UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

Dinâmica urbana na cidade de São Paulo:
o desafio do desenho das soluções acústicas.

José Ovídio Peres Ramos

São Paulo
2007

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA DA ARQUITETURA E URBANISMO

Dinâmica urbana na cidade de São Paulo:
o desafio do desenho das soluções acústicas.

José Ovídio Peres Ramos
Orientador: Prof. Dr. Ualfrido Del Carlo
Dissertação de Mestrado

São Paulo
2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

ASSINATURA:

E-MAIL:

Ramos, José Ovídio Peres
R175d Dinâmica urbana na cidade de São Paulo: o desafio do desenho das soluções acústicas / José Ovídio Peres Ramos. - - São Paulo, 2007.
156p. : il.

Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP.
Orientador: Ualfrido Del Carlo.

1. Desenho urbano – São Paulo (SP) 2. Ruído urbano (Redução) I. Título

CDU 711.6(816.11)

AGRADECIMENTOS

O esforço para produção de uma pesquisa é coletivo.

Ao apoio obtido em diversos momentos, agradeço:

Ao Prof. Dr. Ualfrido Del Carlo, pela inspiração ao tema, pela generosidade e envolvimento estimulante com que me dedicou seu tempo.

Aos professores das disciplinas cursadas na CPG, pelo interesse e conselhos contribuídos; Prof. Dr. João Gualberto de Azevedo Baring, Profª. Drª Sheila Walbe Ornstein, Profª. Drª Rosária Ono, Prof. Dr. Geraldo Gomes Serra, Profª. Drª. Roberta Kronka, Prof. Dr. Roberto Righi.

Aos professores das disciplinas de conforto ambiental onde fui acolhido como monitor, pelas idéias, incentivos e experiência didática; Profª. Drª. Anésia Barros Frota, Profª. Drª. Márcia Peinado Alucci, Profª. Drª Denise Duarte, Profª. Drª Joana Gonçalves e Prof.Ms. José Fernando Cremonesi.

Aos pesquisadores integrantes do LABAUT – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Departamento de Tecnologia da Arquitetura da FAU USP; pelo companheirismo de equipe de pesquisa.

Aos alunos de graduação da FAU USP, pelos questionamentos edificantes para reflexão e pesquisa. Aos funcionários da FAU USP pelo apoio.

Pela manutenção do valoroso equilíbrio emocional, agradeço a minha família:

Pela compreensão e ajuda aos vários períodos de ausência,

Lourdes, Neusa, Alessandra, Jefferson, Lúcia, Agenor e Fernando.

Pelo apoio e amor incondicional, Ovídio e Olga.

Pela afeição viva e carinho, Claudia e Eduardo, esposa e filho,

espíritos amorosos que tenho o privilégio de dividir nesta vida.

Às inspirações e sustentação Divina.

RESUMO

Essa pesquisa estuda a interação entre fontes sonoras de tráfego veicular e a influência da forma urbana para a constituição de um ambiente sonoro, utilizando-se de um estudo de caso como campo experimental na cidade de São Paulo.

Durante as observações do cenário acústico da região de estudo, foi caracterizado que o tráfego de veículos consiste na principal fonte de ruído local.
Nas regiões internas dos bairros, as edificações e muros se comportam como bolsões de silêncio. Foi visto que tal atenuação depende da forma e disposição das edificações em relação à fonte de ruído, ou seja, da permeabilidade do espaço urbano.

Esses aspectos mostram a importância da proteção de atividades sensíveis ao ruído como habitações, hospitais e escolas da dinâmica de atividades urbanas, principalmente dos ruídos gerados pelo tráfego de veículos.

O objetivo da pesquisa foi definir o comportamento do ruído propagado nas vias de tráfego diante da forma urbana e fornecer informações que possam servir como subsídios ao planejamento e desenho das cidades no que se refere à redução dos ruídos.

Palavras-chave: Desenho urbano- São Paulo; Ruído urbano (Redução).

ABSTRACT

This research is concerned with the interaction between noise sources of traffic propagated and influence of the urban aspect for the constitution of a sonorous environment. In the methodology suggested a study based on using a case study as experimental field in the urban city area of municipal district of São Paulo.

During observation the studied area related to the acoustic, was identify that the traffic of vehicles consists of the main source of local noise. On the other hand, the buildings and walls of some internal regions of some quarters produce a calm environment.

The experience demonstrates that the increase of the source noise depended of where and how the buildings were constructions, in resume, the permeability of the urban space.

These aspects are discussed in terms of the importance of protection the noise sensible activities as buildings, hospitals and schools of the urban dynamics activities, especially the noises generated by traffic vehicles.

The objective this research is to define the behavior of the noise propagated in the ways of traffic the urban aspects also collaborated to the improvement a better planning and drawing of the cities related to the minimizing noise problems.

Key-words: Urban design - São Paulo; Environment noise (Reduction).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação de cidades com consumo de combustível e densidade urbana... 3
Figura 2 - Difusor de Schroeder, similar a ocupação urbana de alta densidade. 16
Figura 3 - Efeito do espalhamento de um raio sonoro incidente sobre superfície irregular. 17
Figura 4 - Efeito da difração sonora devido à: (a) borda de uma parede, (b) fenda na parede com dimensões menores do que o comprimento de onda e (c) fenda na parede com dimensões comparáveis ao comprimento de onda. 18
Figura 5 - Efeitos de gradientes de temperatura na propagação sonora..... 20
Figura 6 - Encurvamento dos raios sonoros devido existência de gradiente (em altura) de temperatura no meio de propagação (ar). 21
Figura 7 – Recepção de uma fonte de ruído, com som direto e refletido. 22
Figura 8 - Influência da superfície do solo na atenuação do som. Distância de 100 metros entre a Fonte sonora (F) e o Receptor (R), ambas com altura de 2 m. 23
Figura 9 - Eficiência de uma proteção vegetal com talude em grama. 28
Figura 10 - Conceito geométrico de Barreira Acústica..... 30
Figura 11 - Desempenho de edifícios como barreiras acústicas (plano de massas)..... 31
Figura 12 - Configurações de ruas em "U" e "L". 33
Figura 13 - Espaços acústicos: (a) aberto e (b) fechado..... 33
Figura 14 - Representação da Via (a) e da Rua (b). 34
Figura 15 - Quadra mais exposta ao ruído de tráfego (a) e quadra menos exposta ao mesmo ruído (b). 36
Figura 16 - (a) Maior permeabilidade ao ruído da via de tráfego (b) menor permeabilidade ao ruído da via de tráfego. 37
Figura 17 - Mapa da Cidade de São Paulo e a distribuição por área de atendimento de transporte urbano através de ônibus. 40
Figura 18 - Estações viárias de transferência. Fonte: PMSP-Barbosa e Corbucci Arquitetos. 43
Figura 19 -Ponto de parada de ônibus em Curitiba..... 43
Figura 20 - Croqui do arq. Carlos Bratke. Deslocamento dos centros de negócios em São Paulo..... 54
Figura 21 - Traçado original do Túnel Sebastião Camargo e o construído. 54
Figura 22 - Exemplo de identificação dos níveis estatísticos em um intervalo de tempo definido. 58
Figura 23 - Exemplo de cálculo do LAeq de ruídos de tráfego. 58
Figura 24 - Exemplo de níveis de ruído no tempo e o cálculo do Leq. 58
Figura 25 - Detalhe dos Pontos de medição. 59
Figura 26 - Grelha de escoamento de água pluvial, no Ponto 3 de medição. 59
Figura 27 - Modelagem de área urbana em Aracajú. 65
Figura 28 Gerências de Engenharia de Trafego (GET) da CET –SP..... 67
Figura 29 - Cidade de Lyon, atividades e uso do solo, 2000. 69
Figura 30 - Cidade de Lyon, territórios sonoros, 2000. 69
Figura 31 - Cidade de Lyon, ilustrações representam as diferentes fontes sonoras nas quadras. 69
Figura 32 - Cidade de Lyon, software de análise. 73
Figura 33 – Modelagem em 3D no SoundPlan para uso urbano..... 74
Figura 34 - Modelagem em 3D no SoundPlan para uso regional. 74

Figura 35 - Modelagem urbana no SoundPlan. Cidade de Aracajú. 75
Figura 36 – Simulação em corte de via urbana, com barreira acústica de um edifício... 76
Figura 37 - Escala gráfica SoundPlan. 76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Tipologias de Solo em função do material de revestimento. 23
Quadro 2 - Níveis previstos de pressão sonora por tipo de Via. 26
Quadro 3 - Características de categoria de vias de tráfego. 27

