luiz Delfino	3	0	3	1	2	1	6	0	3	1	10	0
Rua Victor Konder	59	7	63	10	32	8	100	2	39	7	73	5
Rua Rafael Bandeira	16	3	32	2	11	1	35	1	9	2	43	1
Rua Frei Evaristo	11	0	8	0	10	2	7	0	10	0	7	0
Rua Altamiro Guimarães 1	52	5	45	6	37	6	38	3	30	4	38	2
Rua Altamiro Guimarães 2	49	5	43	6	41	6	44	3	25	6	38	2
Rua Germando Wendhausen 1	16	3	31	1	22	5	25	0	16	2	26	2
Rua Germando Wendhausen 2	19	3	20	1	18	5	19	0	21	0	17	2
Rua Almirante Alvin	31	10	83	5	34	11	93	12	28	10	77	3
Rua São Jorge	4	3	19	2	3	6	20	0	2	5	18	0
Ferreira Lima	-	-	-	-	13	2	17	2	11	1	20	0
Rua Presidente Coutinho 1	25	4	15	2	24	1	17	2	12	2	14	1
Rua Presidente Coutinho 2	-	-	15	2	20	2	21	1	16	3	23	1
Rua Nereu Ramos 1	34	10	19	2	30	7	30	2	35	4	41	1
Rua Nereu Ramos 2	-	-	19	2	34	6	26	3	31	3	32	1
Avenida Rio Branco	228	31	83	10	222	30	117	9	269	37	96	15
Rua Esteves Júnior	90	21	15	1	71	10	19	1	75	13	22	2
	01/07/08 - 06:45-07:23 horas		01/07/08 - 20:53-21:31 horas		02/07/08 - 06:45-07:23 horas		02/07/08 - 20:53-21:31 horas		03/07/08 - 06:45-07:23 horas		03/07/08 - 20:53-21:31 horas	
Rua Diniz Júnior 1	38	9			43	11						
Rua Diniz Júnior 2	34	6			39	6						
Rua Irmã Benwarda	15	6			15	3						
Rua Mauro Ramos 1	144	10			75	26						
Rua Germano Wendhausen	9	3			5	1						
Rua Mauro Ramos 2	168	25			159	25						
Rua Crispim Mira	10	2			3	0						
Avenida Rio Branco 2	69	28			38	14						
Avenida Rio Branco 3	103	22			59	12						
Rua São Jorge 2	35	5			19	3						
Rua Dom Joaquim	62	5			29	6						

Legenda:

- Dados acústicos não coletados devido às más condições do tempo para realizar medições
- Dados acústicos não coletados devido a greve dos funcionários da empresa de transporte público da cidade de Florianópolis - alteração significativa da tipologia dos veículos e também do fluxo dos mesmos.
- Devido ao elevado fluxo de veículos nesta via, a contagem do fluxo ocorreu durante o período de 5 minutos, pois não se justificava estabelecer uma medição por um período maior

Tabela 5: continuação ...

Posicionamento do Medidor	Fluxo Médio - Noite - 10'		Fluxo Médio - Dia - 10'		Fluxo médio dia e noite - 10'		Fluxo médio diário ^{*1}		TMDA	porcentagem	
	Veículos Leves	Veículos Pesados	Veículos Leves	Veículos Pesados	Veículos Leves	Veículos Pesados	Veículos Leves	Veículos Pesados		veículos leves	veículos pesados
Rua Bocaiuva	89	24	144	10	117	17	16800	2448	19248	87,28%	12,72%
Travessa Abílio de Oliveira	10	2	5	1	8	1	1104	192	1296	85,19%	14,81%
Rua Alves de Brito 1	96	9	38	2	67	6	9672	816	10488	92,22%	7,78%
Rua Alves de Brito 2	22	6	25	1	24	4	3384	528	3912	86,50%	13,50%
Rua Othon Gama Deça	151	42	136	16	144	29	20664	4176	24840	83,19%	16,81%
Rua Bocaiuva	148	26	146	11	147	19	21216	2688	23904	88,76%	11,24%
Avenida Trompowsky	12	6	56	3	34	5	4896	672	5568	87,93%	12,07%
Rua Luiz Delfino	3	1	6	0	5	1	648	72	720	90,00%	10,00%
Rua Victor Konder	43	7	79	6	61	7	8784	936	9720	90,37%	9,63%
Rua Rafael Bandeira	12	2	37	1	24	2	3504	240	3744	93,59%	6,41%
Rua Frei Evaristo	10	1	7	0	9	0	1272	48	1320	96,36%	3,64%
Rua Altamiro Guimarães 1	40	5	40	4	40	4	5760	624	6384	90,23%	9,77%
Rua Altamiro Guimarães 2	38	6	42	4	40	5	5760	672	6432	89,55%	10,45%
Rua Germando Wendhausen 1	18	3	27	1	23	2	3264	312	3576	91,28%	8,72%
Rua Germando Wendhausen 2	19	3	19	1	19	2	2736	264	3000	91,20%	8,80%
Rua Almirante Alvin	31	10	84	7	58	9	8304	1224	9528	87,15%	12,85%
Rua São Jorge	3	5	19	1	11	3	1584	384	1968	80,49%	19,51%
Ferreira Lima	12	2	19	1	15	1	2196	180	2376	92,42%	7,58%
Rua Presidente Coutinho 1	20	2	15	2	18	2	2568	288	2856	89,92%	10,08%
Rua Presidente Coutinho 2	18	3	20	1	19	2	2736	259	2995	91,35%	8,65%
Rua Nereu Ramos 1	33	7	30	2	32	4	4536	624	5160	87,91%	12,09%
Rua Nereu Ramos 2	33	5	26	2	28	3	4090	432	4522	90,45%	9,55%
Avenida Rio Branco	240	33	99	11	169	22	24360	3168	27528	88,49%	11,51%
Rua Esteves Júnior	79	15	19	1	49	8	7008	1152	8160	85,88%	14,12%
Rua Diniz Júnior 1	41	10			41	10	5832	1440	7272	80,20%	19,80%
Rua Diniz Júnior 2	37	6			37	6	5256	864	6120	85,88%	14,12%
Rua Irmã Benwarda	15	5			15	5	2160	648	2808	76,92%	23,08%
Rua Mauro Ramos 1	110	18			110	18	31536	5184	36720	85,88%	14,12%
Rua Germano Wendhausen	7	2			7	2	1008	288	1296	77,78%	22,22%
Rua Mauro Ramos 2	164	25			164	25	47088	7200	54288	86,74%	13,26%
Rua Crispim Mira	7	1			7	1	936	144	1080	86,67%	13,33%
Avenida Rio Branco 2	54	21			54	21	7704	3024	10728	71,81%	28,19%
Avenida Rio Branco 3	81	17			81	17	11664	2448	14112	82,65%	17,35%
Rua São Jorge 2	27	4			27	4	3888	576	4464	87,10%	12,90%
Rua Dom Joaquim	46	6			46	6	6552	792	7344	89,22%	85,22%

Legenda:

	Dados acústicos não coletados devido às más condições do tempo para realizar medições
	Dados acústicos não coletados devido a greve dos funcionários da empresa de transporte público da cidade de Florianópolis - alteração significativa da tipologia dos veículos e também do fluxo dos mesmos.
	Devido ao elevado fluxo de veículos nesta via, a contagem do fluxo ocorreu durante o período de 5 minutos, pois não se justificava estabelecer uma medição por um período maior
^{*1}	10 minutos (tempo em que foi realizada a contagem) * 6 = fluxo de veículos por hora * 24 = fluxo de veículos diário

Tabela 6: Resumo sobre o tráfego da área em estudo a partir de dados fornecidos pelo IPUF e dados coletados *in loco*, de acordo com as variáveis necessárias para alimentação do software *SoundPLAM*®

máquina IPUF	posicionamento do medidor	no cruzamento com a via	sentido	velocidade média [km/h]		fluxo médio diário		TMDA	percentual de pesados [%]		largura da via [m]		Eixo da Via [m]	Distância da linha de emissão [m]
				veículos leves	veículos pesados	veículos leves	veículos pesados		dia	noite	pista 1	pista 2		
Grupo 007	Av. Mauro Ramos	Rua Crispim Mira	Beira Mar Norte	34	29	10675	723	11398	4,71%	9,76%	6,7	6,7	3,35	1,68
Grupo 001	Av. Mauro Ramos	Rua Ferreira Lima	Beira Mar Norte	38	33	11822	674	12496	3,93%	8,23%	6,7	6,7	3,35	1,68
Grupo 010	Av. Mauro Ramos	Rua Victor Konder	Beira Mar Norte	28	23	10145	364	10509	2,83%	4,72%	6,7	6,7	3,35	1,68
Grupo 005	Av. Mauro Ramos	Rua Heitor Luz	Beira Mar Norte	38	33	10153	610	10763	4,25%	7,70%	6,7	6,7	3,35	1,68
Grupo 006	Av. Mauro Ramos	Rua Heitor Luz	Aterro Baía Sul	26	21	6349	85	6435	0,77%	0,94%	6,7	6,7	3,35	1,68
Grupo 009	Av. Mauro Ramos	Rua Victor Konder	Aterro Baía Sul	28	23	13347	624	13971	3,79%	6,44%	6,7	6,7	3,35	1,68
Grupo 002	Av. Mauro Ramos	Rua Ferreira Lima	Aterro Baía Sul	37	32	13591	681	14272	3,69%	6,11%	6,7	6,7	3,35	1,68
Grupo 008	Av. Mauro Ramos	Rua Crispim Mira	Aterro Baía Sul	35	30	14589	754	15343	3,42%	5,91%	6,7	6,7	3,35	1,68
Grupo 018	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Othon Gama D'Eça	Centro-Bairro - Pista Central	57	52	21979	535	22514	1,11%	1,22%	11,7		5,85	2,93
Grupo 029	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Rua Alves de Brito	Centro-Bairro - Pista Central	57	52	29137	867	30004	1,69%	2,44%	11,7		5,85	2,93
Grupo 037	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Mauro Ramos	Centro-Bairro - Pista Central	52	47	28424	1398	29823	2,57%	3,54%	11,7		5,85	2,93
Grupo 019	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Othon Gama D'Eça	Centro-Bairro - Pista Direita	45	40	17381	433	17814	1,44%	1,53%	9,0		4,50	2,25
Grupo 030	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Rua Alves de Brito	Centro-Bairro - Pista Direita	45	40	18640	698	19338	2,86%	2,60%	9,0		4,50	2,25
Grupo 036	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Mauro Ramos	Centro-Bairro - Pista Direita	40	35	16755	392	17148	1,65%	2,03%	9,0		4,50	2,25
Grupo 035	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Mauro Ramos	Ponte Hercílio Luz	49	44	30465	2502	32966	4,63%	5,10%	11,6		5,80	2,90
Grupo 031	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Rua Alves de Brito	Ponte Hercílio Luz	54	49	26069	797	26866	1,82%	2,28%	11,6		5,80	2,90
Grupo 020	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	Av. Othon Gama D'Eça	Ponte Hercílio Luz	43	38	26341	808	27149	1,88%	2,43%	11,6		5,80	2,90
Grupo 043	Rua Othon Gama Deça	Av. Rio Branco	Beira Mar Norte	26	21	10839	408	11246	3,09%	3,98%	14,2		7,10	3,55
Grupo 052	Av. Rio Branco	Av. Osmar Cunha	Pça Getúlio Vargas	28	23	11172	266	11438	0,46%	0,54%	12,8		6,40	3,20
Grupo 051	Av. Rio Branco	Av. Osmar Cunha	Ponte Hercílio Luz	29	24	6934	301	7235	2,86%	4,11%	12,8		6,40	3,20
Grupo 056	Av. Rio Branco	Rua Esteves Júnior	Pça Getúlio Vargas	30	25	10457	539	10996	1,66%	1,97%	12,8		6,40	3,20
Grupo 055	Av. Rio Branco	Rua Esteves Júnior	Ponte Hercílio Luz	34	29	5568	482	6051	4,39%	3,40%	12,8		6,40	3,20
Grupo 058	Rua Esteves Júnior	Av. Rio Branco	Beira Mar Norte	19	14	2181	62	2243	1,45%	0,33%	9,6			4,80
Grupo 049	Av. Osmar Cunha	Av. Rio Branco	Beira Mar Norte	28	23	3802	45	3847	0,23%	0,14%	14,2		7,10	3,55
Grupo 050	Av. Osmar Cunha	Av. Rio Branco	Centro	26	21	5972	237	6209	3,33%	2,00%	14,2		7,10	3,55
medições realizadas <i>in loco</i>	Rua Bocaiuva	Av. Mauro Ramos	sentido único	30	25	16800	2448	19248	5,15%	5,90%	8,0		4,00	2,00
	Rua Bocaiuva	Av. Tormpowsky	sentido único	30	25	21216	2688	23904	4,42%	5,29%	8,0		4,00	2,00
	Rua Altamiro Guimarães	Rua Victor Konder	sentido único	30	25	5760	624	6384	5,51%	3,76%	8,4			4,20
	Rua Altamiro Guimarães	Rua Germano Wendhausen	sentido único	30	25	5760	672	6432	5,47%	4,23%	8,4			4,20
	Rua Rafael Bandeira		sentido único	20	15	3504	240	3744	3,42%	2,56%	7,2			3,60
	Rua Alves de Brito	Av. J. Rubens de Arruda Ramos	sentido único	20	15	9672	816	10488	2,14%	4,12%	7,5			3,75
	Rua Alves de Brito	Rua Bocaiuva	sentido único	20	15	3384	528	3912	2,45%	7,77%	7,5			3,75
	Travessa Abílio de Oliveira		sentido único	20	15	1104	192	1296	4,94%	7,41%	7,0			3,50
	Avenida Trompowsky		2 sentidos	30	25	4896	672	5568	5,75%	5,17%	10,0		5,00	2,50
	Rua Othon Gama Deça	Rua Bocaiuva	Beira Mar Norte	26	21	10332	2088	12420	6,18%	8,12%	14,2		7,10	3,55
	Rua Esteves Júnior		sentido único	25	20	7008	1152	8160	1,57%	8,63%	9,6			4,80
	Rua Luiz Delfino		sentido único	20	15	648	72	720	4,44%	4,44%	8,3			4,15
	Rua Germando Wendhausen	Av. Mauro Ramos	sentido único	20	15	3264	312	3576	2,68%	4,47%	7,0			3,50
	Rua Germando Wendhausen	Rua Altamiro Guimarães	sentido único	20	15	2736	264	3000	3,20%	4,27%	7,0			3,50
	Rua Victor Konder		2 sentidos	30	25	8784	936	9720	5,60%	3,62%	8,6		4,30	2,15
	Rua Frei Evaristo		sentido único	20	15	1272	48	1320	0,00%	2,42%	6,5			3,25
	Rua Ferreira Lima		sentido único	20	15	2196	180	2376	4,04%	3,03%	8,0			4,00
	Rua Almirante Alvin		2 sentidos	25	20	8304	1224	9528	6,72%	5,21%	9,2		4,60	2,30
	Rua São Jorge	Rua Almirante Alvim	sentido único	20	15	1584	384	1968	3,25%	11,38%	7,1			3,53
	Rua São Jorge	Rua Dom Joaquim	sentido único	20	15	3888	576	4464	1,22%	4,30%	7,1			3,53
	Rua Dom Joaquim		2 sentidos	25	20	6552	792	7344	3,22%	3,59%	10,0		5,00	2,50
	Rua Presidente Coutinho	Av. Othon Gama D'Eça	sentido único	20	15	2568	288	2856	5,60%	3,92%	8,0			4,00
	Rua Presidente Coutinho	Rua Nereu Ramos	sentido único	25	20	2736	259,2	2995	4,27%	4,01%	8,0			4,00
	Rua Nereu Ramos	Rua São Jorge	sentido único	25	20	4536	624	5160	3,10%	6,51%	8,8			4,40
	Rua Nereu Ramos	Av. Presidente Coutinho	sentido único	20	15	4090	432	4522	4,25%	4,78%	8,8			4,40
	Rua Diniz Júnior	Av. Othon Gama D'Eça	2 sentidos	20	15	5832	1440	7272	5,12%	6,60%	8,8			4,40
	Rua Diniz Júnior	Rua Irmã Benwarda	sentido único	20	15	5256	864	6120	3,65%	4,71%	8,8			4,40
	Rua Irmã Benwarda		sentido único	20	15	2160	648	2808	5,90%	7,69%	6,9			3,45
	Avenida Rio Branco	Nereu Ramos	Pça Getúlio Vargas	28	23	5832	1224	7056	4,16%	5,78%	12,8		6,40	3,20
	Avenida Rio Branco	Almirante Alvin	Ponte Hercílio Luz	28	23	5832	1224	7056	4,16%	5,78%	12,8		6,40	3,20
Rua Crispim Mira		sentido único	20	15	1872	288	2160	3,08%	4,44%	6,6			3,30	
Rua Othon Gama Deça	Rua Bocaiuva	Centro	26	21	10839	408	11246	3,09%	3,98%	14,2		7,10	3,55	

Legenda:

Vias em que o tráfego ocorre somente em um sentido e em uma pista. Dessa forma, só há uma linha de emissão sonora, não sendo necessário alimentar o software com dados sobre o eixo da via.

ANEXO II

Resultado fluxo veículos ano de 2007, obtidos a partir do banco de dado disponibilizado pelo IPUF, para posterior coleta das informações necessárias *in loco* no mês de junho de 2008.

Tabela 01: Dados, fornecidos pelo IPUF, sobre fluxo de veículos, com diferenciação de tipologias, referente ao mês de junho de 2007, com o objetivo de definir os dias da semana para a contagem dos automóveis que representem uma média ocorrida durante a semana.