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Foto aérea do local com indicação dos nomes das vias. 55
Foto 2 - Medições acústicas estatísticas. 72
Foto 3 - Medições acústicas e contagem de veículos. 72
Foto 4 – Ponto de medição sonora. 73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Níveis de ruído obtidos em dB(A) durante um dia típico. 61
Gráfico 2 - Volume de tráfego de veículos medidos simultaneamente as medições acústicas. 61
Gráfico 3 - Velocidade média dos veículos. 61
Gráfico 4 – Resumo dos níveis de ruído obtidos durante os três dias de medições acústicas. 62
Gráfico 5 - Resumo do fluxo de veículos durante os três dias de medições acústicas. .. 62

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
1.1.Dinâmica urbana 2
1.2.Metrópoles e poluição sonora 4
1.2.1.A proteção na cidade do século XXI 7
1.3. Transporte público na região metropolitana de São Paulo 8
1.3.1. Metro e Trens Metropolitanos 10
1.4. Estudos sobre poluição sonora 11
1.5. Objetivo da pesquisa 12
1.6. Objeto da pesquisa 13
1.7. Estrutura da dissertação 13
2. PROPAGAÇÃO SONORA NO MEIO URBANO 14
2.1. Propagação ao ar livre 15
2.2. Absorção e Reflexão urbana 15
2.3. Difração e difusão das superfícies urbanas 16
2.4. Condições climáticas 19
2.5. Superfícies urbanas 22
2.5.1. Solo e vias de trânsito 22
2.5.1.1. A via de trânsito 24
Tipo de Via 27
2.5.2. Vegetação 28
2.5.3. Barreiras acústicas 30
2.5.4. Edifícios – implantação e volumetria 31
2.5.4.1. As Edificações / Fachadas 31
2.5.5. Reverberação urbana 32
2.5.5.1. Via e Rua 34
2.5.6. Quadra ou quarteirão 36
2.5.7. Permeabilidade 37
2.5.8. Distância ou Espessura 38
2.6. Poluição sonora 38
2.6.1. Ônibus urbano 41
3. LEGISLAÇÃO 45
3.1. Brasil 45
3.1.1.Estatuto da Cidade 46
3.1.2. Norma de Desempenho em Edifícios Residenciais 47
3.2. São Paulo 50
3.3. Internacionais 51
4. ESTUDO DE CASO – TÚNEL SEBASTIÃO CAMARGO 53
4.1. Túnel Sebastião Camargo 54
4.2. Caracterização do local, da via e dos veículos. 55
4.3. Procedimentos gerais 57
4.4. Resultados 60
4.5. Comentários 63

5. ESTUDO PARA UM MAPA DE RUÍDO 64
5.1. Conforto Ambiental Urbano 65
5.1.1. A cidade de São Paulo 66
5.1.2.Exemplo Francês 67
5.2. MAPA DE RUÍDO 70
5.2.1. Modelagem e Simulações Acústicas 70
5.2.2. Método estatístico 71
5.2.3. Monitoramento 72
5.2.4. Simulação em modelos 74
5.3. Comentários sobre mapas de ruído 77
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 78
6.1. Sobre a pesquisa 78
6.2. Sugestões para redução do ruído urbano 80
6.2.1.Controle de Ruídos na fonte 80
6.2.2. Pontos de paradas de ônibus 80
6.2.3. Educação no trânsito 80
6.2.4. Planejamento urbano 81
6.2.5. Pavimento 81
6.2.6. Superfícies verticais 81
6.3. Sugestões de temas para futuras pesquisas 82
7. BIBLIOGRAFIA 83
7.1. Bibliografia recomendada 89
ANEXO 1 93

1. INTRODUÇÃO

Desde tempos remotos o homem busca sua sobrevivência de forma instintiva dos perigos e intempéries no ambiente em que vive. Neste inicio do século XXI, novos desafios são impostos para obtenção da mesma finalidade. Um tema recorrente, principalmente relacionado ao desenvolvimento das atividades humanas, é o aquecimento global.

Segundo a Worldwatch Institute (WWI)[1], a estabilização do clima do planeta será decidida, em parte, pelo que ocorre nas cidades. "Metade do total da emissão de gás carbônico na atmosfera, em termos de materiais e energia, são consumidos nas cidades" FLAVIN (2006).

Os impactos causados pelo processo de urbanização acelerada interfere diretamente na qualidade de vida de bilhões de pessoas no planeta. Nas grandes cidades, proporcionalmente a densidade populacional, seus ocupantes estão expostos à poluição do ar e das águas, ao longo período de tempo nos deslocamentos em trânsito, ao acúmulo da produção de lixo, especulação imobiliária e sub-moradias, entre outros problemas.

Esta dissertação tem como enfoque um aspecto da dinâmica do desenvolvimento das cidades, especificamente a propagação do ruído dos veículos de transporte motorizados no espaço urbano. Tendo como objeto uma área sensível utilizada como moradia na

[1] A WWI é uma Organização Não Governamental com sede em Washington, Estados Unidos.

cidade de São Paulo neste inicio de século, procura-se caracterizar a alteração do ambiente sonoro a partir de intervenção da prefeitura no desenho urbano.

1.1.Dinâmica urbana

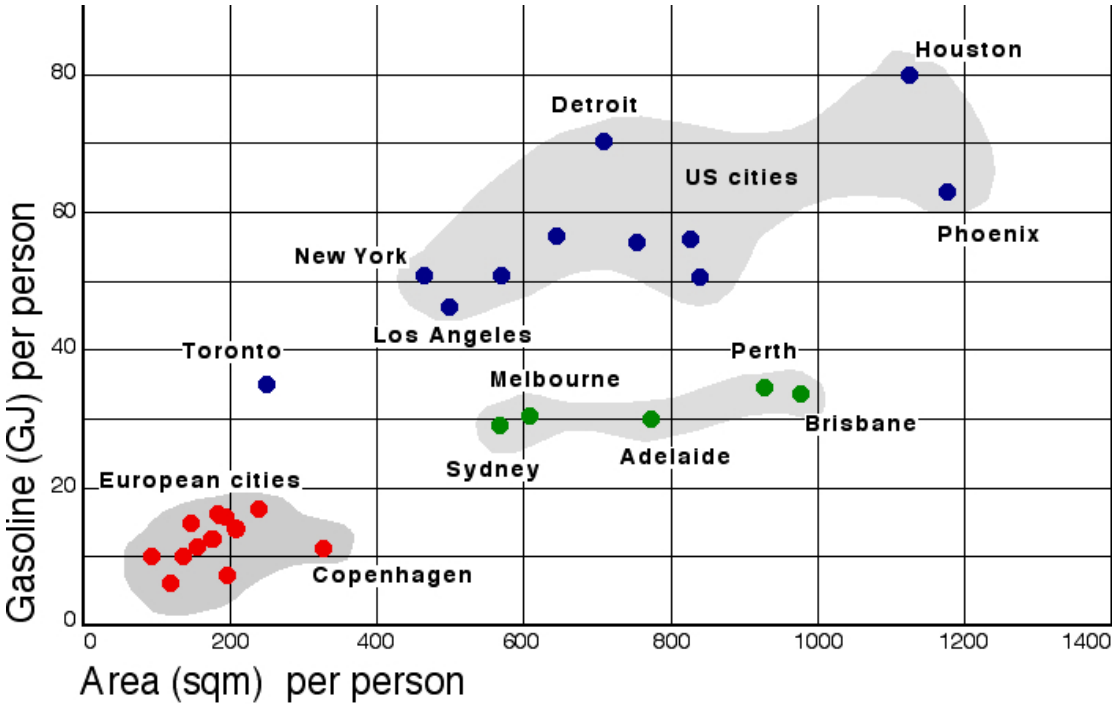
> *"Poucas vezes na história do urbanismo terá ocorrido um fenômeno semelhante, uma cidade reconstruída duas vezes sobre o mesmo assentamento. ...Há um século, contava com trinta mil habitantes e, a partir do momento em que a ferrovia chegou às novas terras produtoras de café, a cidade conheceu um crescimento incontrolado. Crises econômicas, revoluções, guerras, nada conseguiu infletir sua curva de crescimento. Com os imigrantes vieram novas técnicas de construir e a cidade foi reconstruída integralmente, disso resultando uma nova imagem: a metrópole do café. ...*
> *Os poderes públicos sempre ficaram para trás da iniciativa privada e um código de obras anacrônico permitiu um uso abusivo do solo".*
> (TOLEDO,2004,p.181)

Processos de renovação urbana envolvem contradições e conflitos, como a raridade de espaço de áreas na metrópole, a expansão das atividades econômicas e as necessidades de seus habitantes. A hierarquia espacial distingue os lugares da metrópole desigualmente. Concentra o poder e riqueza e afasta a miséria, expandindo a mancha urbana da metrópole em uma periferia deficiente da infra-estrutura, distantes dos serviços, aprofundando conflito e segregação social.

Carlos (2001) aponta que os problemas detectados na metrópole paulista são mundiais; diz que a produção do espaço urbano se realiza revelando "dramas e estratégias como condição da reprodução das relações sociais, que se cumprem pela extensão da propriedade privada, com nova forma de planificação, que se integra a uma estratégia e a práticas globais". O desenvolvimento do movimento moderno na arquitetura gerou modelos de identidade global. A representação da imagem corporativa, entre outros argumentos, se transformaram em atributos de desejo das companhias multinacionais que pretendem ser identificadas em edifícios que seguem modelos de arquitetura

reproduzidos internacionalmente, como por exemplo, o uso abusivo de fachadas em vidro para qualquer clima.

No meio urbano algumas formulas também são reproduzidas mundialmente em várias cidades. Koolhaas (apud NESBITT, 2006) aponta duas tendências para a cidade contemporânea: a alta densidade urbana onde a cultura do congestionamento de Manhãttam é o exemplo[2], e o oposto, a fragmentação do tecido urbano e deslocamento do centro para a periferia denominado de *edges cities*[3].



Fonte: WIKIPEDIA, 2007.

Figura 1 - Classificação de cidades com consumo de combustível e densidade urbana.

---

[2] KOOLHAAS, R. Delirious New york: A Retroactive Manifesto for Manhattan. 1994, in. NESBITT,(2006).

[3] A *edge city* caracteriza uma das formas da urbanização norte-americana a partir dos anos 1950, que associa um padrão de periferização a grandes empreendimentos imobiliários (residenciais, de serviços, e outros) no cruzamento de cinturões rodoviários intermunicipais. (NESBITT,2006.p.339).

Ambos são reproduzidos nos ambientes urbanos brasileiros, o primeiro notadamente em metrópoles verticalizadas. O último, como uma estratégia do mercado imobiliário, tem despontado nas proximidades de cidades de diferentes portes, como conjuntos residenciais, condomínios fechados e centros comerciais as margens de rodovias.

Na cidade de São Paulo, processos de renovação urbana acontecem de modo descontínuo e constantemente em vários locais da região urbana. Parte da cidade é modificada em decorrência das mudanças da Lei de Zoneamento e investimentos do mercado imobiliário. Devido necessidades de escoamento do trânsito ocorrem mudanças de fluxo, traçado e dimensões de ruas e avenidas.

O modo de transformação e mudança de um sistema viário e sua alteração na morfologia de um bairro residencial foi o fenômeno avaliado por esta pesquisa.

1.2.Metrópoles e poluição sonora

Reconhecido como um dos problemas de saúde pública nas grandes cidades, o ruído freqüentemente é considerado como um dos fatores responsáveis pela degradação da qualidade do ambiente urbano.

Os níveis sonoros relacionados com o ruído ambiente raramente afetam somente o sistema auditivo. De acordo com a organização Mundial da Saúde (Worl Health Organization - WHO,1999), a poluição sonora tornou-se um dos problemas ambientais com maiores efeitos adversos à saúde humana, depois da poluição do ar e da água. Entre os principais efeitos, destacam-se: incômodo; interferências com a comunicação pela

fala; estresse; risco de hipertensão e infarto; isolamento social; queda da qualidade acústica na vizinhança; depreciação do valor dos imóveis (WHO, apud SOUZA, 2004)[4].

Segundo estudo de Coelho, Valadas e Guedes (1996), as dificuldades para manter a atenção e a capacidade de concentração também são relacionadas como reações aos ruídos de trânsito. Mostram que a resposta humana envolve o sistema cardiovascular e o sistema neuro-endócrino. Os efeitos mais freqüentes do ruído traduzem-se em perturbações psicológicas ou alterações fisiológicas associadas a reações de estresse e cansaço. Perturbações do sono e hipertensão arterial também podem surgir como respostas diretas ou a prazo.

A exposição das populações à poluição sonora em grandes centros urbanos tem merecido crescente atenção por parte da comunidade científica internacional e também no Brasil. Novas leis e restrições de emissão de ruídos constantemente são criadas, procurando regulamentar os conflitos que a dinâmica das diferentes atividades urbanas proporciona à população.

Na conclusão desta pesquisa surge um exemplo. Com a intenção de inibir a poluição sonora pelos comerciantes, a Prefeitura do Município de São Paulo aprovou em 18 de dezembro de 2006, o Decreto Nº 47.990/06, que regulamenta a Lei 11.938, de 1995, proibindo a utilização de sistemas de som em lojas e veículos para o anúncio da venda de produtos (PMSP, 2006). Outra regulamentação recente, a Resolução nº 204 de 20 de outubro de 2006 do Conselho Nacional de Trânsito, do Ministério das Cidades (CONATRAN, 2006), regulamenta o volume e a freqüência dos sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos e estabelece metodologia para medição a ser

[4] WHO - World Health Organization – Organização Mundial da Saúde .

adotada pelas autoridades de trânsito. No anexo da Resolução, o Conselho estabelece níveis máximos de ruído e a distância das medições.

Na cidade de São Paulo, a questão da poluição sonora aparece na lista das queixas mais freqüentes. Em 2004 o número de reclamações foi de 22.863 e nos dois anos seguintes superou 39 mil vistorias. A principal influência é pelo ruído dos transportes, além do ruído industrial e de estabelecimentos comerciais como bares e similares (PMSP, 2004/06).

No Brasil, nação com perfil socioeconômico de forte concentração de renda e grandes deficiências sociais, sua maior cidade reflete em cada detalhe a desigualdade e o desequilíbrio. No impacto ambiental, com a poluição da água, da atmosfera, visual e sonora. Na inconsistência de vários planos de transporte público que não conseguem qualificar a mobilidade metropolitana, tentando reverter à lógica do transporte individual dos veículos de passeio ao transportar um passageiro em área superior aos 5 m2 do próprio veículo, considerando os demais investimentos na via urbana. Com transporte público, no mesmo espaço, são transportados 20 vezes mais pessoas em horário de pico.

Cabe relatar que sendo o maior poluidor sonoro da cidade, o trânsito veicular desponta com uma projeção de neutralidade aparente. Pois, se pelo avanço tecnológico as indústrias fabricantes produzem veículos leves cada vez mais silenciosos, o aumento da quantidade destes modelos neutraliza a redução desta fonte sonora. Aliado às questões de comportamento na forma agressiva de dirigir, veículos com manutenção precária e

outros aspectos, tem-se um quadro de exposição dos cidadãos a cada vez mais ruídos nos grandes centros urbanos.

O zoneamento urbano e de ocupação do solo são de longe a melhor maneira de solucionar problemas e conflitos entre atividades incompatíveis. Entretanto, as mais difíceis de serem efetivadas. Estão entre os motivos as diversas implicações sociais, interesses mercadológicos, preço da terra, ausência ou pressões políticas, visão de futuro de planejamento urbano, restrições financeiras, restrições de copo técnico especializado nos diversos órgãos públicos, entre outras.

1.2.1.A proteção na cidade do século XXI

A segurança e sobrevivência, que aflige o ser humano desde os primórdios da raça, ainda mostra-se forte motivo de preservação instintiva. Instinto de defesa que impõe modo de vida, postura frente ao mundo, aos espaços e pessoas que nos cercam.

As construções nos grandes centros urbanos tentam reproduzir as condições de qualidade de vida ideais que o espaço público não oferece. Restrições e controle de acesso em condomínios com portarias à prova de balas, cancelas, nicho de acesso, câmeras filmadoras, guardas privados, crachás entre outros. Argumentos de venda para empreendimentos residenciais coletivos, infra-estrutura de clubes para esporte e lazer, bosques,

Nas vias urbanas os automóveis blindados são para poucos. As ações de segurança para os veículos leves no trânsito das grandes cidades envolvem não parar em semáforos à noite, permanecer com vidros fechados e revestidos com filme escuro. “Ao esconder os

motoristas, a película escura faz com que pedestres e ciclistas relacionem-se com máquinas e não mais com pessoas. Desumanizou ainda mais o trânsito. Não temos como prever o comportamento dos motoristas, simplesmente por não vê-los." (FALZONI, 2006).

O respeito aos ciclistas e pedestres é mais um dos reflexos da evolução moral das sociedades humanas, verificado pelas diferentes atitudes de cada cultura ou país. Conflitos de interesse individuais e coletivos numa disputa por espaço nas ruas, despersonalizam o motorista, protegido da poluição atmosférica e sonora no interior dos veículos particulares. Fato similar ocorre com os motociclistas que alteram o desempenho do sistema de silenciadores originais dos veículos ou conduzem de forma agressiva. Em São Paulo é comum que alguns motociclistas no interior de túneis gerem um forte estampido sonoro com suas motocicletas. Forma de expressão similar às pichações e outras perturbações que denigrem o ambiente coletivo em favor de um interesse individual de rebeldia ou atitude anti-social de pequenos grupos.