35	1/jun			2/jun			3/jun			4/jun			5/jun			6/jun			7/jun			8/jun		
	sexta-feira			sábado			domingo			segunda-feira			terça-feira			quarta-feira			quinta-feira			sexta-feira		
	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos
00:00 - 01:00			40	75	0	75	70	2	72	127	1	128	113	2	115	203	2	205			716			239
01:00 - 02:00			21	57	1	58	213	1	214	87	0	87	38	0	38	65	1	66			321			120
02:00 - 03:00			17	29	1	30	208	0	208	52	0	52	23	0	23	57	0	57			196			82
03:00 - 04:00			14	29	0	29	165	0	165	48	0	48	15	0	15	37	0	37			104			80
04:00 - 05:00			13	29	1	30	183	3	186	32	0	32	10	0	10	19	0	19			123			100
05:00 - 06:00			15	13	1	14	86	1	87	58	2	60	37	1	38	38	1	39			98			79
06:00 - 07:00			53	21	1	22	96	4	100	215	16	231	225	11	236	273	17	290			127			141
07:00 - 08:00			241	49	2	51	17	1	18	977	25	1002	947	26	973	1011	38	1049			131			436
08:00 - 09:00			228	85	7	92			0	900	22	922	982	25	1007	1048	28	1076			184			669
09:00 - 10:00			224	130	3	133			0	849	14	863	849	13	862	1042	15	1057			206			713
10:00 - 11:00			240	167	5	172			0	927	19	946	998	23	1021	1021	18	1039			349			785
11:00 - 12:00			259	237	4	241			0	979	31	1010	1083	22	1105	1216	27	1243			483			922
12:00 - 13:00			319	254	9	263	580	7	587	1258	24	1282	1318	21	1339	1439	30	1469			580			945
13:00 - 14:00			354	253	8	261	790	10	800	1295	17	1312	1404	33	1437	1530	26	1556			610			1023
14:00 - 15:00			282	209	9	218	745	6	751	1191	30	1221	1272	21	1293	1218	26	1244			593			1073
15:00 - 16:00			286	233	4	237	795	11	806	1040	22	1062	1168	32	1200	1285	27	1312			623			1086
16:00 - 17:00			292	217	5	222	839	9	848	1054	16	1070	1144	22	1166	1257	30	1287			640			1131
17:00 - 18:00			292	221	7	228	863	16	879	1195	16	1211	1341	22	1363	1379	24	1403			700			1182
18:00 - 19:00			402	214	1	215	791	6	797	1389	14	1403	1677	21	1698	1402	25	1427			676			1139
19:00 - 20:00			312	184	4	188	711	3	714	1222	12	1234	1311	15	1326			1488			623			1000
20:00 - 21:00	209	5	214	195	4	199	621	1	622	748	11	759	886	16	902			1016			522			750
21:00 - 22:00	157	1	158	180	3	183	491	9	500	564	10	574	731	14	745			837			405			616
22:00 - 23:00	183	2	185	139	4	143	390	4	394	505	12	517	671	9	680			471			308			534
23:00 - 24:00	119	1	120	113	1	114	243	1	244	239	2	241	353	1	354			329			340			407
Total	668	9	4582	3333	85	3418	8897	95	8992	16951	316	17267	18596	350	18946	15540	335	20016			9658			15252
35	9/jun			10/jun			11/jun			12/jun			13/jun			14/jun			15/jun			16/jun		
	sábado			domingo			segunda-feira			terça-feira			quarta-feira			quinta-feira			sexta-feira			sábado		
00:00 - 01:00			80	79	2	81	31	3	34	146	1	147	72	2	74	47	3	50	53	3	56	400	5	405
01:00 - 02:00			49	52	2	54	11	1	12	51	1	52	28	0	28	22	0	22	28	1	29	262	1	263
02:00 - 03:00			43	38	0	38	16	2	18	34	0	34	11	0	11	16	0	16	24	0	24	246	0	246
03:00 - 04:00			37	32	0	32	13	0	13	19	0	19	15	0	15	13	0	13	24	0	24	231	1	232
04:00 - 05:00			34	37	0	37	3	0	3	18	0	18	2	0	2	5	2	7	18	0	18	162	2	164
05:00 - 06:00			23	19	0	19	9	0	9	34	1	35	43	2	45	5	0	5	104	3	107	66	3	69
06:00 - 07:00			23	27	0	27	34	3	37	232	18	250	243	11	254	38	2	40	278	9	287	103	2	105
07:00 - 08:00			46	29	0	29	123	13	136	1072	31	1103	1067	29	1096	143	4	147	1133	29	1162	294	6	300
08:00 - 09:00			87	34	5	39	124	11	135	1080	35	1115	1011	25	1036	155	2	157	1088	29	1117	471	11	482
09:00 - 10:00			134	36	3	39	181	14	195	1000	24	1024	985	26	1011	192	4	196	1039	15	1054	667	17	684
10:00 - 11:00			176	74	3	77			376	1015	17	1032	974	13	987	208	4	212	1002	19	1021	721	12	733
11:00 - 12:00			210	117	7	124			436	1084	12	1096	1015	22	1037	201	6	207	1134	20	1154	885	13	898
12:00 - 13:00			264	151	4	155			613	1463	19	1482	1333	20	1353	229	3	232	1488	19	1507	1107	17	1124
13:00 - 14:00			239	154	9	163			622	1489	28	1517	1326	30	1356	143	2	145	1460	27	1487	979	12	991
14:00 - 15:00			199	149	7	156	197	9	206	1227	33	1260	1106	15	1121	197	1	198	1221	28	1249	804	12	816
15:00 - 16:00			213	155	2	157	238	14	252	1161	22	1183	1154	18	1172	228	4	232	1118	20	1138	774	9	783
16:00 - 17:00	183	9	192	183	4	187	220	9	229	1026	22	1048	1172	24	1196	251	9	260	1123	21	1144			887
17:00 - 18:00	162	10	172	156	2	158	238	7	245	270	5	275	1207	23	1230	217	4	221	1227	16	1243			991
18:00 - 19:00	171	6	177	169	3	172	1545	23	1568	334	6	340	1555	23	1578	318	5	323	1607	25	1632			954
19:00 - 20:00	167	8	175	156	4	160	1368	17	1385	319	5	324	1201	16	1217	282	7	289	1244	8	1252			844
20:00 - 21:00	148	8	156	143	2	145	861	15	876	308	4	312	820	13	833	193	7	200	923	12	935			886
21:00 - 22:00	141	6	147	120	8	128	635	12	647	331	1	332	709	15	724	154	3	157	793	12	805			797
22:00 - 23:00	133	5	138	102	4	106	551	9	560	238	7	245	444	11	455	131	5	136	786	14	800			600
23:00 - 24:00	140	5	145	61	1	62	231	8	239	110	2	112	88	5	93	91	1	92	552	4	556			500
Total	1245	57	3159	2273	72	2345	6629	170	8847	14061	294	14355	17581	343	17924	3479	78	3557	19467	334	19801	8172	123	14753

Legenda:

 dados incompletos relativos à quantidade de veículos leves e pesados em determinados períodos. Para estes casos, o IPUF disponibilizou o número total de veículos, porém, não pôde dar garantias de que os valores fornecidos sejam o reflexo do fluxo de automóveis que realmente acontecera naquela data.

Tabela 01: Continuação...

Períodos do dia	17/jun			18/jun			19/jun			20/jun			21/jun			22/jun			23/jun		
	domingo			segunda-feira			terça-feira			quarta-feira			quinta-feira			sexta-feira			sábado		
	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos	Veículos Leves	Veículos Pesados	Total Veículos
00:00 - 01:00			322			0	121	3	124	185	4	189	250	4	254	259	3	262	414	1	415
01:00 - 02:00			169	20	1	21	58	0	58	85	0	85	117	0	117	135	2	137	293	2	295
02:00 - 03:00			147	23	0	23	22	0	22	41	0	41	105	0	105	98	0	98	205	0	205
03:00 - 04:00			139	65	0	65	24	0	24	24	1	25	83	0	83	92	0	92	178	0	178
04:00 - 05:00			118	45	0	45	14	0	14	17	1	18	61	1	62	88	0	88	142	1	143
05:00 - 06:00			108	55	1	56	31	1	32	40	0	40	43	3	46	76	3	79	121	2	123
06:00 - 07:00			68	257	14	271	220	12	232	233	14	247	226	16	242	225	13	238	135	2	137
07:00 - 08:00			104	1070	39	1109	953	22	975	1031	29	1060	988	22	1010	949	25	974	268	7	275
08:00 - 09:00			148	994	34	1028	965	23	988	921	21	942	959	27	986	871	20	891	467	7	474
09:00 - 10:00			137	976	28	1004	898	15	913	921	14	935	906	20	926	921	13	934	617	7	624
10:00 - 11:00			289	884	25	909	866	22	888	955	17	972	926	14	940	902	26	928	646	7	653
11:00 - 12:00			455	948	22	970	990	26	1016	930	20	950	887	15	902	967	19	986	903	10	913
12:00 - 13:00			578	1207	19	1226	1343	16	1359	1310	21	1331	1287	22	1309	1228	27	1255	1047	16	1063
13:00 - 14:00			755	1248	23	1271	1317	31	1348	1250	23	1273	1370	22	1392	1335	33	1368	919	3	922
14:00 - 15:00			574	1125	21	1146	1045	21	1066	1169	34	1203	1141	18	1159	1164	18	1182	888	8	896
15:00 - 16:00			608	1056	23	1079	1066	28	1094	1016	25	1041	1024	22	1046	1161	19	1180	843	7	850
16:00 - 17:00			801	991	19	1010	1081	19	1100	1098	34	1132	1034	22	1056	1103	20	1123	760	3	763
17:00 - 18:00			794	1246	23	1269	1229	11	1240	1312	23	1335	1149	21	1170	1154	17	1171	923	5	928
18:00 - 19:00			782	1519	29	1548	1613	28	1641	1622	26	1648	1643	26	1669	1466	26	1492	366	5	371
19:00 - 20:00			742	1144	17	1161	1141	17	1158	1435	31	1466	1319	12	1331	1338	15	1353	180	3	183
20:00 - 21:00			454	743	10	753	805	12	817	837	18	855	931	14	945	955	11	966	176	3	179
21:00 - 22:00			506	524	11	535	593	12	605	639	15	654	689	9	698	808	13	821	169	3	172
22:00 - 23:00			310	431	14	445	584	10	594	461	10	471	577	7	584	697	8	705	146	7	153
23:00 - 24:00			212	209	7	216	282	9	291	331	8	339	392	6	398	563	2	565	90	2	92
Total			9320	16780	380	17160	17261	338	17599	17863	389	18252	18107	323	18430	18555	333	18888	10896	111	11007
	24/jun			25/jun			26/jun			27/jun			28/jun			29/jun			30/jun		
	domingo			segunda-feira			terça-feira			quarta-feira			quinta-feira			sexta-feira			sábado		
00:00 - 01:00	78	5	83	29	2	31	93	1	94	154	2	156	55	2	57	54	1	55	477	1	478
01:00 - 02:00	66	3	69	11	1	12	46	0	46	77	2	79	29	0	29	27	1	28	237	0	237
02:00 - 03:00	32	0	32	11	1	12	38	0	38	41	0	41	17	0	17	16	0	16	190	1	191
03:00 - 04:00	50	0	50	8	0	8	17	0	17	18	1	19	74	1	75	18	0	18	150	1	151
04:00 - 05:00	29	0	29	4	0	4	13	0	13	20	0	20	65	0	65	28	2	30	133	0	133
05:00 - 06:00	21	0	21	44	0	44	29	2	31	31	1	32	61	1	62	125	0	125	110	1	111
06:00 - 07:00	21	3	24	238	21	259	220	12	232	212	16	228	217	15	232	260	18	278	134	2	136
07:00 - 08:00	38	2	40	1071	28	1099	1001	33	1034	999	25	1024	1082	36	1118	1099	35	1134	240	6	246
08:00 - 09:00	43	3	46	997	27	1024	947	36	983	926	34	960	1021	25	1046	1007	32	1039	463	12	475
09:00 - 10:00	34	6	40	909	23	932	838	24	862	1001	21	1022	1010	18	1028	1016	27	1043	642	12	654
10:00 - 11:00	60	3	63	923	22	945	871	18	889	943	27	970	1019	18	1037	1062	19	1081	763	14	777
11:00 - 12:00	105	8	113	1117	29	1146	1012	26	1038	990	22	1012	1083	24	1107	1108	17	1125	955	11	966
12:00 - 13:00	168	4	172	1343	19	1362	1312	18	1330	1236	23	1259	1318	17	1335	1532	20	1552	1142	11	1153
13:00 - 14:00	174	11	185	1312	28	1340	1394	24	1418	191	4	195	1209	29	1238	1398	20	1418	1056	9	1065
14:00 - 15:00	149	7	156	1201	26	1227	1090	25	1115	205	4	209	144	3	147	1330	20	1350	809	12	821
15:00 - 16:00	161	8	169	1097	27	1124	1212	21	1233	234	3	237	210	4	214	1171	23	1194	850	7	857
16:00 - 17:00	180	7	187	1149	17	1166	1196	17	1213	246	11	257	224	7	231	1155	19	1174	915	11	926
17:00 - 18:00	168	4	172	1260	21	1281	1220	23	1243	161	9	170	250	8	258	1271	23	1294	793	10	803
18:00 - 19:00	162	6	168	1569	22	1591	1724	27	1751	214	4	218	302	8	310	1650	24	1674	917	9	926
19:00 - 20:00	134	3	137	1348	18	1366	1280	19	1299	252	7	259	259	15	274	1261	18	1279	881	5	886
20:00 - 21:00	122	7	129	769	9	778	807	13	820	216	5	221	223	10	233	962	13	975	789	6	795
21:00 - 22:00	109	4	113	545	12	557	686	10	696	165	4	169	125	6	131	827	8	835	659	4	663
22:00 - 23:00	71	2	73	431	8	439	530	10	540	120	7	127	145	6	151	755	10	765	605	7	612
23:00 - 24:00	57	2	59	228	3	231	304	3	307	56	4	60	103	4	107	532	4	536	535	5	540
Total	2232	98	2330	17614	364	17978	17880	362	18242	8708	236	8944	10245	257	10502	19664	354	20018	14445	157	14602

Legenda:

 dados incompletos relativos à quantidade de veículos leves e pesados em determinados períodos. Para estes casos, o IPUF disponibilizou o número total de veículos, porém, não pôde dar garantias de que os valores fornecidos sejam o reflexo do fluxo de automóveis que realmente aconteceu naquela data.

Gráfico 01: Plotagem do Fluxo de veículos diário do mês de junho, com o objetivo de estabelecer uma semana "típica", que se apresente de forma mais regular, para o estabelecimento dos dias da semana ideais para a contagem dos automóveis das vias da área em estudo.

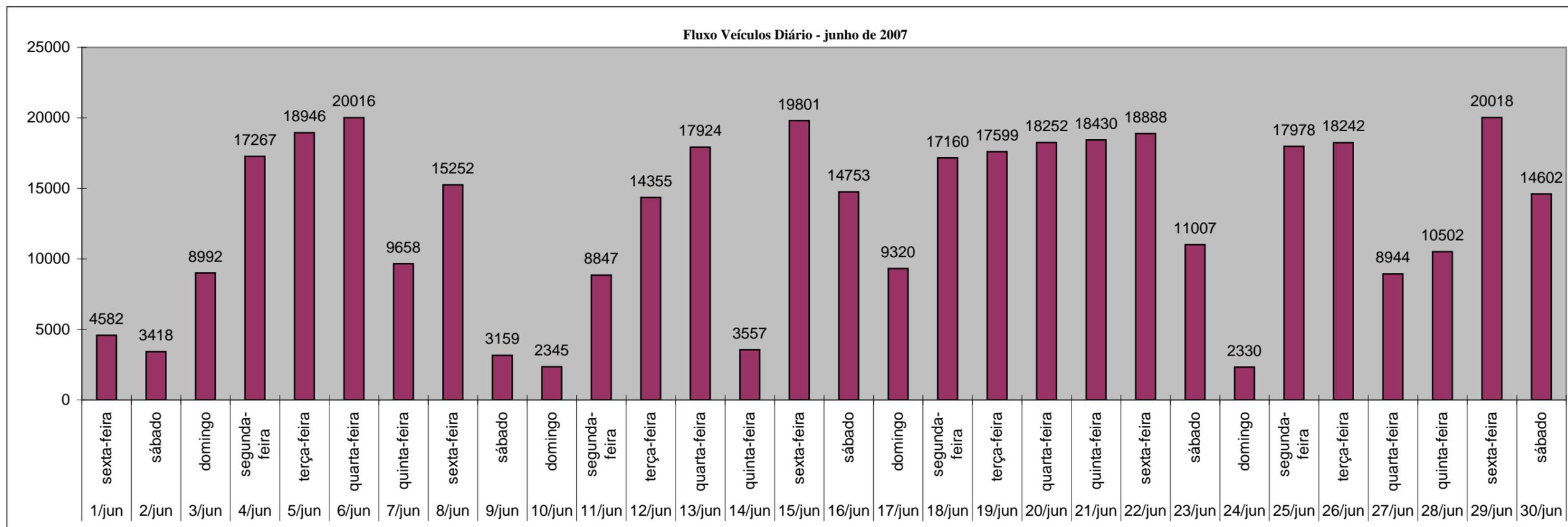


Gráfico 02: Plotagem do fluxo de veículos diário do mês de junho, eliminando dados relativo aos dias: 01, 03, 06, 07, 08, 09, 11, 16 e 17 devido a não garantia, por parte do IPUF, quanto a fiabilidade dos dados fornecidos

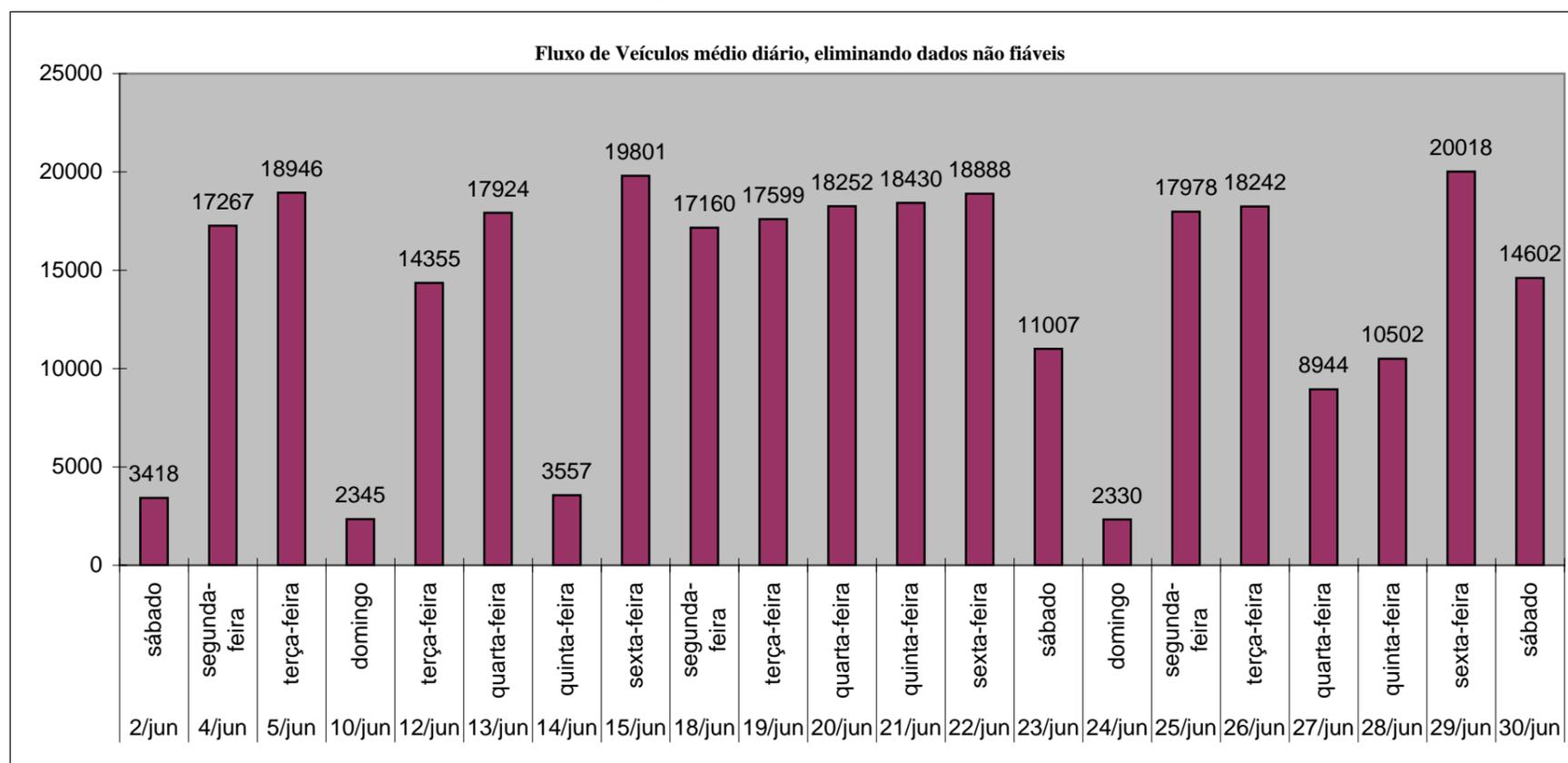


Gráfico 03: Plotagem da semana "típica" definida pela pesquisadora

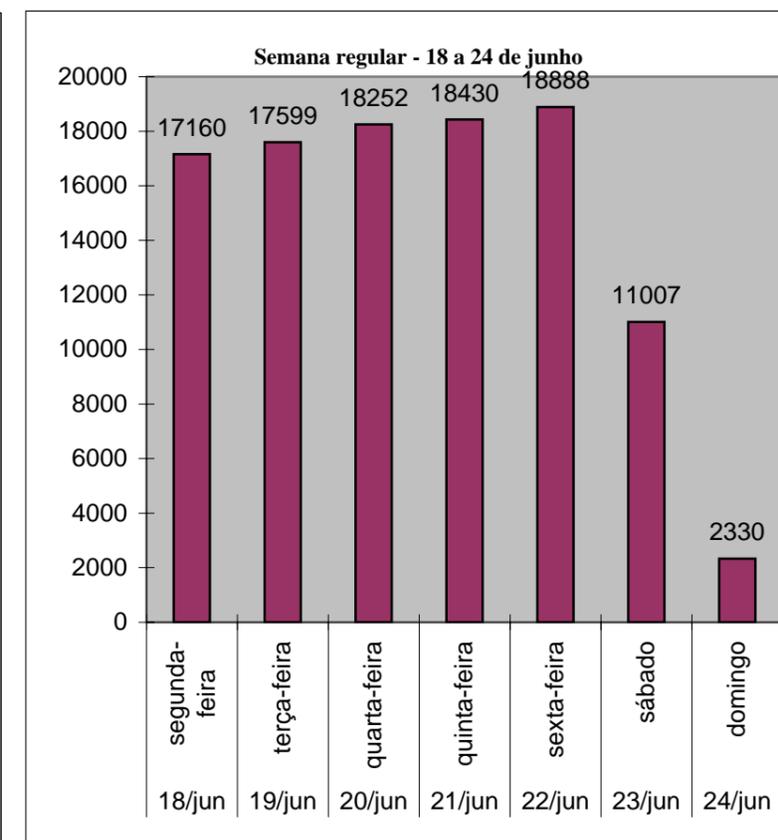


Tabela 02: Definição do fluxo de veículos médio ocorrido por dia, em todas as terças, quartas e quintas-feiras, do mês de junho de 2007.

	5/6/2007	6/6/2007	7/6/2007	12/6/2007	13/6/2007	14/6/2007	19/6/2007	20/6/2007	21/6/2007	26/6/2007	27/6/2007	28/6/2007
	terça-feira	quarta-feira	quinta-feira									
00:00 - 01:00	115	205	716	147	74	50	124	189	254	94	156	57
01:00 - 02:00	38	66	321	52	28	22	58	85	117	46	79	29
02:00 - 03:00	23	57	196	34	11	16	22	41	105	38	41	17
03:00 - 04:00	15	37	104	19	15	13	24	25	83	17	19	75
04:00 - 05:00	10	19	123	18	2	7	14	18	62	13	20	65
05:00 - 06:00	38	39	98	35	45	5	32	40	46	31	32	62
06:00 - 07:00	236	290	127	250	254	40	232	247	242	232	228	232
07:00 - 08:00	973	1049	131	1103	1096	147	975	1060	1010	1034	1024	1118
08:00 - 09:00	1007	1076	184	1115	1036	157	988	942	986	983	960	1046
09:00 - 10:00	862	1057	206	1024	1011	196	913	935	926	862	1022	1028
10:00 - 11:00	1021	1039	349	1032	987	212	888	972	940	889	970	1037
11:00 - 12:00	1105	1243	483	1096	1037	207	1016	950	902	1038	1012	1107
12:00 - 13:00	1339	1469	580	1482	1353	232	1359	1331	1309	1330	1259	1335
13:00 - 14:00	1437	1556	610	1517	1356	145	1348	1273	1392	1418	195	1238
14:00 - 15:00	1293	1244	593	1260	1121	198	1066	1203	1159	1115	209	147
15:00 - 16:00	1200	1312	623	1183	1172	232	1094	1041	1046	1233	237	214
16:00 - 17:00	1166	1287	640	1048	1196	260	1100	1132	1056	1213	257	231
17:00 - 18:00	1363	1403	700	275	1230	221	1240	1335	1170	1243	170	258
18:00 - 19:00	1698	1427	676	340	1578	323	1641	1648	1669	1751	218	310
19:00 - 20:00	1326	1488	623	324	1217	289	1158	1466	1331	1299	259	274
20:00 - 21:00	902	1016	522	312	833	200	817	855	945	820	221	233
21:00 - 22:00	745	837	405	332	724	157	605	654	698	696	169	131
22:00 - 23:00	680	471	308	245	455	136	594	471	584	540	127	151
23:00 - 24:00	354	329	340	112	93	92	291	339	398	307	60	107
Média Diária	789	834	402	598	747	148	733	761	768	760	373	438

Legenda:

	fluxo de veículos anterior e posterior à ocorrência da média diária considerado para o estabelecimento do horário de contagem dos dados em campo
	fluxo de veículos anterior e posterior à ocorrência da média diária, fora dos padrões encontrados, que foi desconsiderado para o estabelecimento do horário de contagem dos dados em campo

Gráfico 04: Gráficos com plotagem do fluxo de veículos por hora - dias 05, 06 e 07 de junho de 2007.

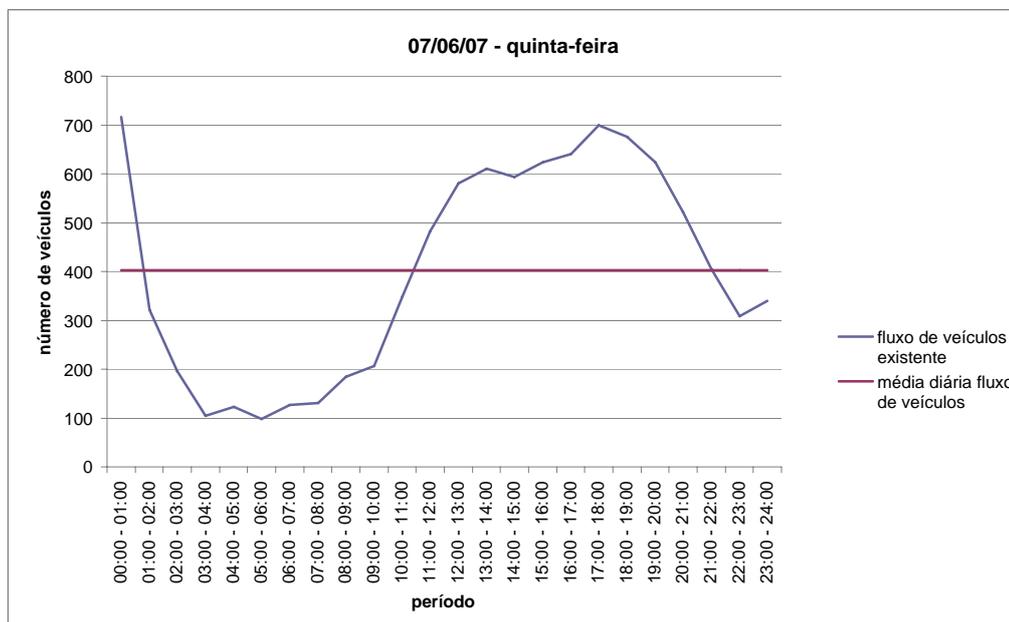
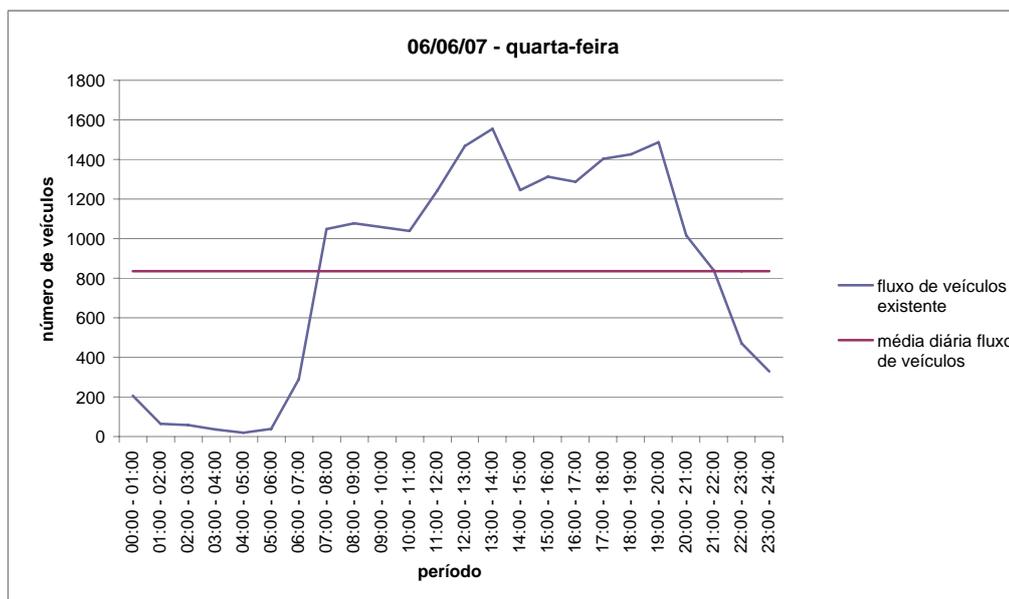
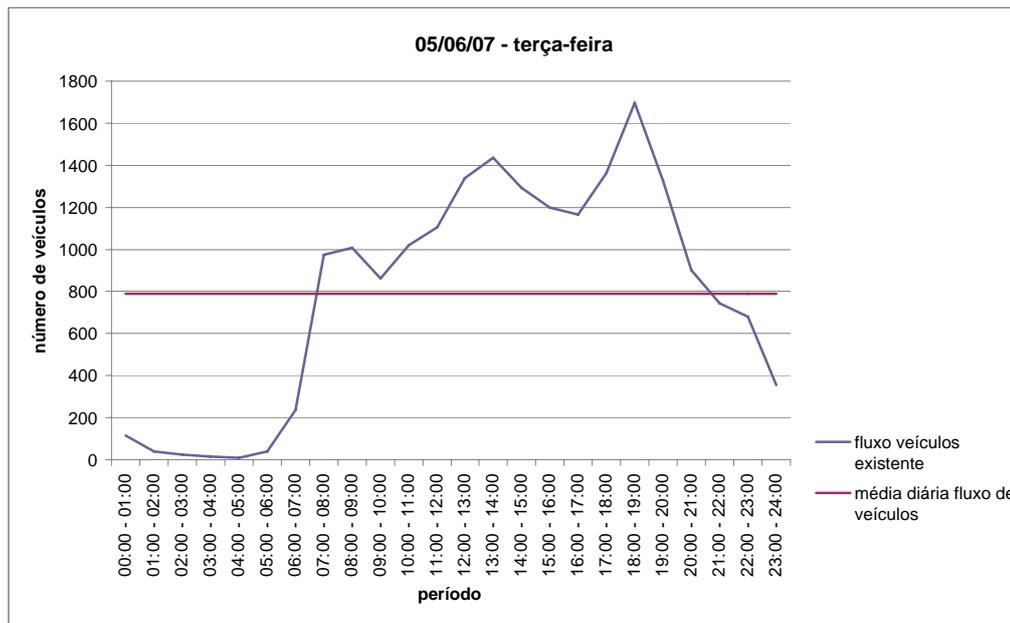


Gráfico 05: Gráficos com plotagem do fluxo de veículos por hora - dias 12, 13 e 14 de junho de 2007.