1.3. Transporte público na região metropolitana de São Paulo

Ao lado das Regiões Metropolitanas de Tóquio, com 29 milhões, e da Cidade do México, com 18 milhões de habitantes, a Região Metropolitana de São Paulo com 17,8 milhões de habitantes (IBGE -2000) é um dos três maiores aglomerados urbanos do mundo. Distribuídos por uma área de 8.051 km², integrando 39 municípios em uma área urbanizada de 2.139 km² (EMPLASA,2000). Com números superlativos, era de se esperar um forte investimento do poder público em transporte coletivo, em detrimento do individual, mas não é o que ocorre.

Obstáculos de natureza política e ideológica, expressos pela prioridade dada ao transporte individual em detrimento do transporte público persistem com forte investimento privado e público no âmbito nacional. Conforme divulgado pelo jornal O Globo[5], entre janeiro de 2003 e junho de 2006, o Governo Federal liberou mais recursos financeiros para as montadoras de veículos do que investimentos em metrô, trens e corredores de ônibus. Durante esse período, os créditos para o setor automotivo do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, somaram R$7,58 bilhões. Montante quatro vezes superior aos gastos orçamentários com custeio, investimentos e desembolsos em transportes coletivos urbanos (R$1,76 bilhão).

"Atitude como esta, associada às facilidades crescentes na aquisição de carros e aos problemas ligados ao transporte público, contribui para aumentar cada vez mais o volume de automóveis nas ruas", afirma o Secretário dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo (2002/2006) e vice-presidente da Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP, Jurandir Fernandes[6].

No estudo "Panorama da mobilidade urbana no Brasil – tendências e desafios", elaborado pela ANTP[7] em parceria com o BNDES, foi divulgado que, entre 1990 e 2005, as vendas de automóveis triplicaram. Resultado: dos 20,3 milhões de veículos existentes nos 437 municípios pesquisados pela ANTP, 76% são automóveis, 14% motos, 9% caminhões e apenas 1% refere-se aos ônibus.

---

[5] Jornal O Globo, 25 ago.2006, (O GLOBO, 2006).
[6] (FERNANDES, 2006).
[7] (ANTP 2006).

1.3.1. Metro e Trens Metropolitanos

A extensão atual da rede metro-ferroviária na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é de 253 km, em 137 estações. Destas últimas, 54 correspondem as do Metrô, com 60,2 km de rede. A extensão do Trem Metropolitano, respectivamente, 83 e 118,8 km[8].

Quadro 1 - O deslocamento diário no Município de São Paulo.

Modo	**1987**	**1997**	**2002**
Coletivo	54,48%	52,27%	47,76%
Individual	45,52%	47,73%	52,24%
Total	100%	100%	100%
Motorizado	66,72%	68,60%	65,66%
A pé	33,28%	31,40%	34,34%
Total	100%	100%	100%

Fonte: METRO, 2006

No Quadro 1, verifica-se o deslocamento diário no município de São Paulo, demonstrando a superioridade e relevância dos meios de transportes motorizados.

Comparando três anos de referência em décadas distintas, identifica-se o crescimento do transporte individual sobre o coletivo. Reflete a ausência de investimentos substanciais neste último setor que proporcionem qualidade no sistema, um dos atributos geradores de interesse dos usuários.

[8] (METRO 2006a)

1.4. Estudos sobre poluição sonora

Com diferentes abordagens e metodologias, a poluição sonora ou ruído urbano são preocupações que envolvem questões de saúde pública, sistemas de licenciamento ambiental, diferentes legislações - nacionais, estaduais e municipais; desempenho de edifícios e as diferentes atividades das cidades.

O foco da pesquisa realizada relaciona-se a questão de ruídos oriundos principalmente de meios de transporte motorizados e sua propagação no meio urbano. Excluem-se as questões de paz e tranqüilidade pública, relacionadas à conduta nociva dos habitantes e suas diferentes atividades no meio urbano.

Um histórico dos primeiros estudos sobre ruídos de tráfego de veículos automotores, iniciados no final da década de 1920 e sua evolução como pesquisa internacional, encontra-se relacionado no estudo bibliográfico realizado na tese "Ruído Urbano" (DEL CARLO, 1979).

Assim como a tese referida, outros trabalhos das últimas duas décadas reportam analises de tráfego rodoviário. Ao leitor interessado no uso de modelos matemáticos e analógicos de previsão de características de ruído urbano, há trabalhos científicos propostos para as seguintes cidades: Portugal por Silva (1978); em Londres, Department Of Transport - DOT (1988); na Espanha por García e Faus (1991); para Ankara, na Turquia, por Ego et al (1995); Calcutá na Índia, Chakrabarty et aI. (1997) e Austrália,

Marsh (1998). No Brasil, são principais abordagens dos trabalhos de Del Carlo (1979) e Martins (1984) em São Paulo. Em Porto Alegre, por Sattler et al. (1998).

Modelos com captação de dados de campo, tratamento e análise estão entre os principais aspectos dos trabalhos de Gavinowich e Ruffa, (1999) na Argentina e Barrera e Muñoz (2004) para o Chile.

No Brasil, foi verificado na pesquisa bibliográfica as seguintes cidades e autores, respectivamente: Curitiba, Paz e Zannin (2004); Feira de Santana, Gonçalves Filho e Moraes (2004); Belo Horizonte, Pimentel e Álvares (1998); Fortaleza, Rocha Pinto (2000); Porto Alegre, Maia (2003), São José dos Campos, Silva (2005); Aracaju, Guedes (2005) e na cidade do Rio de Janeiro, Souza (2004). Em São Paulo, Cremonesi (1981), Moura-de-Souza (2002), Barbosa (2001).

1.5. Objetivo da pesquisa

Esta dissertação tem como enfoque um aspecto da dinâmica do desenvolvimento das cidades, especificamente a propagação do ruído dos veículos de transporte motorizados no espaço urbano.

Tendo como objeto uma área sensível utilizada como estritamente residencial na cidade de São Paulo. Procurou-se caracterizar a alteração do ambiente sonoro a partir de intervenção da prefeitura no desenho urbano, especificamente com a mudança do fluxo de veículos.

1.6. Objeto da pesquisa

O local do estudo de caso está situado na região da Praça Cidade Jardim, próximo ao Rio Pinheiros na cidade de São Paulo. A região foi selecionada por possuir diversas características conflitantes para zoneamento urbano, como a ocupação estritamente residencial e a influência de diferentes tipologias de vias urbanas, das locais as vias expressas. Possui em seu entorno diferentes formas de transportes motorizados, fatores relevantes para o exame da contribuição sonora ao meio ambiente urbano e aos edifícios sensíveis utilizados para atividades humanas, como os residenciais.

1.7. Estrutura da dissertação

Divididos em seis Capítulos, esta dissertação apresenta o tema proposto na seguinte seqüência:

No **Capítulo 1** há a introdução e apresentação da relevância do tema, os estudos realizados na área e a explicitação do objetivo do trabalho.

No **Capítulo 2** apresenta os principais conceitos sobre propagação sonora no meio urbano. O **Capítulo 3** aborda a legislação sobre o tema.

O **Capítulo 4** apresenta um estudo de caso, avaliando a alteração do ambiente sonoro de um bairro residencial após intervenção urbana.

O **Capítulo 5** apresenta uma ferramenta de estudo e projeto para o planejamento urbano, considerando o tema de ruído ambiental, denominado como mapa de ruído.

O **Capítulo 6** são apresentadas as conclusões da pesquisa.

No **Anexo**, a pesquisa de campo "Medição do ruído veicular no emboque do Túnel Sebastião Camargo, em São Paulo".

2. PROPAGAÇÃO SONORA NO MEIO URBANO

Cada espaço urbano corresponde a um ambiente, que possui um nível sonoro específico em função de sua forma e de sua função dominante (CETUR, apud SOUZA, 2005). O ruído percebido depende do tecido do entorno que envolve a fonte sonora.

As edificações e a sua organização no espaço, assim corno a natureza de suas fachadas, podem privilegiar a propagação sonora, marcando o espaço sonoro urbano de urna 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 (SOUZA, idem).

Outras características de determinados elementos morfológicos constitutivos do tecido, como, por exemplo, a topografia e o revestimento do solo, a quantidade e o tipo de vegetação, podem determinar esta diferenciação na propagação do ruído.

Além disso, outros fatores que influenciam na propagação do som e que não são inerentes ao tecido, mas que sofrem influência dele, são as variáveis climáticas: temperatura, ventos, umidade e chuva. Dentre estas, os ventos exercem papel preponderante, podendo, em alguns casos atuar favorecendo a propagação do som e, em outros, atenuá-la.

No Brasil, devido às características climáticas de um país de clima tropical quente e úmido, há uma oposição no balanço das condições ótimas de conforto térmico e as de conforto acústico no interior de edificações. Com efeito a utilização de materiais

construtivos de inércia térmica reduzida e de ventilação natural visando o conforto térmico possibilita uma redução do consumo de energético, contribuindo assim para a sustentabilidade das cidades brasileiras. Não obstante, também contribui para um enfraquecimento das fachadas (fachadas leves), tornando-as mais permeáveis ao ruído ambiental. Esse ponto de estrangulamento crítico no conforto acústico urbano brasileiro precisa ser estudado, a fim de se serem propostas soluções que otimizem a compatibilização entre estes dois requisitos de conforto ambiental.

A seguir, para uma melhor compreensão do processo de propagação das ondas sonoras nas cidades, abordar-se-á determinadas características dos elementos morfológicos do tecido urbano que influenciam, de forma decisiva, a ambiência acústica de um determinado local.

2.1. Propagação ao ar livre

Os principais fatores de atenuação acústica na propagação do som ao ar livre são: a diretividade da fonte sonora, a absorção atmosférica, a distância entre a Fonte e o Receptor, obstáculos (muros ou edifícios), rugosidade superficial do solo, densidade da vegetação, efeitos da temperatura, direção e velocidade do vento e umidade relativa.

2.2. Absorção e Reflexão urbana

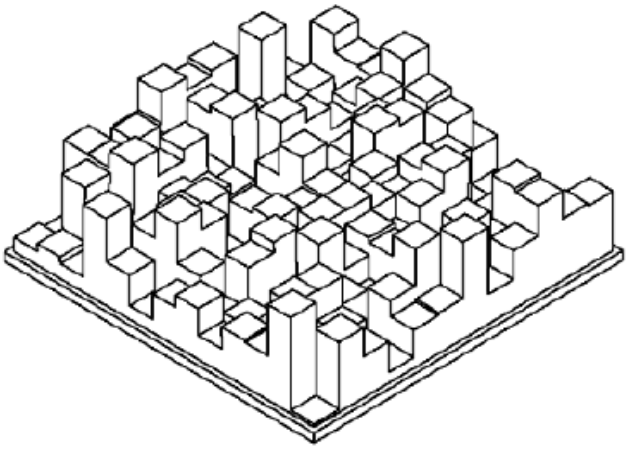
Superfícies com maiores coeficientes de absorção, ou seja, aqueles em que parcela da energia absorvida pelo material em função da energia total incidente, são de estrutura

porosa e fibrosa. No meio urbano encontrado apenas nos solos acusticamente “macios”, revestidos com vegetação.

As superfícies urbanas possuem maior predominância de revestimentos em materiais reflexivos, onde a maior parcela da energia sonora é refletida. Pisos asfálticos, concreto, pedras (mármores, granitos), espelhos d’água e cerâmicos. Superfícies verticais com vidros, concreto, pastilhas cerâmicas e outras.

2.3. Difração e difusão das superfícies urbanas

Com grande quantidade de elementos volumétricos e de diferentes superfícies construídas, os diferentes edifícios no espaço urbano assemelham-se, em escala macro, a um elemento utilizado no projeto acústico de salas. No projeto do ambiente de audição podem-se utilizar elementos conhecidos genericamente por difusores de *Schroeder* (Figura 2), apropriado ao espalhamento sonoro pelos efeitos físicos de difração e difusão, demonstrado pela Figura 3.



Fonte: BISTAFA, 2004.

Figura 2 - Difusor de Schroeder, similar a ocupação urbana de alta densidade.

Fonte: adaptado de BISTAFA, 2004.

Figura 3 - Efeito do espalhamento de um raio sonoro incidente sobre superfície irregular.

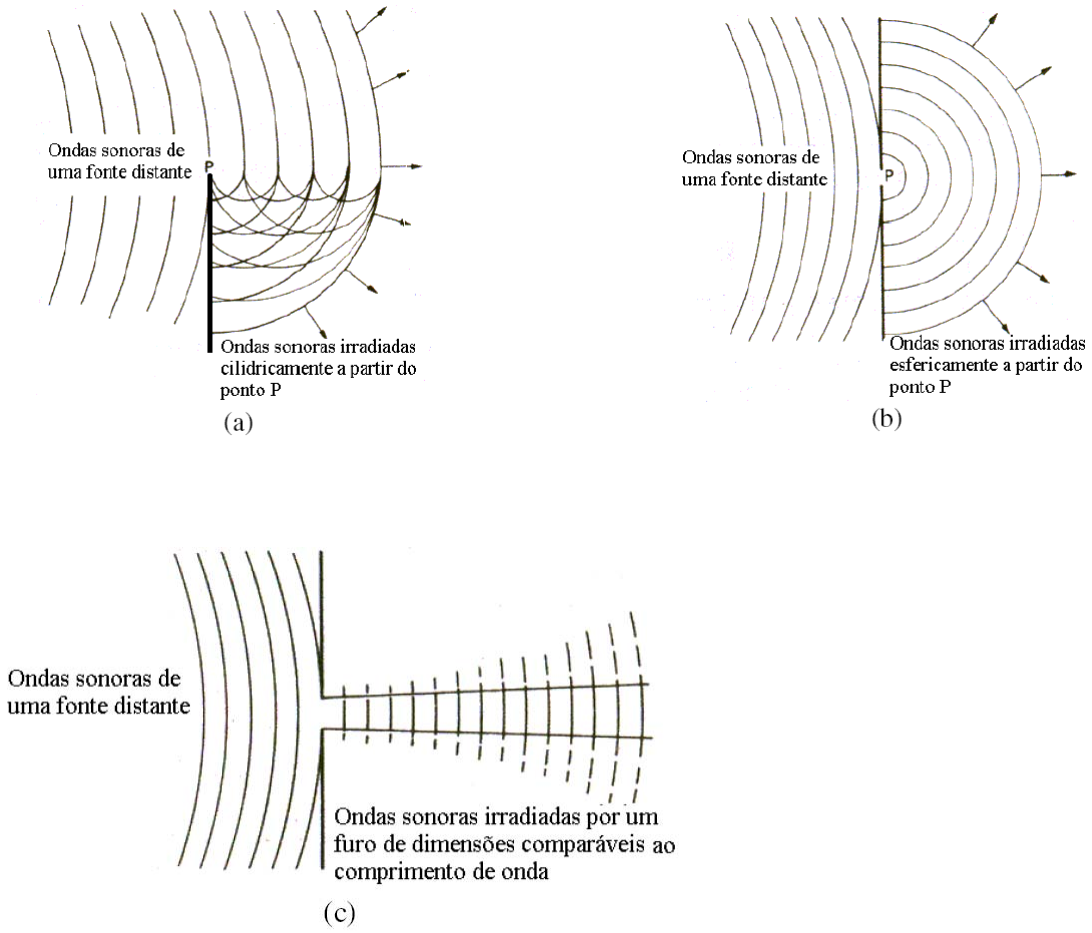
O efeito físico das somatórias das múltiplas difrações e difusões dos ruídos produzidos pelas diferentes fontes sonoras nas vias urbanas, possui similaridades ao modelo reduzido como exemplificado pela Figura 3.

Ao leitor interessado nos coeficientes de difusão e espalhamento destas formas em ambientes internos, recomenda-se consulta a bibliografia (BISTAFA, 2004).

A difração ocorre quando a onda sonora encontra a borda de uma parede ou fendas com dimensões menores do que seu comprimento de onda, possibilitando que o som contorne obstáculos e atravesse caminhos irregulares. Salienta-se que nas baixas freqüências ocorre uma maior difração do que nas altas freqüências, devido ao maior comprimento da primeira. Este fato é perceptível pela audição do rumor de tráfego de veículos em ambientes internos, por exemplo.

De acordo com Nepomuceno (apud GUEDES, 2005), quando o obstáculo não é muito grande em relação ao comprimento de onda, tem-se o fenômeno de espalhamento. Já no caso do objeto possuir dimensões bem maiores, ocorre formação de sombra acústica.

Nas imagens dispostas na Figura 4, estão simplificadas graficamente as diferentes situações, que exemplificam o efeito da difração sonora.



Fonte: Hassal e Zavieri (apud GUEDES, 2005)[9]

Figura 4 - Efeito da difração sonora devido à: (a) borda de uma parede, (b) fenda na parede com dimensões menores do que o comprimento de onda e (c) fenda na parede com dimensões comparáveis ao comprimento de onda.

Na Figura 4 (a), o ponto P (borda da parede) se comporta como uma pequena fonte sonora, irradiando ondas sonoras na região de sombra acústica a partir dele. Nos outros croquis (b) e (c) estão representadas situações em que o som atravessa fendas com dimensões menores ou comparáveis ao seu comprimento de onda, respectivamente. No

[9] Hassal e Zavieri. Acoustic noise measurements, 1979.