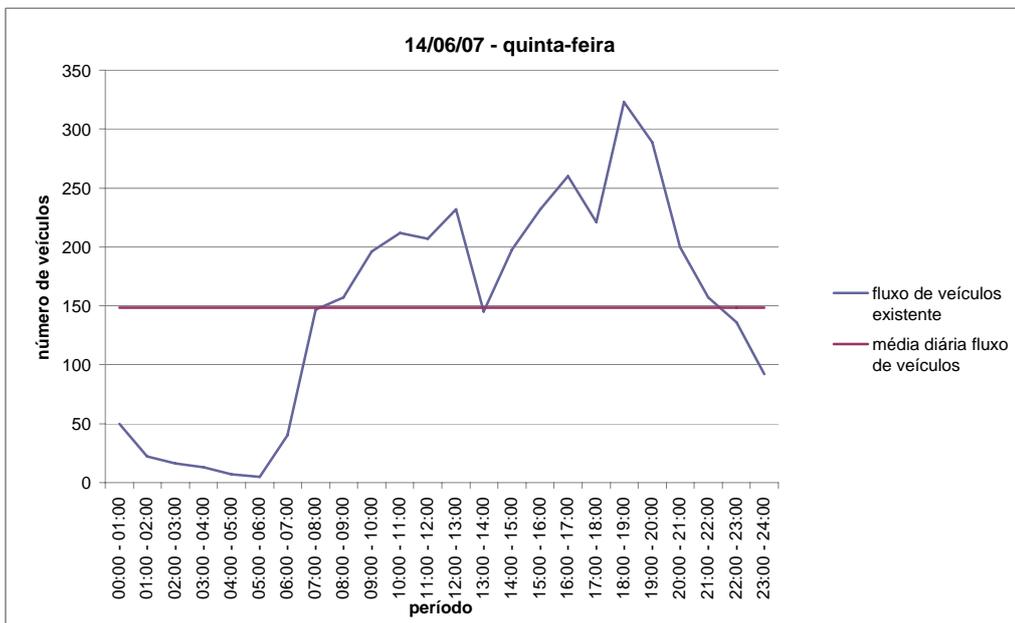
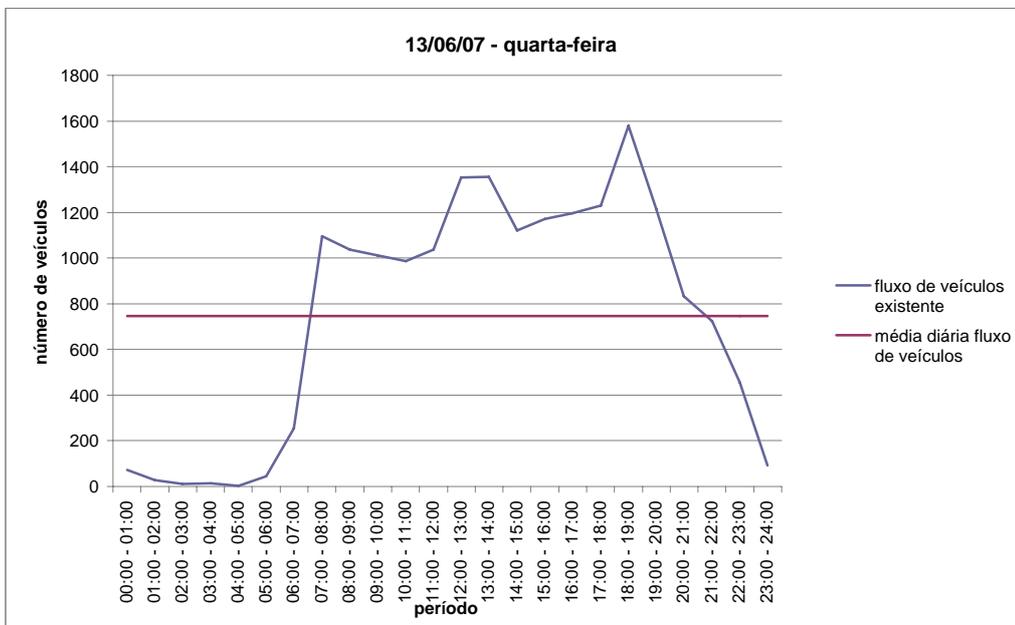
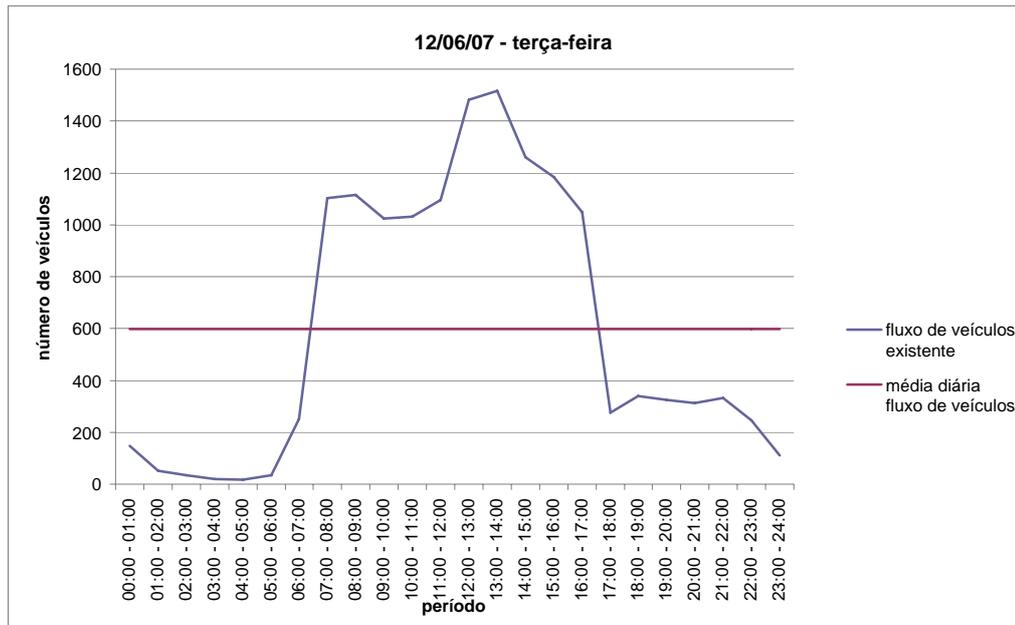


Gráfico 06: Gráficos com plotagem do fluxo de veículos por hora - dias 19, 20 e 21 de junho de 2007.

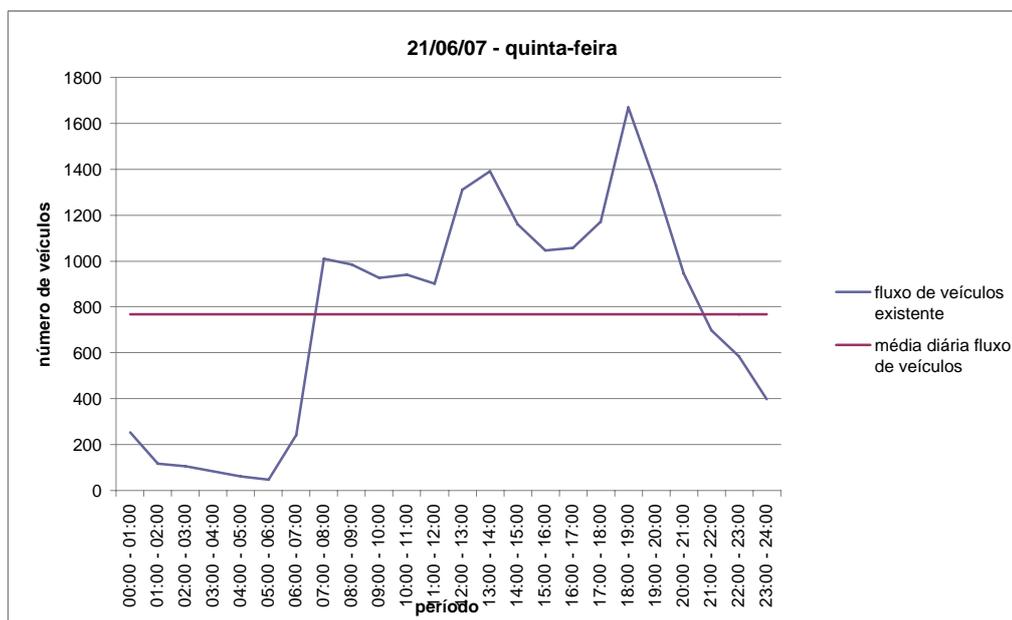
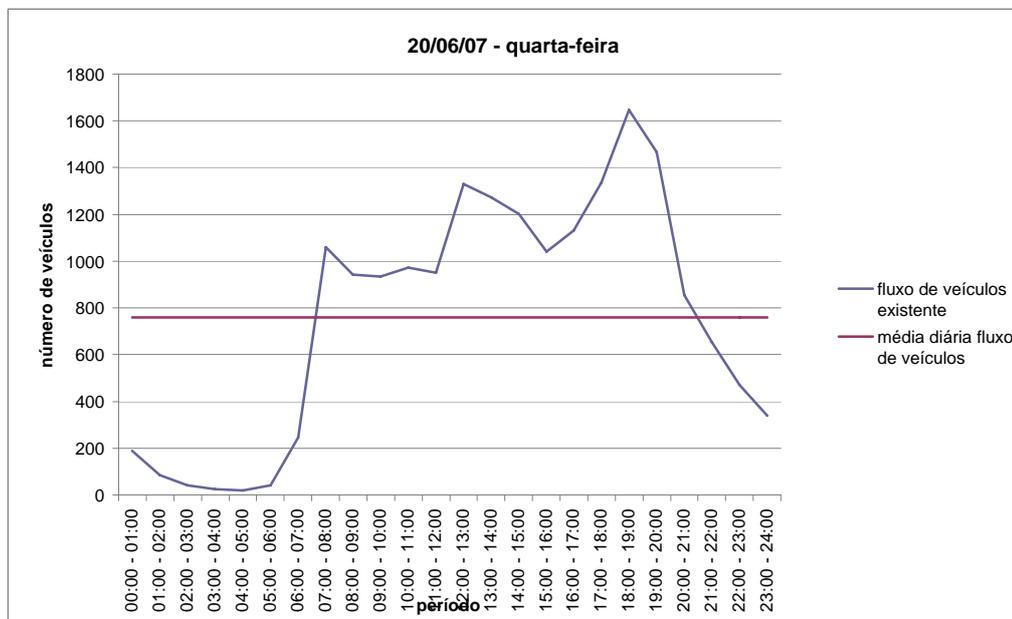
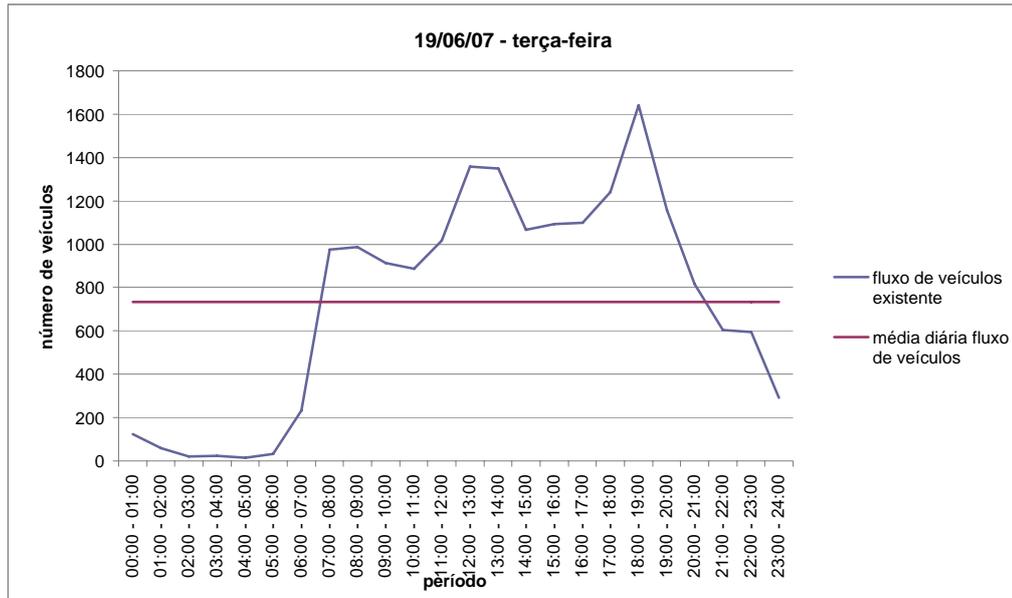


Gráfico 07: Gráficos com plotagem do fluxo de veículos por hora - dias 26, 27 e 28 de junho de 2007.

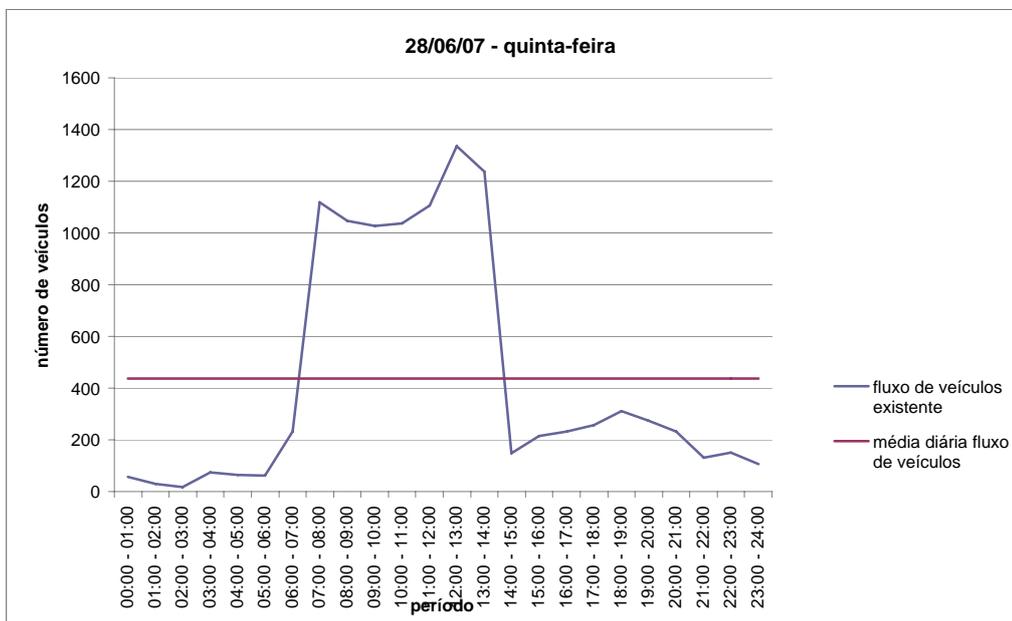
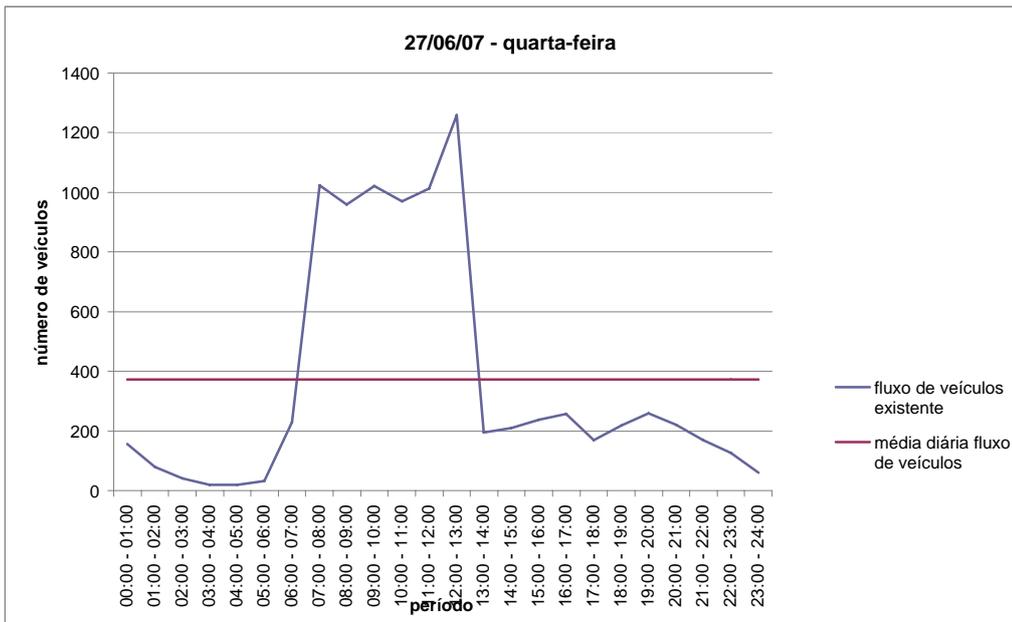
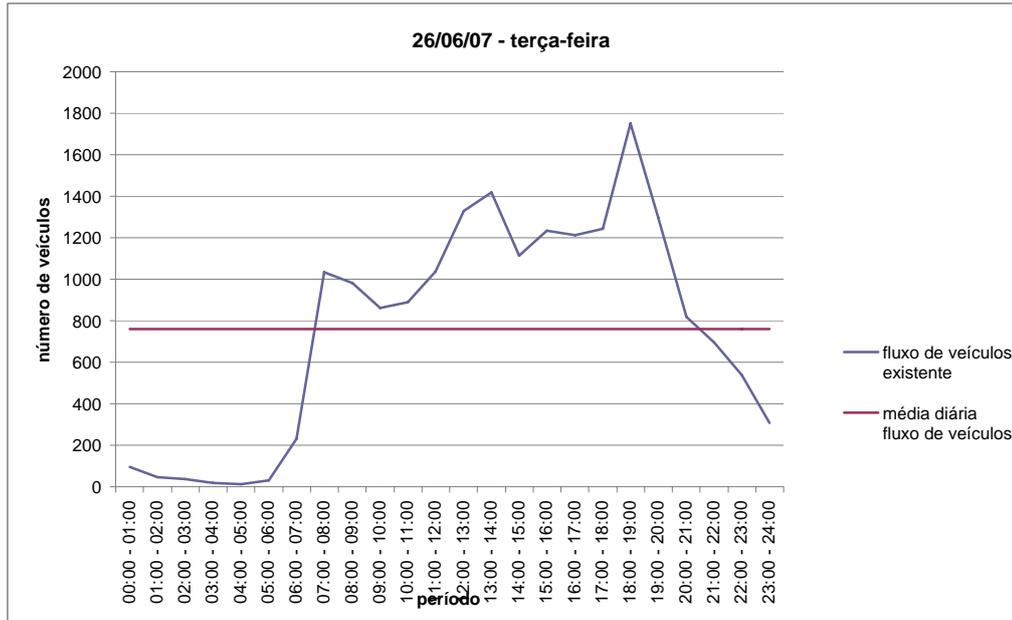


Tabela 03: Cálculo para definição do horário da ocorrência do fluxo médio de veículos, a partir dos dados fornecidos pelo IPUF, para os dias da semana: terças, quartas e quintas-feiras, do mês de junho de 2007.

dia	dia da semana	fluxo médio de veículos	horário anterior e posterior ao fluxo médio de veículos	fluxo de veículos anterior e posterior à ocorrência do fluxo médio	horário anterior e posterior ao fluxo médio de veículos	fluxo de veículos anterior e posterior à ocorrência do fluxo médio	Horário de ocorrência do fluxo médio de veículos - dia	Horário de ocorrência do fluxo médio de veículos - noite
5/jun	terça-feira	789	06:30	236	20:30	902	07:15	20:46
			07:30	973	21:30	745		
6/jun	quarta-feira	834	06:30	290			07:13	
			07:30	1049				
7/jun	quinta-feira	402						
12/jun	terça-feira	598	06:30	250			06:54	
			07:30	1103				
13/jun	quarta-feira	747	06:30	254	20:30	833	07:05	20:42
			07:30	1096	21:30	724		
14/jun	quinta-feira	148						
19/jun	terça-feira	733	06:30	232	20:30	817	07:10	21:06
			07:30	975	21:30	605		
20/jun	quarta-feira	761	06:30	247	20:30	855	07:07	21:01
			07:30	1060	21:30	654		
21/jun	quinta-feira	768	06:30	242	20:30	945	07:11	20:47
			07:30	1010	21:30	698		
26/jun	terça-feira	760	06:30	232	20:30	820	07:09	21:00
			07:30	1034	21:30	696		
27/jun	quarta-feira	373	06:30	228			06:40	
			07:30	1024				
28/jun	quinta-feira	438	06:30	232			06:43	
			07:30	1118				
média do horário de ocorrência do fluxo médio de veículos							07:03	20:54

Legenda:

 Horários fora dos padrões encontrados, que foram desconsiderados para o cálculo da média

ANEXO III

Resultado das medições dos níveis sonoros realizadas nos anos de 2007 e 2008, para posterior validação dos resultados obtidos através do *software SoundPLAN*[®].