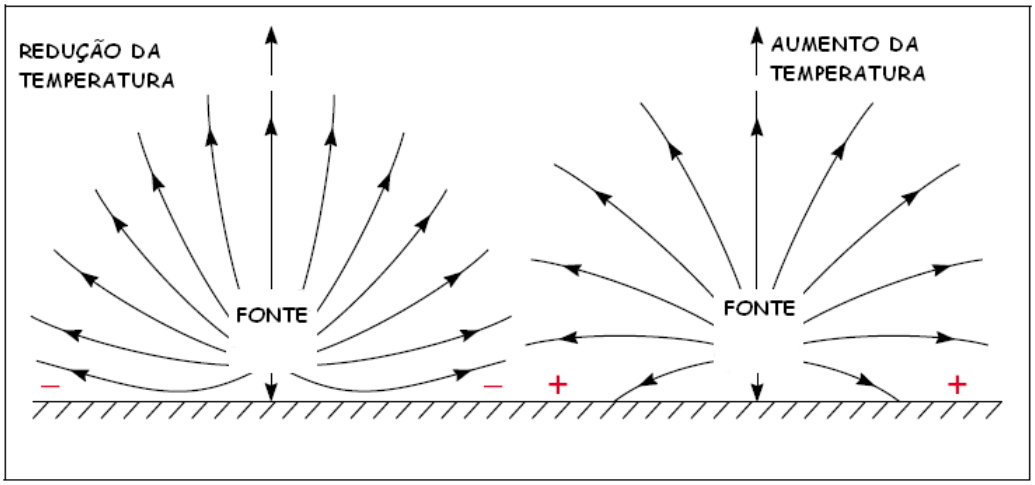
primeiro caso, a fenda funciona como uma pequena fonte sonora, irradiando ondas a partir dela. No segundo caso, a fenda irradia ondas sonoras com comportamento distinto, formando uma pequena sombra acústica por trás da parede.

2.4. Condições climáticas

A absorção atmosférica apresenta certa complexidade e depende de alguns outros aspectos, como, distância da fonte, conteúdo espectral do ruído, temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica do ambiente (BRÜEL & KJÆR, 2000). Seus efeitos são considerados insignificantes comparados aos demais fatores ambientais, principalmente, em áreas urbanas devido à presença de distâncias, relativamente, pequenas nesses espaços (BERANEK e VÉR, 1992; HARRIS, 1979).

Os efeitos do vento e temperatura se apresentam de modo semelhante. O vento influencia quando o atrito com a superfície do solo reduz sua velocidade, próximo ao nível da terra, ocasionando distorção da frente de onda. As ondas sonoras que se encontram a favor do vento são refratadas em direção ao solo sem alterar o seu nível sonoro.

Quando a propagação se dá em sentido contrário ao movimento do ar, as ondas se refratam para cima, gerando sombras acústicas e reduzindo o nível sonoro, representado na Figura 5, a esquerda.

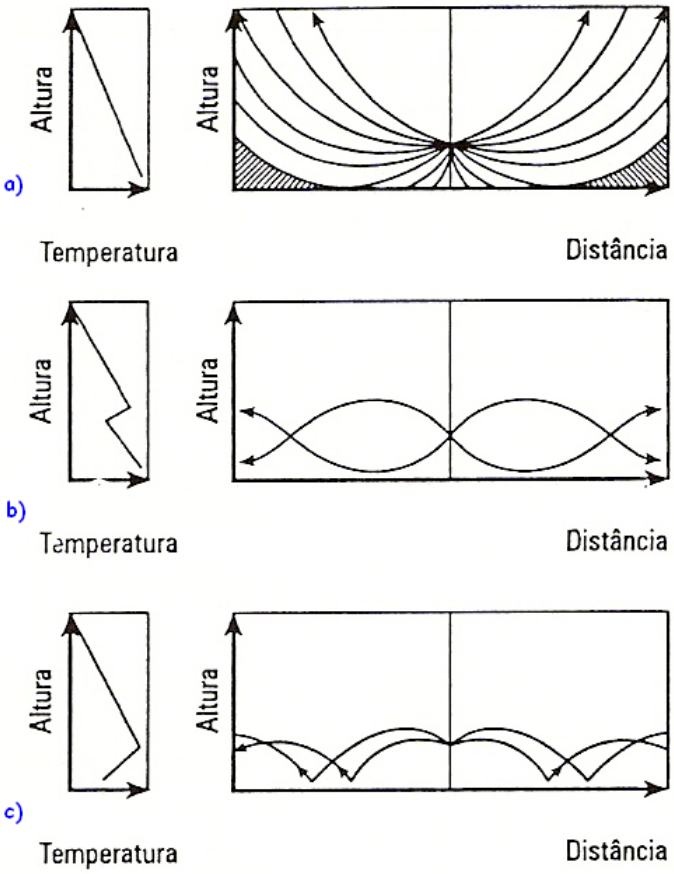


Fonte Brüel & Kjaer,2000.

Figura 5 - Efeitos de gradientes de temperatura na propagação sonora.

Quanto à influência da temperatura, sabe-se que durante o período do dia, o ar é aquecido próximo à superfície do solo pela radiação solar, tornando-se mais frio em direção ao céu. À noite, esta situação é invertida. Ocorre a elevação da temperatura com a altitude, provocando um acréscimo nas velocidades de frente de ondas e mudança na direção das ondas ascendentes, empurrando-as na direção do solo, representado na Figura 5, a direita.

Quando a temperatura diminui com a altura, tem-se uma situação oposta, ou seja, as frentes de onda descendentes divergem, afastando-se do solo e ocorre a formação das sombras acústicas (GERGES, 2000). Outras formas de variações de temperatura com altura interferem na propagação das ondas sonoras, como se verifica na Figura 6.



Fonte: PATRÍCIO, 2004.

a) Gradiente positivo

b) Inversão dupla

c) Inversão simples

Figura 6 - Encurvamento dos raios sonoros devido existência de gradiente (em altura) de temperatura no meio de propagação (ar).

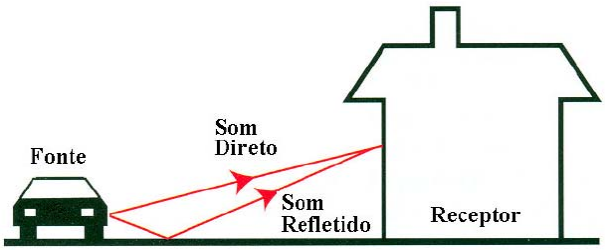
No próximo item será visto que a propagação sonora ao ar livre no meio urbano também sofre influências diante da morfologia e da disposição dos vários elementos presentes no tecido urbano, ocorrendo alterações nos níveis e espectros sonoros devido à absorção, reflexão, espalhamento e difração.

A compreensão dos mecanismos de propagação do som ao ar livre constitui-se em elemento fundamental no entendimento de ambientes sonoros urbanos e, portanto, no auxílio ao controle do ruído nas cidades (NIEMEYER e SLAMA, 1998).

2.5. Superfícies urbanas

2.5.1. Solo e vias de trânsito

O solo age como um plano reflexivo, contribuindo para a chegada do som direto e refletido até o receptor (Figura 7).



Fonte: Adaptado de Kotzen e English (apud GUEDES, 2005)[10].

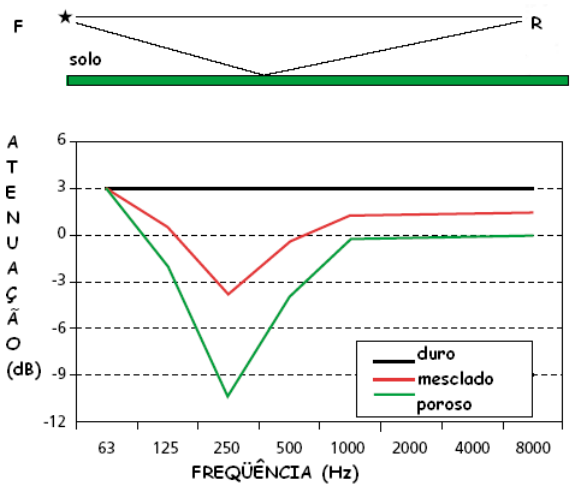
Figura 7 – Recepção de uma fonte de ruído, com som direto e refletido.

O tipo de cobertura existente interfere na propagação sonora ao ar livre, atenuando mais o som quando o solo for revestido com materiais absorventes, por exemplo, a grama.

As atenuações podem ser da ordem de 20 dB (ou 10 dB para limite conservador) em relação ao solo "duro", com variações conforme o ângulo de incidência da trajetória Fonte/Receptor, segundo Anderson e Kurze (BISTAFA, 2006). De acordo com Bistafa (idem), o resultado é uma amplificação média de aproximadamente 3 dB em relação ao

[10] KOTZEN e ENGLISH. Environmental noise barriers:..1999.

som direto, tanto dos níveis das bandas de oitava, como do nível sonoro total *A*-ponderado, como verificado na Figura 8.