Tabela 1: Medições dos níveis sonoros, realizadas no ano de 2007 em horários de pico do fluxo de tráfego.

data da medição	numeração do ponto de medição	Vias	Valores Medidos - L_{eq}			Média Ponderada dos Valores Medidos[dB(A)]
			08:00 - 09:00	11:00 - 12:00	17:00 - 18:00	
29/8/2007	1	Avenida Mauro Ramos	75,7	74,3	74,5	74,9
	2	Avenida Mauro Ramos	74,3	73,8	75,9	74,8
	3	Rua Crispim Mira	61,4	62,9		62,2
	4	Rua Ferreira Lima	63,2	64,4		63,8
	5	Rua Almirante Alvin	68,1	68,2		68,2
	6	Rua D. Joaquim	66,7	67,3		67,0
30/8/2007	7	Avenida Trompowsky		68,7		68,7
	8	Rua Victor Konder		74,4		74,4
	9	Rua Alves de Brito		63,3		63,3
	10	Rua Rafael Bandeira		62,2		62,2
	11	Rua AltamiroGuimarães		70,6		70,6
	12	Rua Bocaiuva		67,2		67,2
4/9/2007	13	Avenida Trompowsky	70,6	70,7	69,2	70,2
	14	Rua Bocaiuva	74,2	75,8	72,5	74,4
	15	Rua Othon Gama D'Eça	70,4	72,9	72,8	72,2
	16	Rua Othon Gama D'Eça	73,8	73,1	72,8	73,3
	17	Rua Esteves Júnior	63,7	66,9	66,5	65,9
	18	Avenida Rio Branco	69,3	70,9	70,8	70,4
	19	Avenida Rio Branco	70,5	71,6	73,4	72,0
5/9/2007	20	Avenida Beira Mar 2	80,6	79,1	78,8	79,6
	21	Rua Barão de Batovi	64,5	64,9	68,1	66,2
	22	Rua Presidente Coutinho	69,1	62,5	63,8	66,1

Legenda:



dados acústicos não coletados devido às más condições do tempo para realizar medições

Tabela 2: Medições dos níveis sonoros, realizadas no ano de 2008, nos horários em que ocorre o fluxo de veículos médio do dia.

numeração do ponto de medição	Vias	Valores Medidos - L _{eq}				Média Ponderada dos Valores Medidos[dB(A)]
		24/6/2008		25/6/2008	26/6/2008	
		06:45-07:23	20:53-21:31	06:45-07:23	06:45-07:23	
23	Rua Almirante Alvin	67,1	67,1	66,4		66,9
24	Rua Presidente Coutinho	64,2	66,6	63,3	65,8	65,2
25	Avenida Rio Branco	72,6	67,5	69,8	71	70,6

Legenda:

 dados acústicos não coletados devido às más condições do tempo para realizar medições

ANEXO IV

Resultado da medição dos níveis sonoros por hora, das 07h20m às 20h, realizada em 22 de agosto de 2007, para posterior coleta do fluxo de tráfego nos horários de pico encontrados.

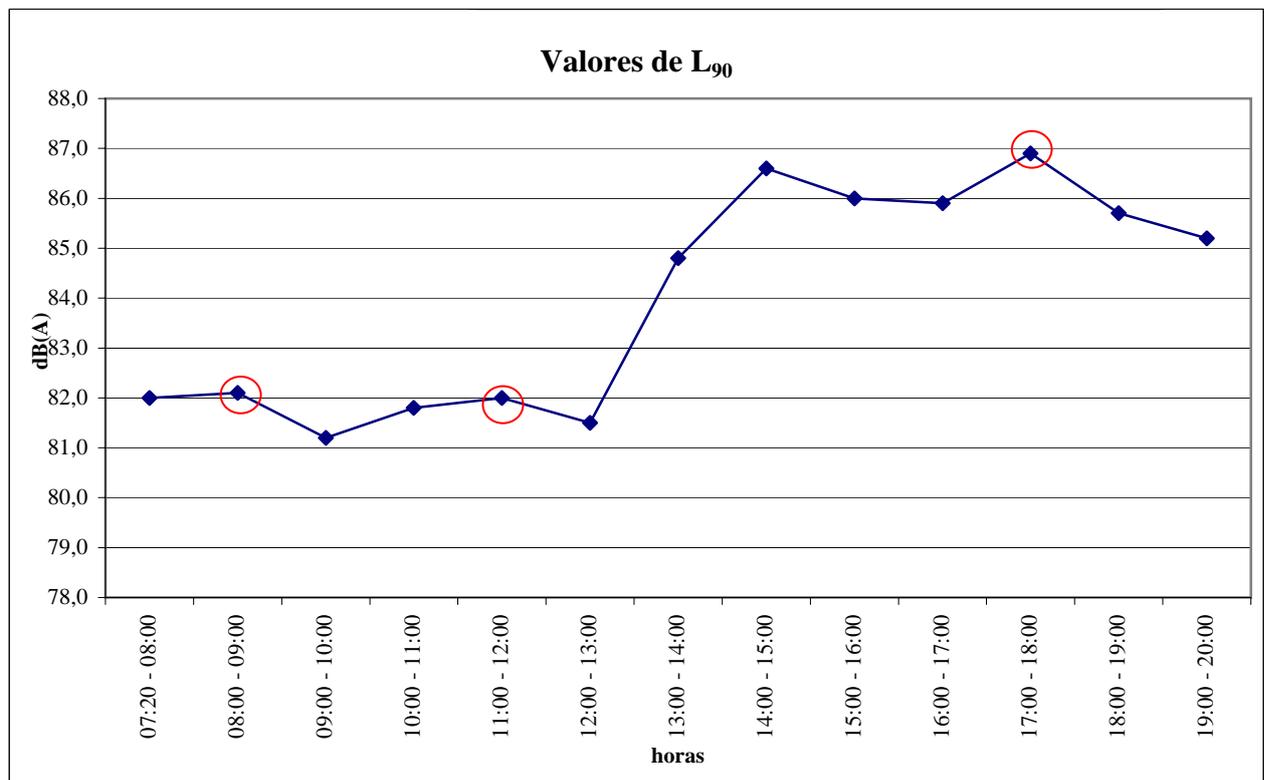
Tabela 1: Resultado da medição realizada por tempo integral, na avenida Othon Gama D'Eça, próximo ao cruzamento da Rua Bocaiuva, no dia 22 de agosto de 2007, com o objetivo de estabelecer os horários em que ocorrem os níveis sonoros máximos para o local.

tempo de medição		L_{eq}	$L_{m\acute{a}x}$	$L_{m\acute{i}n}$	L_1	L_5	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{95}	L_{99}
início	término	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
7:20	8:00	71,8	88,3	56,3	95,6	92,5	91,0	86,1	82,0	80,8	78,4
8:00	9:00	73,1	97,7	55,7	97,3	94,2	92,4	87,0	82,1	80,6	76,3
9:00	10:00	73,0	93,2	55,0	95,6	92,2	90,5	85,7	81,2	79,8	76,6
10:00	11:00	73,0	96,1	56,6	95,0	92,1	90,6	86,0	81,8	80,4	77,4
11:00	12:00	72,2	88,7	55,3	94,9	91,7	90,2	85,8	82,0	80,7	77,7
12:00	13:00	71,6	89,6	53,7	94,8	92,0	90,5	85,9	81,5	80,0	77,0
13:00	14:00	72,4	92,5	55,7	97,9	95,2	93,9	89,1	84,8	83,7	81,7
14:00	15:00	72,4	95,4	56,3	100,2	97,5	96,1	91,2	86,6	85,4	83,2
15:00	16:00	72,1	92,1	55,6	99,8	97,0	95,5	90,5	86,0	84,8	82,6
16:00	17:00	78,2	108,0	56,5	100,6	97,5	95,9	90,6	85,9	84,7	82,6
17:00	18:00	73,2	91,3	58,0	100,9	98,3	96,8	91,6	86,9	85,8	83,8
18:00	19:00	72,0	92,9	56,3	99,6	96,8	95,3	90,2	85,7	84,6	82,5
19:00	20:00	72,3	95,1	56,3	99,2	96,3	94,8	89,7	85,2	84,0	82,0
Valores Médios		72,4	92,7	55,9	97,6	94,7	93,1	88,2	84,0	82,6	79,9

Legenda:

 Valores desconsiderados para efeito de média, devido à inexperiência por parte da pesquisadora, que no caso, não pausou o equipamento em dois momentos em que uma ambulância com a sirene ligada parou em frente ao mesmo. Desta forma, o valor de L_{eq} , subiu consideravelmente, não refletindo os níveis sonoros existentes normalmente neste período para este local.

Gráfico 1: Valores para L_{90} encontrados na medição de tempo integral, com o objetivo de visualizar os horários dos níveis sonoros máximos encontrados para uma posterior coleta de fluxo de veículos.



ANEXO V

Resultados dos níveis sonoros calculados nos pontos dos receptores, através do *software* *SoundPLAN*[®].

Tabela 1: Resumo do Modelo Acústico Gerado, referente ao cálculo dos níveis sonoros nos receptores, através do *Software SoundPLAN®*

Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano		Pág. 1
Cálculo dos níveis sonoros nos pontos de medição		
<u>Project description</u>		
Project title:	Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano	
Engineer:	Aline Ventura Nardi	
Customer:	Dissertação de Mestrado	
Description:	Estudo de Caso - Área Central da cidade de Florianópolis	
<u>Run description</u>		
Calculation:	Single Point Sound	
Title:	Cálculo pontos medição - altura correta e definição dos usos	
Run file:	New File.run	
Result number:	22	
Calculation start:	13/8/2008 09:25:46	
Calculation end:	13/8/2008 09:28:42	
Calculation time [ms]:	173169	
No. of points:	23	
No. of calculated points:	23	
Kernel version:	14/8/2006	
<u>Run parameters</u>		
Angle increment:	1,00 deg	
Reflection depth:	1	
Number of reflections:	2	
Maximal search radius	5000	
Weighting:	dB(A)	
Calculation with side screening		
Source side reflection precalculation enabled		
Standards:		
Roads:	RLS 90	
Emission according to:	RLS90	
Assessment:	Lden (EU)	
<u>Geometry data</u>		
RDGM9999.dgm	30/7/2008 21:41:36	
DXF_VIEWPORT.geo	30/7/2008 22:49:30	
Curvas_prédios_vias_atenua_recep_sinal.sit	13/8/2008 09:24:14	
- contains:		
DXF_1_ANDAR.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_10_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	

Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano		Pág. 2
Cálculo dos níveis sonoros nos pontos de medição		
DXF_11_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_12_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_2_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_3_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_4_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_5_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_6_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_7_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_8_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_9_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_ÁREA_DE_ATENUAÇÃO.geo		4/8/2008 17:41:04
DXF_CN - NÍVEL_0.geo	13/8/2008 05:16:00	
DXF_PONTOS_DE_MEDIÇÃO.geo		13/8/2008 09:24:14
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_ALVES_DE_B.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_BEIRAMAR.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_BOCAIUVA.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_MAURO_RAMO.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_OTHON_GAMA.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_RIO_BRANCO.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_SECUNDÁRIAS.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_TERCÍARIAS.geo		13/8/2008 08:06:00
New geofile.geo	4/8/2008 11:31:40	

Tabela 2: Níveis Sonoros Calculados, limites estabelecidos pelo Zoneamento do Plano Diretor Municipal de Florianópolis e conflito encontrado.

Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano													Pág. 2
Níveis Sonoros Calculados - Limites Estabelecidos em Lei - Diferenças encontradas													
Name	Usage	Lden	Ld	Le	Ln	Lden,lim	Ld,lim	Le,lim	Ln,lim	Lden,diff	Ld,diff	Le,diff	Ln,diff
		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	AMC	74,8	72,2	71,2	66,6	65,0	65,0	60,0	55,0	9,8	7,2	11,2	11,6
10	ARP	61,5	58,8	57,8	53,2	60,0	60,0	55,0	50,0	1,5	-1,2	2,8	3,2
11	AMC	68,8	66,2	65,2	60,5	65,0	65,0	60,0	55,0	3,8	1,2	5,2	5,5
12	ATR	70,4	67,9	66,9	62,0	65,0	65,0	60,0	55,0	5,4	2,9	6,9	7,0
13	AVL	67,9	65,4	64,3	59,6	60,0	60,0	55,0	50,0	7,9	5,4	9,3	9,6
14	ATR	71,6	69,1	68,1	63,1	65,0	65,0	60,0	55,0	6,6	4,1	8,1	8,1
15	ATR	72,6	70,1	69,1	64,3	65,0	65,0	60,0	55,0	7,6	5,1	9,1	9,3
16	AMC	70,7	68,2	67,2	62,3	65,0	65,0	60,0	55,0	5,7	3,2	7,2	7,3
17	AMC	64,8	61,0	60,2	57,3	65,0	65,0	60,0	55,0	-0,2	-4,0	0,2	2,3
18	AMC	69,1	66,8	65,7	60,5	65,0	65,0	60,0	55,0	4,1	1,8	5,7	5,5
19	AMC	70,4	68,0	66,9	61,9	65,0	65,0	60,0	55,0	5,4	3,0	6,9	6,9
2	AMC	72,0	69,3	68,3	63,7	65,0	65,0	60,0	55,0	7,0	4,3	8,3	8,7
20	AVL	75,7	73,3	72,2	67,2	60,0	60,0	55,0	50,0	15,7	13,3	17,2	17,2
21	ARP	64,5	61,6	60,6	56,4	60,0	60,0	55,0	50,0	4,5	1,6	5,6	6,4
22	AMC	65,1	62,6	61,5	56,8	65,0	65,0	60,0	55,0	0,1	-2,4	1,5	1,8
24	ARP	65,8	62,9	61,9	57,8	60,0	60,0	55,0	50,0	5,8	2,9	6,9	7,8
25	AMC	71,0	68,5	67,5	62,6	65,0	65,0	60,0	55,0	6,0	3,5	7,5	7,6
3	AMC	63,8	60,9	59,9	55,8	65,0	65,0	60,0	55,0	-1,2	-4,1	-0,1	0,8
4	ARP	62,0	59,4	58,4	53,7	60,0	60,0	55,0	50,0	2,0	-0,6	3,4	3,7
5/23	AMC	66,9	64,3	63,3	58,6	65,0	65,0	60,0	55,0	1,9	-0,7	3,3	3,6
6	ARP	68,1	65,2	64,3	60,2	60,0	60,0	55,0	50,0	8,1	5,2	9,3	10,2
8	AMC	70,9	68,2	67,2	62,6	65,0	65,0	60,0	55,0	5,9	3,2	7,2	7,6
9	ARP	63,8	60,2	59,4	56,2	60,0	60,0	55,0	50,0	3,8	0,2	4,4	6,2

SoundPLAN 6 - 14/8/2006

Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano													Pág. 1
Níveis Sonoros Calculados - Limites Estabelecidos em Lei - Diferenças encontradas													

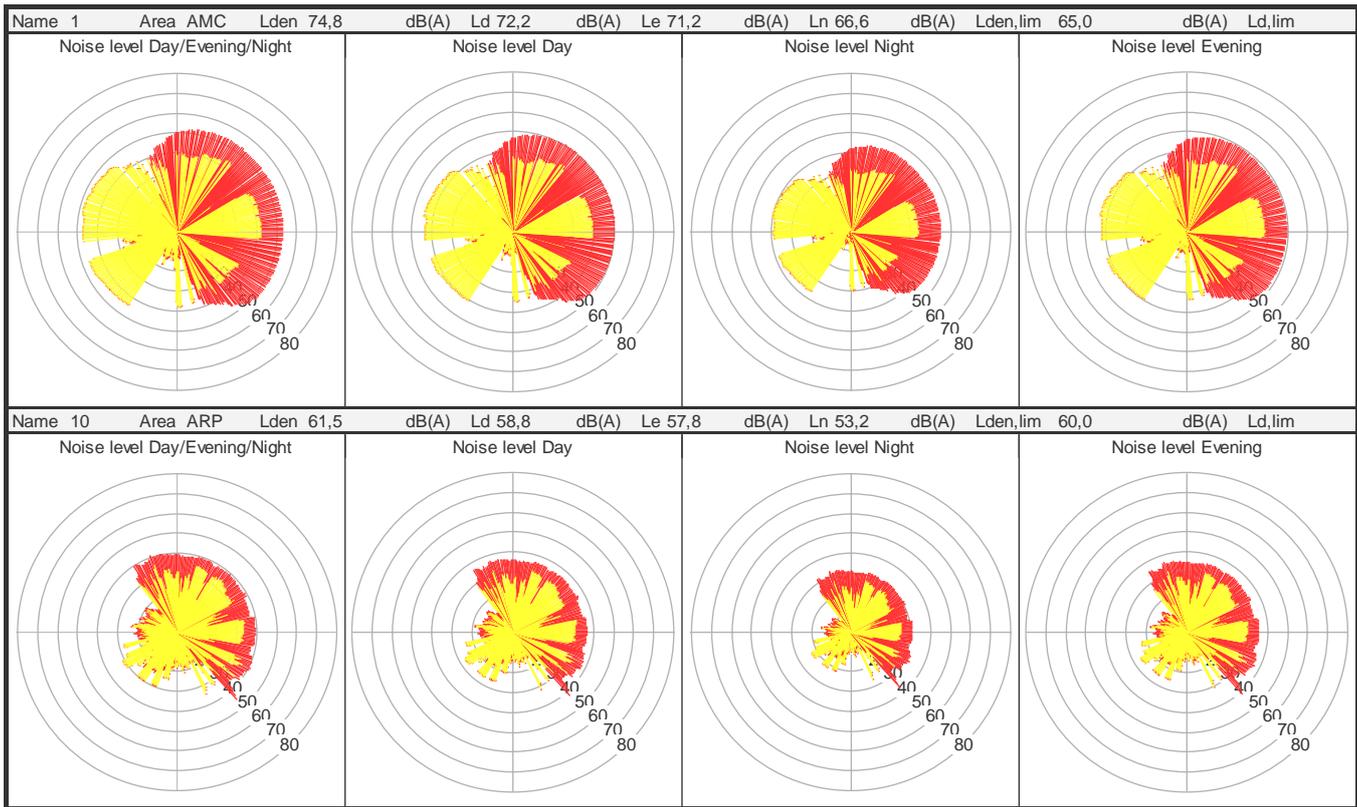
Legend

Name		Ponto em que fora realizada a medição e cálculo
Usage		Uso segundo zoneamento Plano Diretor Florianópolis (1999)
Lden	dB(A)	Nível Sonoro (dia, entardecer, noite)
Ld	dB(A)	Nível Sonoro Dia
Le	dB(A)	Nível Sonoro Entardecer
Ln	dB(A)	Nível Sonoro Noite
Lden,lim	dB(A)	Nível Sonoro (dia, entardecer, noite) - limite estabelecido pela Lei Complementar CMF n.003/99
Ld,lim	dB(A)	Nível Sonoro Dia - limite estabelecido pela Lei Complementar CMF n.003/99
Le,lim	dB(A)	Nível Sonoro Entardecer - limite estabelecido pela Lei Complementar CMF n.003/99
Ln,lim	dB(A)	Nível Sonoro Noite - limite estabelecido pela Lei Complementar CMF n.003/99
Lden,diff	dB(A)	Lden - Diferença entre o nível sonoro encontrado e o limite estabelecido em lei
Ld,diff	dB(A)	Ld - Diferença entre o nível sonoro encontrado e o limite estabelecido em lei
Le,diff	dB(A)	Le - Diferença entre o nível sonoro encontrado e o limite estabelecido em lei
Ln,diff	dB(A)	Ln - Diferença entre o nível sonoro encontrado e o limite estabelecido em lei

SoundPLAN 6 - 14/8/2006

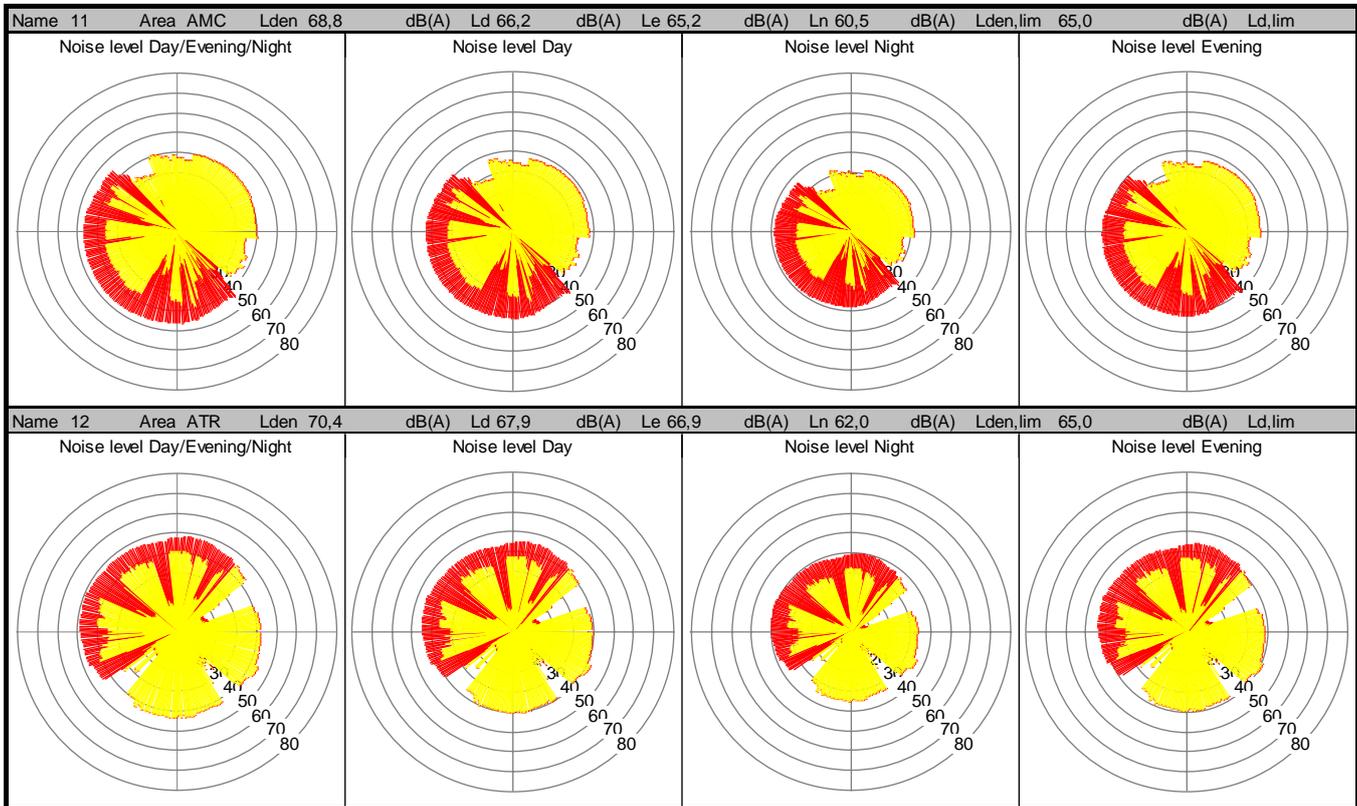
Gráfico 1: Espectro de frequência nos pontos do receptor.

Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano Espectro de Frequência no Receptor	Pág. 1
--	--------



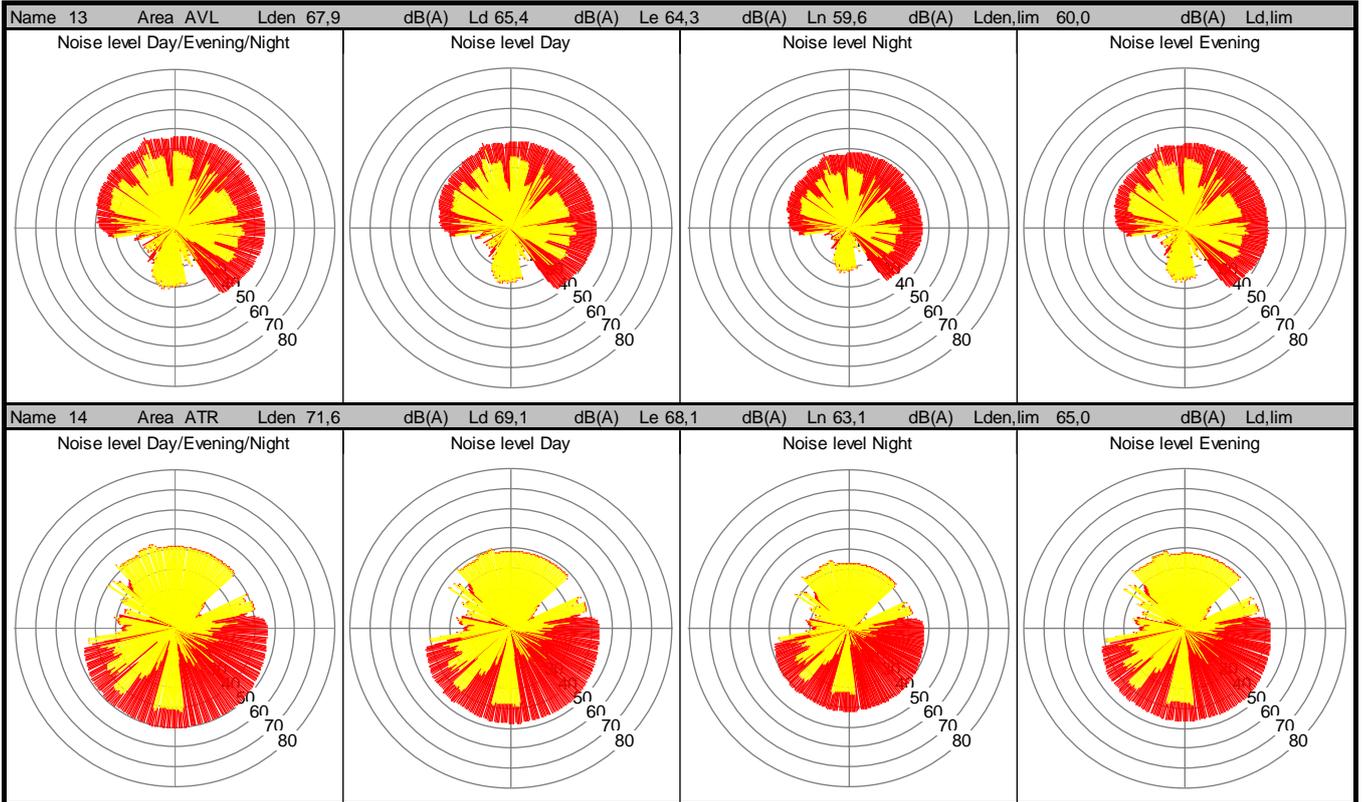
SoundPLAN 6 - 14/8/2006

Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano Espectro de Frequência no Receptor	Pág. 2
--	--------

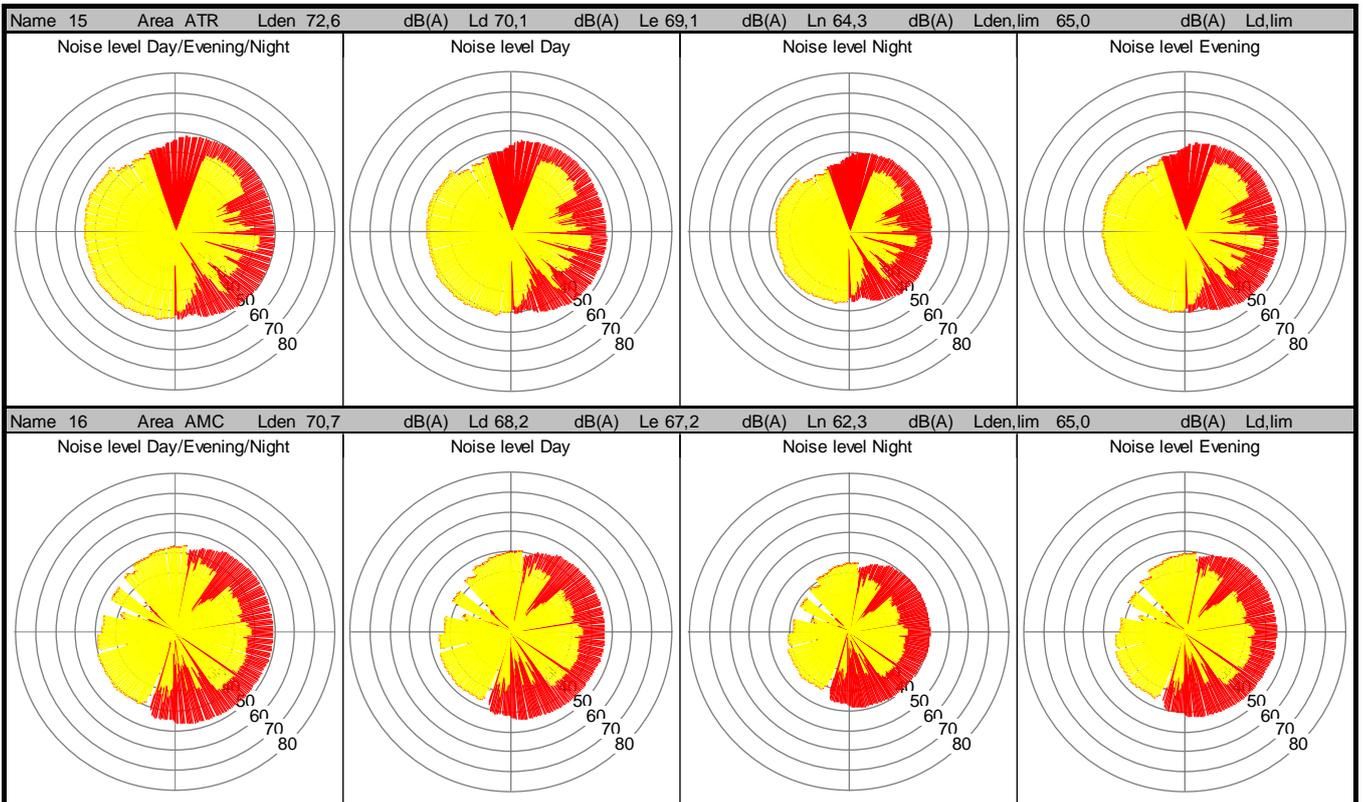


SoundPLAN 6 - 14/8/2006

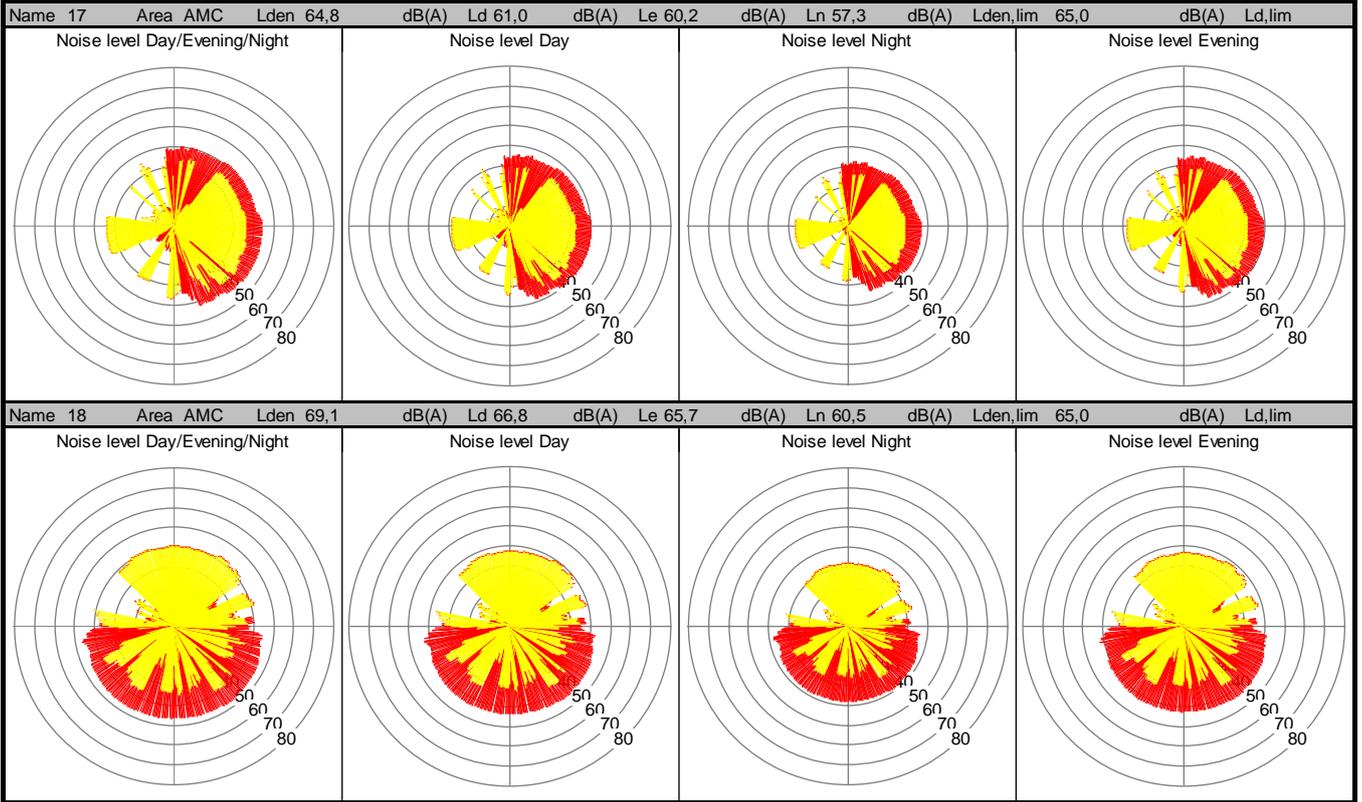
**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**