Fonte: Brüel & Kjaer, 2000.

Figura 8 - Influência da superfície do solo na atenuação do som. Distância de 100 metros entre a Fonte sonora (F) e o Receptor (R), ambas com altura de 2 m.

Dependendo do tipo de material um solo será categorizado segundo uma gradação que varia de totalmente refletor a absorvente conforme quadro a seguir.

Quadro 1-Tipologias de Solo em função do material de revestimento.

Categoria	Coeficiente de Absorção $\alpha = \frac{\text{energia absorvida}}{\text{energia incidente}}$	Tipo de Material
1	totalmente refletor $\alpha s = 0$	- espelho d'agua, laje de concreto, chapas metálicas. - madeira envernizada, mármore.
2	semi-refletor $\alpha s = 0,3$	- madeira não polida com juntas largas, emulsões. - reboco de argamassa/gesso, pedras em placas regulares. - blocos de concreto rugoso (calçamento vias de pedestre). - solos revestidos de materiais betuminosos comparados aos revestimentos de calçamento (estacionamentos).
3	semi-absorvente $\alpha s = 0,5$	- madeira não polida sem juntas, solo em grama. - areias, materiais granulosos espalhados sobre o solo.
4	absorvente $\alpha s = 0,8$	- solo natural irregular comportando vegetação densa.
5	totalmente absorvente $\alpha s = 1$	- hipótese teórica.

αs – coeficiente de absorção da superfície.

Fonte: CETUR (apud SOUZA, 2004)[11].

[11] CETUR – Centre d'etudes dês transports urbains, 1981. Bruit et Formes Urbaines.

Observando-se estes dados pode-se dizer que um solo recoberto com material do tipo betuminoso (coluna Tipo de Material, categoria 2), empregado normalmente em revestimento de vias urbanas, é considerado semi-refletor, enquanto que um irregular, recoberto com vegetação densa (coluna Tipo de Material, categoria 4), será absorvente. Neste caso, além do solo ser absorvente, a vegetação, dependendo da sua altura e composição, poderá atenuar o ruído na sua propagação.

Como visto o revestimento das superfícies urbanas, principalmente das vias públicas, representa um papel preponderante na propagação do som emitido pelos veículos. Neste contexto, com base no Quadro 1, 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.

2.5.1.1. A via de trânsito

O Código de Trânsito Brasileiro define via corno sendo a "superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo a pista, a calçada, o acostamento, a ilha e o canteiro central" (BRASIL, 1997b).

O código identifica diferentes categorias de vias que normalmente são especificadas em função de parâmetros de natureza de tráfego e de sua geometria. Entre outras categorias listadas no código, pela pertinência com o tema da dissertação, as seguintes a serem comentadas:

- Via de trânsito rápido - caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível;

- Via arterial - caracterizada por interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e as vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade;

- Via coletora - destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade;

- Via local - caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas.

Observa-se que apesar da via de circulação rodoviária não ser a única unidade suficiente para apreender a relação que existe entre espaço sonoro e espaço urbano, pode-se dizer que ela caracteriza a fonte sonora (CETUR, apud SOUZA, 2004).

O ruído emitido, a sua divisão no tempo, bem como o seu nível varia em função da tipologia da via. O Quadro 2 apresenta uma previsão dos níveis sonoros, expressos em LAeq, para diferentes tipologias de vias.

Quadro 2 - Níveis previstos de pressão sonora por tipo de Via.

Veículos por hora	Veículos pesados %	Distribuição(*) Largura entre fachadas 12m (2 pistas) [dB(A)]	Secundária (*) Largura entre fachadas 15m (2 a 3 pistas) [dB(A)]	Arterial (*) Largura entre fachadas 30m à 40m (4 a 5 pistas) [dB(A)]	Trânsito Nível calculado a 30m da margem da rua [dB(A)]	
6	0	51	-	-	**Avenida**	**Via rápida urbana**
60	5	63	61	-		
100	5	67	65	62		
500	10	75	73	70	65	67
600	10	76	74	71	66	68
900	10	78	76	73	68	70
1.200	15	-	77	74	70	72
1.500	15	-	78	75	71	73
2.000	15	-	-	76	72	74
4.000	15	-	-	79	75	77
6.000	15	-	-	81	77	79
10.000	10	-	-	-	78	80
15.000	10	-	-	-	80	82

Nota: * Características consideradas para o cálculo, correspondendo a uma situação real em diferentes categorias de vias.

Fonte: adaptado de CETUR[12], apud SOUZA, 2004.

Cabe destacar que, apesar da nomenclatura adotada para essas tipologias destoar daquela definida no Código Brasileiro, as características são basicamente as mesmas, conforme pode ser visualizado no Quadro 3.

[12] Ibid.

Quadro 3 - Características de categoria de vias de tráfego.

Tipo de Via	Natureza do Tráfego	Características geométricas
Via de Trânsito Rápido	Tráfego circulante com velocidade elevada, superior a 60 km hora comportando: -Uma circulação relativamente regular e estável (e escoamento fluído). -Uma grande quantidade de veículos por hora, em uma média de 1 hora, uma saturação freqüente em horário de pico. -Uma grande quantidade de veículos pesados, durante 24 h. -Um forte Tráfego noturno.	Nenhum ou pouco acesso secundário, presença freqüente de um canteiro central intransponível. (grandes raios de curvatura e inclinações limitadas inferiores a 7%). Vias de 3,5m de largura. Margens livres (taludes inclinados ou muros ou em caso de vias em trincheira). Construções geralmente afastadas dezenas de metros das vias. Cruzamentos ou mudanças de níveis de auto-vias ou de vias rápidas,cruzamentos pouco númerosos com sinais para as grandes transversais urbanas.
Via Arterial	Tráfego circulando com velocidade média (em torno de 60 Km/h.) com possibilidade de circulação real mais rápida em horário de pouco movimento e noturno. Circulação relativamente regular e fluida nas seções, mas aparecimento de tuburlência (acelerada ou desacelerada) a 200m de cruzamentos. Muito forte quantidade de veículos em horários médios. Saturação freqüente em horários de pico.	Acessos secundários possíveis em todos os pontos. Ausência de canteiro intransponível. Número de vias elevado, cerca de 3 ou 3,5 e raios de curvatura grandes. Cruzamento em nível, com quadra e sinais para as trocas com outras vias principais, acessos limitados (sinais, balizas de prioridades ou paradas) para as pequenas ruas transversais. Possibilidade de construções contínuas para a proximidade das vias.
Via Secundaria	Tráfego circulando com velocidade limitada: 60 Km/h, no máximo. Circulação do tipo acelerada com númerosas alterações e freadas. Fraco. Poucos veículos pesados. Todos os tipos de circulação conflitante: motos, pedestres, veículos.	Acesso secundário em todos os pontos. Possibilidades de estacionamento. Curvas fechadas, dissuadindo as velocidades elevadas. Número de vias limitadas: duas ou três vias. Cruzamentos númerosos. Construções contínuas de um lado e outro.
Via de distribuição	Tráfego circulando à fraca velocidade. Fraco. Todos os tipos de circulação: veículos leves, motocicletas e pedestres. Muito poucos veículos pesados. Circulação composta de acelerações e freadas.	Acesso secundário. Características geométricas muito reduzidas tornando impossível as velocidades elevadas. Númerosos cruzamentos. Número de pistas reduzido (1 ou 2 pistas). Construções contínuas de um lado e outro da via.

Fonte: CETUR[13] (apud SOUZA, 2004).

A previsão dos níveis sonoros Quadro 2 baseou-se em dados de níveis de emissão sonora veicular superiores, em 6 a 8 dB(A), aos níveis atualmente alcançados. Assim ressalta-se que a previsão foi incluída no texto somente com finalidade ilustrativa, a fim

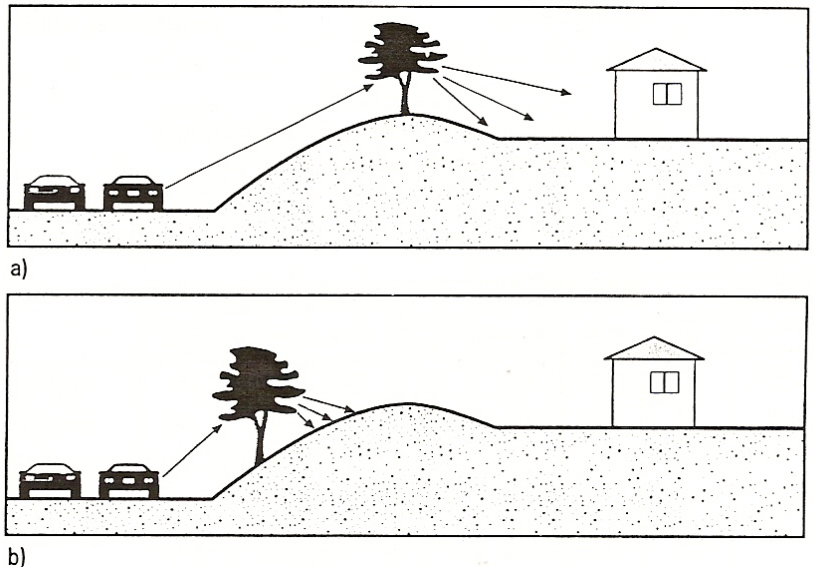
[13] Ibid.

de possibilitar ao leitor uma melhor compreensão das diferenças existentes na emissão sonora das diferentes tipologias de vias.