**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**

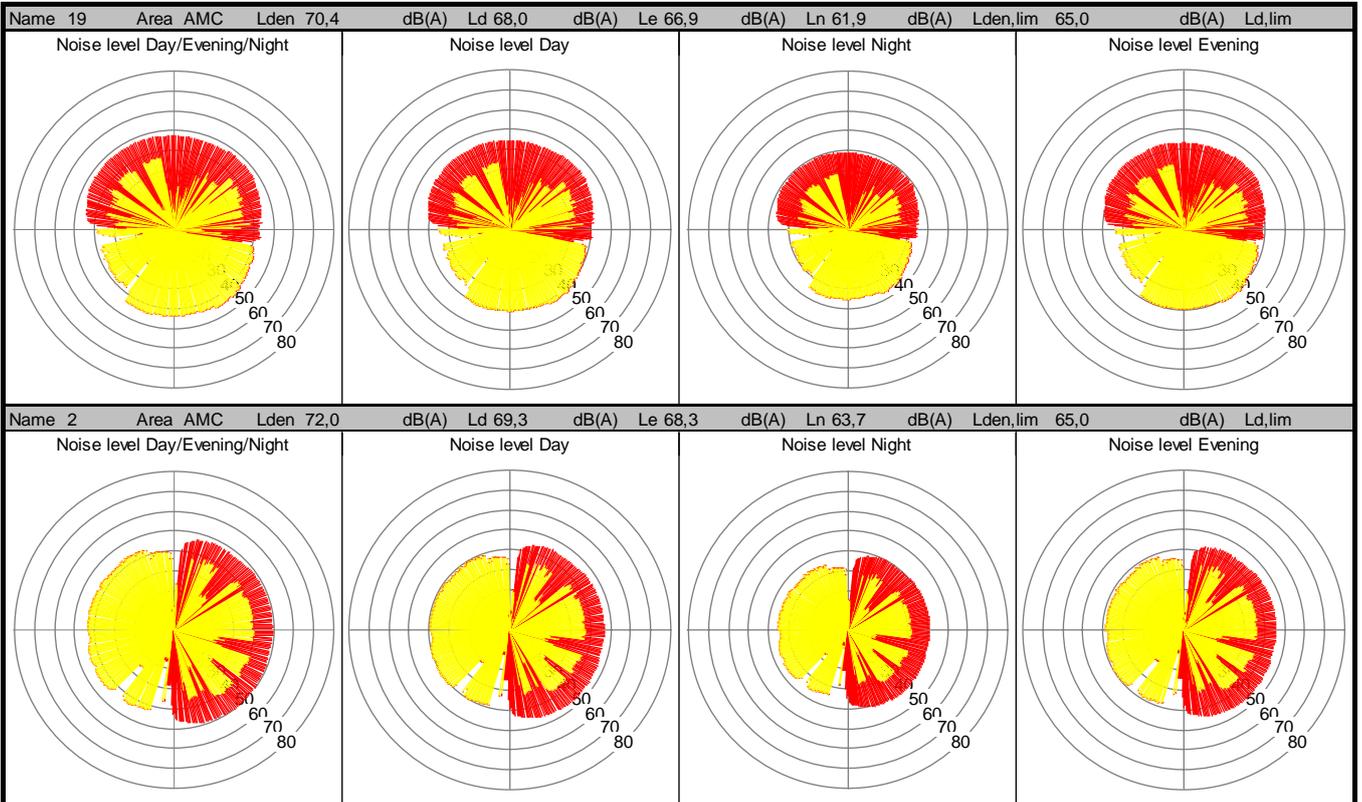


**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**



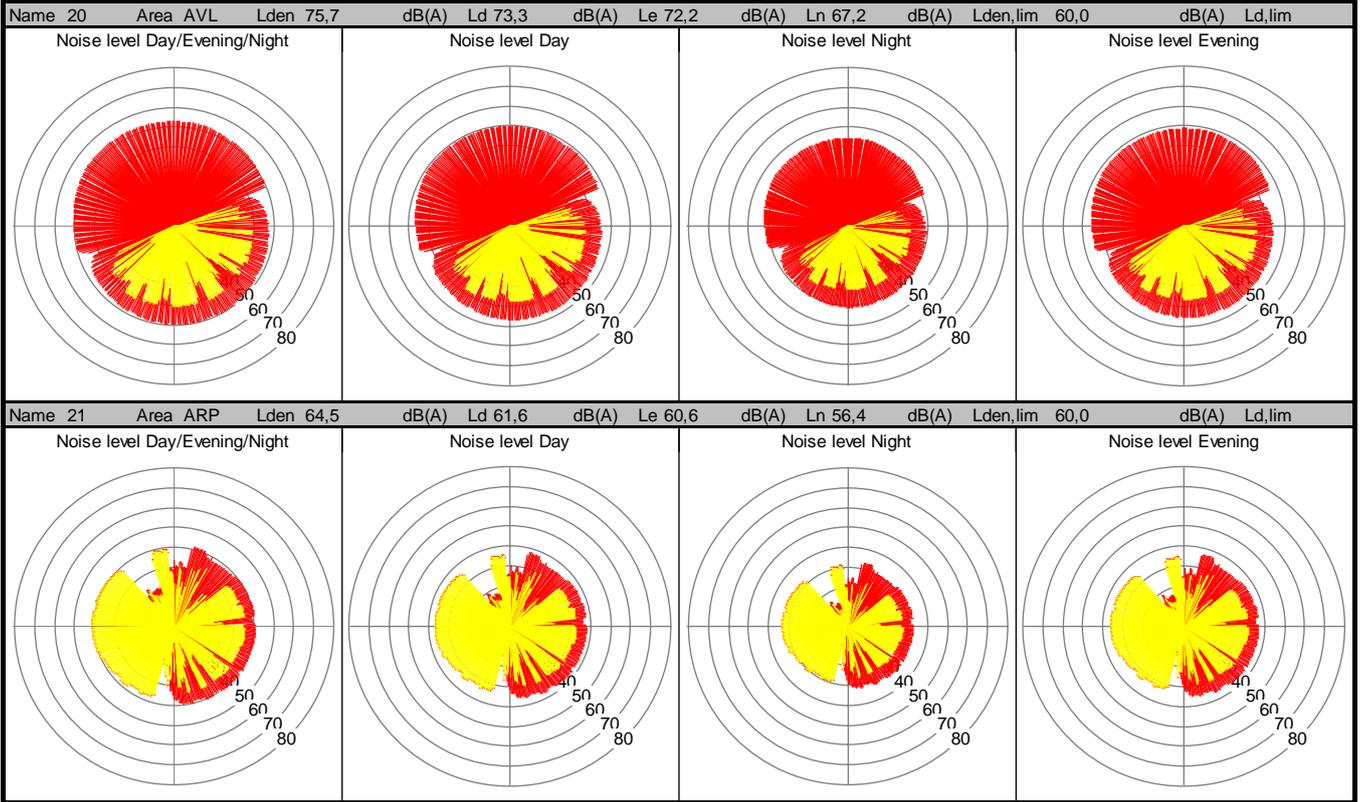
SoundPLAN 6 - 14/8/2006

**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**

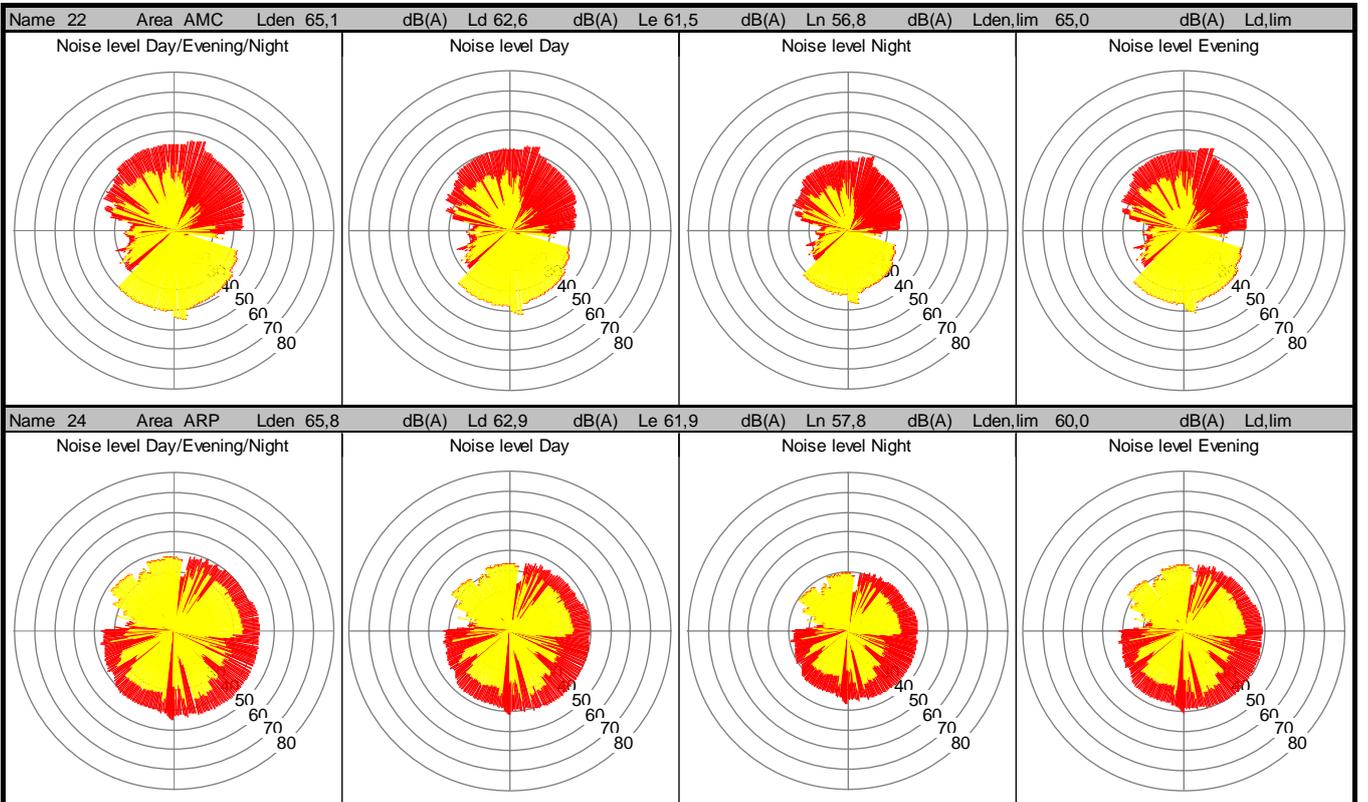


SoundPLAN 6 - 14/8/2006

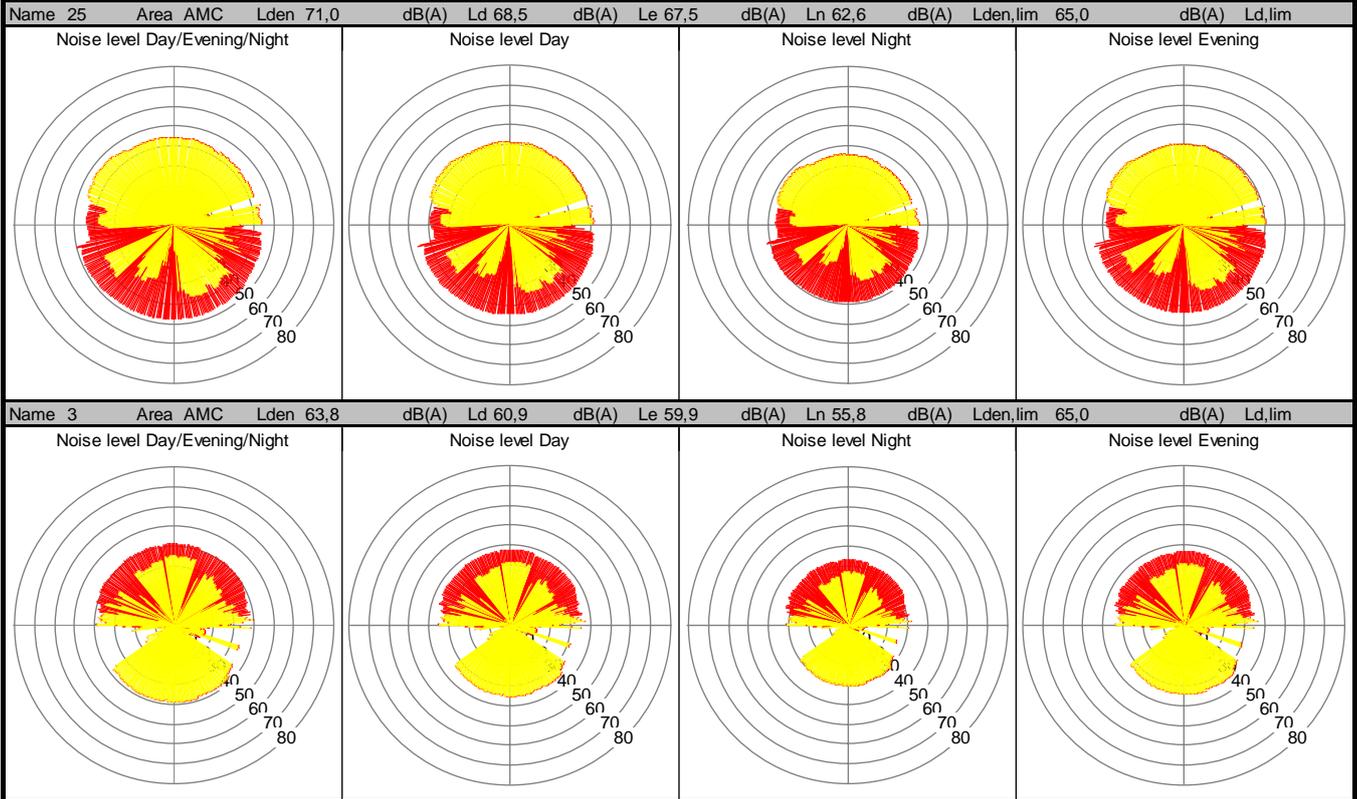
**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**



**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**

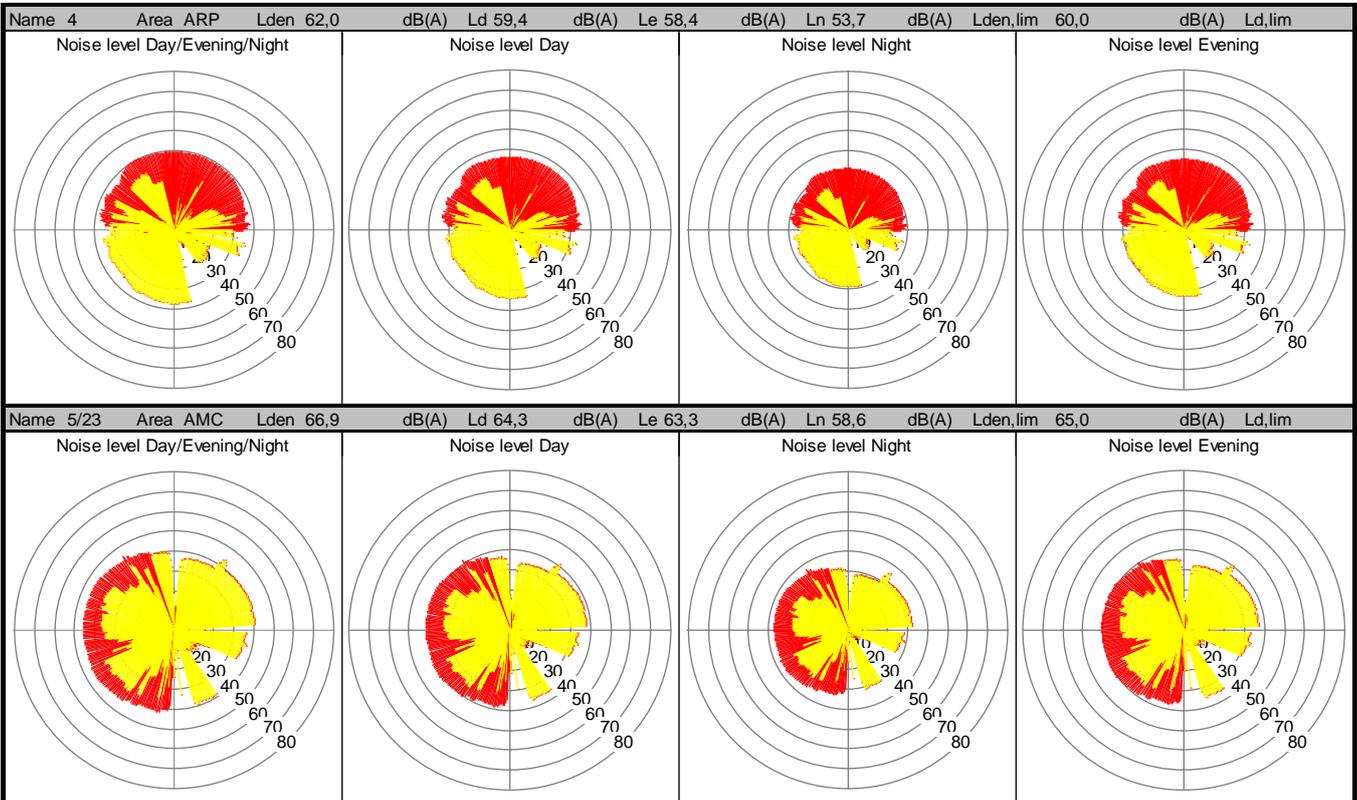


**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**



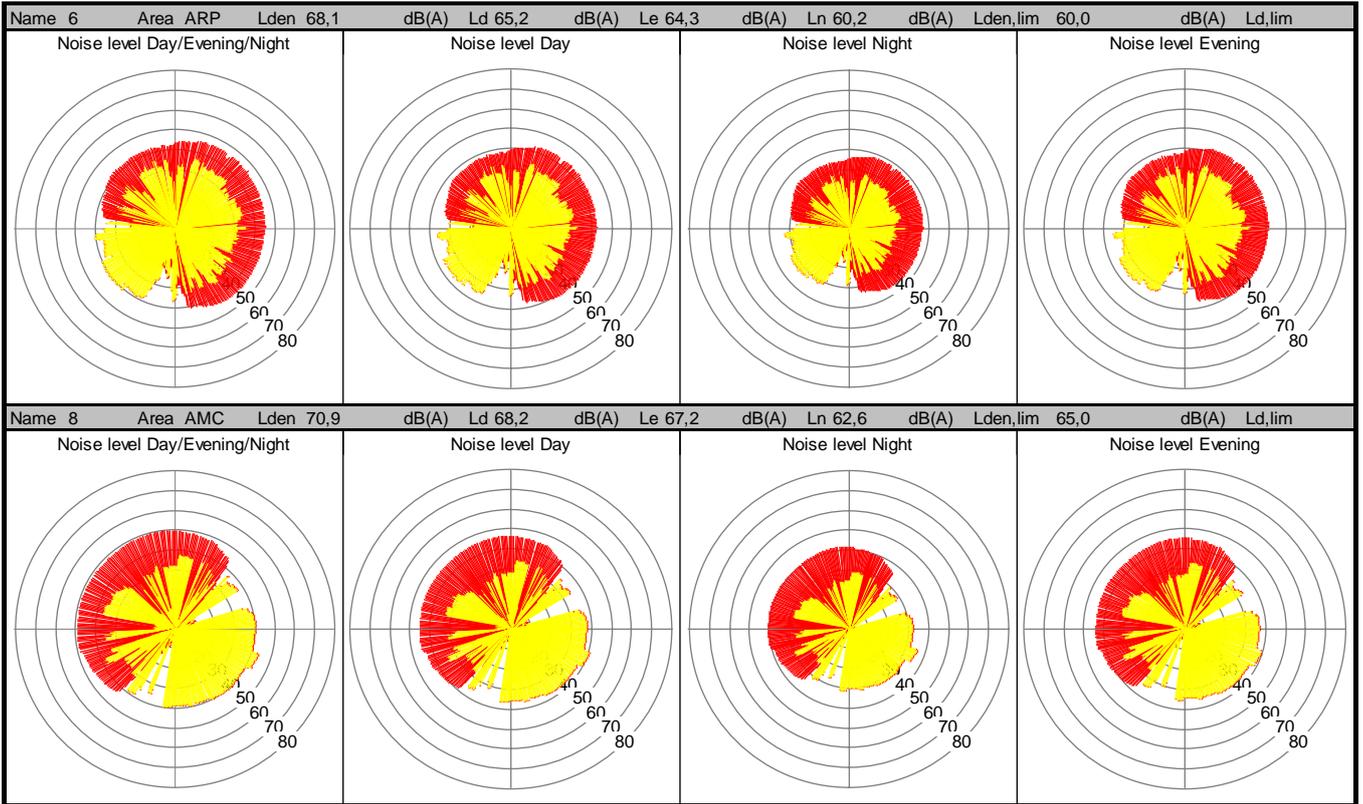
SoundPLAN 6 - 14/8/2006

**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**

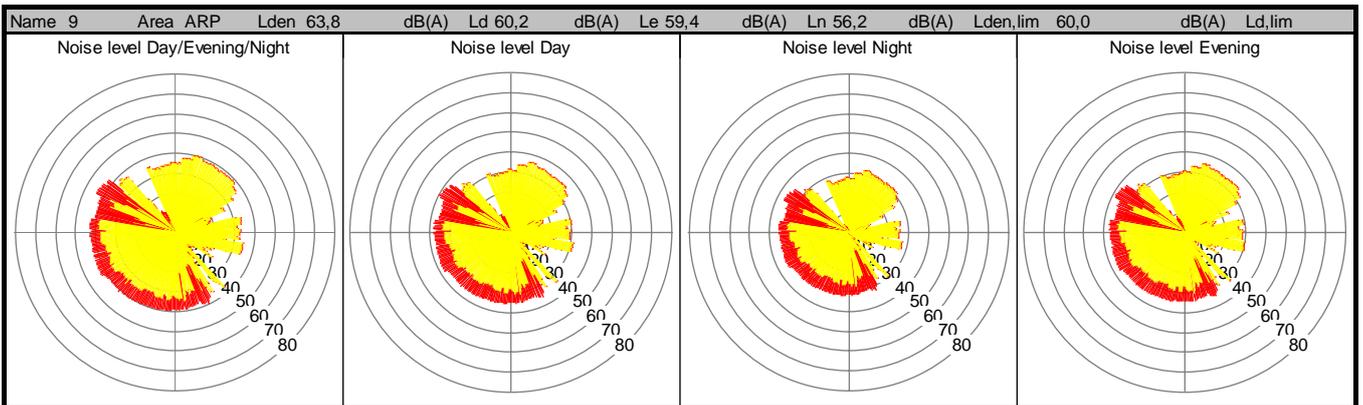


SoundPLAN 6 - 14/8/2006

**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**



**Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano
Espectro de Frequência no Receptor**



ANEXO VI

Comparação realizada entre os valores dos níveis sonoros medidos na área com os obtidos através do cálculo realizado pelo *software* de predição do ruído nos pontos receptores.

Tabela 1: Validação dos Resultados Obtidos através do *software* - comparação entre os valores de L_{eq} conseguidos através das medições dos níveis sonoros com os valores alcançados no cálculo predicional.

numeração do ponto de medição	Via	valores medidos		valores calculados através do <i>software</i> SoundPLAN				L_d (4) - Média Ponderada*0,98(2)
		Média Ponderada	Média Ponderada (1)*0,98	L_{den}	L_d	L_e	L_n	
		[dB(A)]		[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
1	Avenida Mauro Ramos	74,9	73,4	74,8	72,2	71,21	66,6	-1,2
2	Avenida Mauro Ramos	74,8	73,3	72	69,3	68,29	63,7	-4,0
3	Rua Crispim Mira	62,2	61,0	63,8	60,9	59,9	55,7	-0,1
4	Rua Ferreira Lima	63,8	62,6	62	59,4	58,39	53,7	-3,2
5	Rua Almirante Alvin	68,2	66,8	66,9	64,3	63,26	58,5	-2,5
6	Rua D. Joaquim	67,0	65,7	68,1	65,2	64,27	60,1	-0,5
7	Avenida Trompowsky	68,7						
8	Rua Victor Konder	74,4	72,9	70,9	68,2	67,2	62,6	-4,7
9	Rua Alves de Brito	63,3	62,0	63,8	60,2	59,42	56,1	-1,8
10	Rua Rafael Bandeira	62,2	61,0	61,5	58,8	57,83	53,2	-2,2
11	Rua AltamiroGuimarães	70,6	69,2	68,8	66,2	65,2	60,4	-3,0
12	Rua Bocaiuva	67,2	65,9	70,4	67,9	66,91	61,9	2,0
13	Avenida Trompowsky	70,2	68,8	67,9	65,4	64,35	59,6	-3,4
14	Rua Bocaiuva	74,4	72,9	71,6	69,1	68,09	63,1	-3,8
15	Rua Othon Gama D'Eça	72,2	70,7	72,6	70,1	69,11	64,2	-0,6
16	Rua Othon Gama D'Eça	73,3	71,8	70,7	68,2	67,19	62,3	-3,6
17	Rua Esteves Júnior	65,9	64,6	64,8	61	60,22	57,3	-3,6
18	Avenida Rio Branco	70,4	69,0	69,1	66,8	65,69	60,4	-2,2
19	Avenida Rio Branco	72,0	70,6	70,4	68	66,91	61,9	-2,6
20	Avenida Beira Mar 2	79,6	78,0	75,7	73,3	72,21	67,2	-4,7
21	Rua Barão de Batovi	66,2	64,8	64,5	61,6	60,61	56,4	-3,2
22	Rua Presidente Coutinho	66,1	64,8	65,1	62,6	61,54	56,8	-2,2
23	Rua Almirante Alvin	66,9		66,9	64,3	63,26	58,5	-2,6
24	Rua Presidente Coutinho	65,2		65,8	62,9	61,95	57,7	-2,3
25	Avenida Rio Branco	70,6		71	68,5	67,49	62,5	-2,1
Valor Médio do Desvio								-2,4
Desvio Padrão								1,5
Mediana								-2,5

Legenda:

	valores não calculados pois não foram inseridos dados de tráfego na via em que foi realizada a medição dos níveis sonoros
x	valores que não se encontram em conformidade com o "Computation and Measurement – Progress Report June 2001", ver item 4.3.3.
(1)	valores obtidos a partir nas tabelas 1 e 2, do anexo III
(2)	o valor de 0,98 é a diferença encontrada entre as medições realizadas nos horários de pico de fluxo de tráfego, no ano de 2007, com os dados coletados durante o fluxo médio de veículos, no exercício de 2008. Os últimos três pontos foram desconsiderados, pelo fato das medições terem ocorrido no horário de fluxo médio
(7)	Comparação dos níveis sonoros medidos (L_{eq}), a partir de dados correspondente a valores médios, com o L_d calculado. Desconsiderou-se o L_{den} pelo fato deste já efetuar uma penalização dos níveis para os horários de entardecer e de noite e também em razão das medições acústicas terem ocorrido, com exceção das efetuadas no dia 24.06.08, no período diurno, entre às 07 e 20 horas.

ANEXO VII

Resultados dos níveis sonoros calculados nos pontos dos receptores, através do *software SoundPLAN*[®].

Tabela 1: Resumo do Modelo Acústico Gerado, referente ao cálculo dos níveis sonoros para originar o mapeamento do ruído, através do *Software SoundPLAN*[®]

Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano Mapa de Ruído Estratégico		Pág. 1
<u>Project description</u>		
Project title:	Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano	
Engineer:	Aline Ventura Nardi	
Customer:	Dissertação de Mestrado	
Description:	Estudo de Caso - Área Central da cidade de Florianópolis	
<u>Run description</u>		
Calculation:	Grid Noise Map	
Title:	Grid Noise Map	
Run file:	New File.run	
Result number:	24	
Calculation start:	13/8/2008 10:09:54	
Calculation end:	13/8/2008 14:48:33	
Calculation time [ms]:	16703679	
No. of points:	11506	
No. of calculated points:	11506	
Kemel version:	14/8/2006	
<u>Run parameters</u>		
Angle increment:	1,00 deg	
Reflection depth:	1	
Number of reflections:	1	
Maximal search radius	12000	
Weighting:	dB(A)	
Calculation with side screening		
Tolerance:	0,50 dB	
Source side reflection precalculation enabled		
Standards:		
Roads:	RLS 90	
Emission according to:	RLS90	
Assessment:	Lden (EU)	
Grid Map:		
Grid space:	10,00 m	
Height above ground:	4,000 m	
Grid Interpolation:		
	Field size =	1x1
	Min/Max =	5,0 dB
	Difference =	0,1 dB
used DGM#	9999	

Tabela 1: Continuação ...

Mapeamento Sonoro em Ambiente Urbano		Pág. 2
Mapa de Ruído Estratégico		
<u>Geometry data</u>		
RDGM9999.dgm	30/7/2008 21:41:36	
DXF_VIEWPORT.geo	30/7/2008 22:49:30	
Curvas_prédios_vias_atenua_recep_sinal.sit		13/8/2008 09:24:14
- contains:		
DXF_1_ANDAR.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_10_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_11_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_12_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_2_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_3_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_4_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_5_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_6_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_7_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_8_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_9_ANDARES.geo	13/8/2008 08:44:06	
DXF_ÁREA_DE_ATENUAÇÃO.geo		4/8/2008 17:41:04
DXF_CN_-NÍVEL_0.geo	13/8/2008 05:16:00	
DXF_PONTOS_DE_MEDIÇÃO.geo		13/8/2008 09:24:14
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_ALVES_DE_B.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_BEIRAMAR.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_BOCAIUVA.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_MAURO_RAMO.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_OTHON_GAMA.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_PRINCIPAIS_RIO_BRANCO.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_SECUNDÁRIAS.geo		13/8/2008 08:06:00
DXF_VIAS_Terciárias.geo		13/8/2008 08:06:00
New.geofile.geo	4/8/2008 11:31:40	

Tabela 2: Continuação...

Road	KM	LmE day dB(A)	LmE night dB(A)	ADT veh./24	PT %	PN %	M/Day (Factor)	M/Night (Factor)	Lm25 day dB(A)	Lm25 night dB(A)	v car km/h	v truck km/h	Dv day dB(A)	Dv night dB(A)	D surf dB(A)	Gradie %	D grad dB(A)
Presidente Coutinho - Nereu Ramos	0,240	56,0	48,5	2995	4,3	4,0	0,060	0,011	61,1	53,7	20,0	15,0	-7,5	-7,5	0,0	8,9	2,3
Presidente Coutinho - Nereu Ramos	0,259	53,7	46,2	2995	4,3	4,0	0,060	0,011	61,1	53,7	20,0	15,0	-7,5	-7,5	0,0	3,9	0,0
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,000	54,8	46,7	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	6,3	0,8
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,019	54,6	46,5	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	6,0	0,6
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,037	54,2	46,1	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	5,2	0,1
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,056	54,8	46,7	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	6,3	0,8
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,075	58,5	50,4	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	12,4	4,5
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,093	57,4	49,3	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	10,7	3,4
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,112	55,4	47,3	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	7,3	1,4
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,131	54,0	45,9	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	3,9	0,0
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,205	54,7	46,6	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	-6,1	0,7
Presidente Coutinho - Gama DEça	0,224	54,0	45,9	2856	5,6	3,9	0,060	0,011	61,3	53,5	20,0	15,0	-7,2	-7,5	0,0	-4,7	0,0
Irmã Benw arda	0,000	54,1	47,4	2808	5,9	7,7	0,060	0,011	61,3	54,3	20,0	15,0	-7,2	-7,0	0,0	4,7	0,0
Irmã Benw arda	0,035	54,8	48,1	2808	5,9	7,7	0,060	0,011	61,3	54,3	20,0	15,0	-7,2	-7,0	0,0	6,2	0,7
Irmã Benw arda	0,053	54,1	47,4	2808	5,9	7,7	0,060	0,011	61,3	54,3	20,0	15,0	-7,2	-7,0	0,0	2,4	0,0
Irmã Benw arda	0,176	58,9	52,1	2808	5,9	7,7	0,060	0,011	61,3	54,3	20,0	15,0	-7,2	-7,0	0,0	-13,0	4,8
Irmã Benw arda	0,194	54,1	47,4	2808	5,9	7,7	0,060	0,011	61,3	54,3	20,0	15,0	-7,2	-7,0	0,0	-4,5	0,0
Nereu Ramos - Presidente Coutinho	0,000	56,6	49,4	4522	4,3	4,8	0,060	0,011	62,9	55,7	20,0	15,0	-7,5	-7,4	0,0	-6,9	1,1
Nereu Ramos - Presidente Coutinho	0,017	56,6	49,4	4522	4,3	4,8	0,060	0,011	62,9	55,7	20,0	15,0	-7,5	-7,4	0,0	-6,9	1,1
Nereu Ramos - Presidente Coutinho	0,034	56,4	49,3	4522	4,3	4,8	0,060	0,011	62,9	55,7	20,0	15,0	-7,5	-7,4	0,0	-6,6	1,0
Nereu Ramos - Presidente Coutinho	0,052	62,4	55,3	4522	4,3	4,8	0,060	0,011	62,9	55,7	20,0	15,0	-7,5	-7,4	0,0	-16,6	6,9
Nereu Ramos - Presidente Coutinho	0,069	61,3	54,2	4522	4,3	4,8	0,060	0,011	62,9	55,7	20,0	15,0	-7,5	-7,4	0,0	-14,7	5,8
Nereu Ramos - Presidente Coutinho	0,086	55,5	48,3	4522	4,3	4,8	0,060	0,011	62,9	55,7	20,0	15,0	-7,5	-7,4	0,0	0,0	0,0
Nereu Ramos - Presidente Coutinho	0,138	56,7	49,5	4522	4,3	4,8	0,060	0,011	62,9	55,7	20,0	15,0	-7,5	-7,4	0,0	7,0	1,2
Rua Esteves Júnior 1	0,000	54,7	44,6	2243	10,0	3,0	0,060	0,011	61,2	52,2	19,0	14,0	-6,7	-7,7	0,0	-5,3	0,2
Rua Esteves Júnior 1	0,019	56,5	46,5	2243	10,0	3,0	0,060	0,011	61,2	52,2	19,0	14,0	-6,7	-7,7	0,0	-8,4	2,1
Rua Esteves Júnior 1	0,038	54,5	44,4	2243	10,0	3,0	0,060	0,011	61,2	52,2	19,0	14,0	-6,7	-7,7	0,0	-1,0	0,0

Legend

Road	Nome da Via
KM	Quilômetro da via
LmE day	dB(A)
LmE night	dB(A)
ADT	veh./ 24h
PT	%
PN	%
M/ Day (Factor)	Fator multiplicador, dia
M/ Night (Factor)	Fator multiplicador, noite
Lm25 day	dB(A)
Lm25 night	dB(A)
v car	km/h
v truck	km/h
Dv day	dB(A)
Dv night	dB(A)
D surf	dB(A)
Gradient	%
D grad	dB(A)