2.5.2. Vegetação

Irvine e Richards (1998) comentam que as árvores e arbustos apresentam pouco efeito na propagação sonora ao ar livre. Segundo eles, uma faixa de 30 m de vegetação densa representa apenas uma atenuação sonora de 3 dB(A), ou seja, uma redução, aproximadamente, de 1 dB(A) para cada 10 m de vegetação.

Niemeyer (1998) ressalta que o plantio de árvores sobre taludes de terra, às margens das vias de tráfego, contribui na ambiência sonora de um determinado espaço urbano devido ao efeito de mascaramento e de aspectos psicológicos.



Fonte: PATRÍCIO (2004).

Figura 9 - Eficiência de uma proteção vegetal com talude em grama.

Patrício (2004) argumenta que esta solução contribui para a dissipação da energia sonora nas altas freqüências do espectro, proporcionando absorção pelo ar, sendo as perdas provocadas por viscosidade e por atrito associado ao movimento da vegetação espessa.

No entanto, a função de barreira acústica é desempenhada apenas pelos taludes que se opõem à propagação do ruído (GUEDES, 2005).

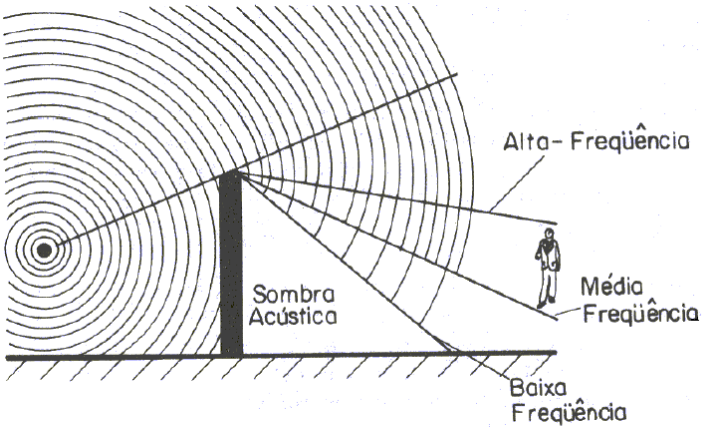
Uma árvore inserida no espaço urbano não constitui, isoladamente, um dispositivo de oposição à penetração do ruído. É necessária uma grande quantidade de árvores, adequadamente arranjadas, para que esse objetivo seja alcançado. Dados antigos indicam que uma plantação densa, composta de folhagens em todos os níveis, atenua, no máximo, l dB(A) para 10 metros de espessura de plantação, ou seja, para 100 metros de floresta densa a atenuação obtida é 10 dB(A) (CETUR[14], apud SOUZA, 2004). Todavia, as árvores podem criar, em um espaço urbano, uma modificação sensível da ambiência acústica pelo efeito da absorção e pelo efeito do mascaramento (SOUZA, idem).

Um outro efeito, já no campo da percepção visual e térmica, relaciona-se com os efeitos psicológicos sensação de frescor e tranqüilidade - produzidos pela presença de vegetação.

[14] Ibid.

2.5.3. Barreiras acústicas

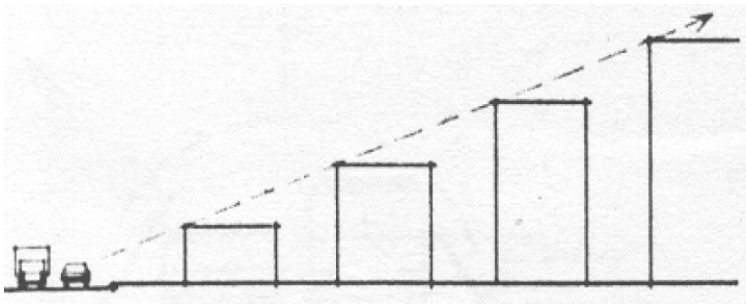
As barreiras acústicas são usadas para atenuação de ruído do tráfego de veículos, máquinas de construção, geradores ou transformadores. O desempenho de uma barreira varia em função de sua altura, de seu posicionamento entre a fonte sonora e o receptor, além das freqüências sonoras em questão; impedindo a livre propagação do som e reduzindo o nível sonoro que chega ao receptor. A atenuação sonora se dá por conta do fenômeno da difração, formando uma região de sombra acústica que será maior para sons de altas freqüências e quanto mais alta for a barreira Figura 10.



Fonte: GERGES, 2000.

Figura 10 - Conceito geométrico de Barreira Acústica.

De acordo com Niemeyer e Slama (apud GUEDES, 2005), a implantação de prédios às margens de vias de tráfego, também, pode ser utilizada como barreiras acústicas, de modo que o primeiro prédio sirva de barreira para o segundo e assim, sucessivamente, como o croqui demonstra na Figura 11. Todavia, deve-se existir a preocupação de que os primeiros prédios possuam atividades menos sensíveis ao ruído ou que a fachada voltada para via apresente adequado isolamento acústico.



Fonte: NIEMEYER E SLAMA (apud GUEDES, 2005).

Figura 11 - Desempenho de edifícios como barreiras acústicas (plano de massas).

2.5.4. Edifícios – implantação e volumetria

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 da fonte, como será visto adiante.

De acordo com CETUR (apud SOUZA, 2004), o lote não se constitui em uma ferramenta de análise e de leitura dos mecanismos de propagação sonora na cidade tão poderosa quanto o quarteirão. Não obstante, 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.

2.5.4.1. As Edificações / Fachadas

A implantação e as características das edificações influenciam decisivamente na propagação do som no meio urbano. O volume e o arranjo das edificações no lote, assim

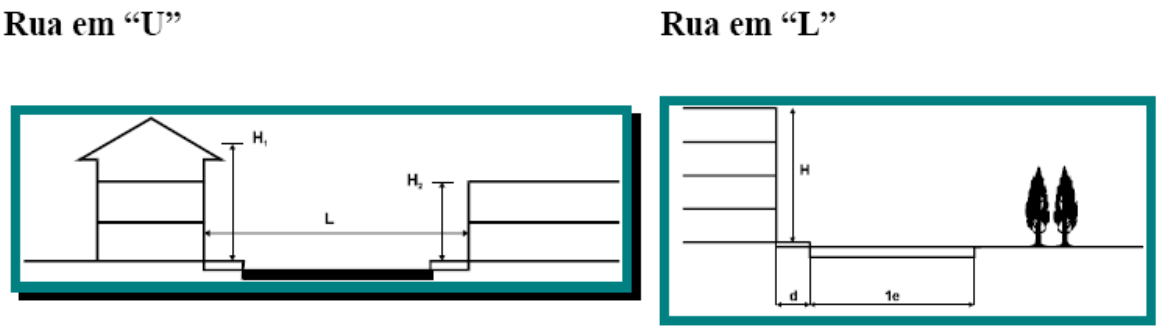
como o tipo de material de revestimento utilizado nas fachadas, constituem-se em fatores importantes a serem considerados no ambiente externo.

O volume e o arranjo no lote interferem na permeabilidade do tecido urbano ao ruído (tecido aberto ou fechado). Por sua vez os materiais de revestimentos podem ser utilizados para criar uma ambiência surda (boa privacidade), para melhorar a percepção de determinados sons ou, ainda, para mascarar um som indesejável. Dependendo do caso é recomendado o uso de materiais absorventes ou reflexivos.

2.5.5. Reverberação urbana

Duas configurações de rua são possíveis de ser identificadas, considerando-se determinadas características geométricas da mesma:

- 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, de tal forma que a relação entre o gabarito e a distância entre fachadas seja superior a 0,2. No caso de gabarito dissimétrico, conforme mostrado na Figura 12, em seguida, será também considerada rua em "U', se a relação do gabarito do lado mais baixo (H2) em relação à distância entre edificações (L) for igualou superior a 0,2.
- Rua de tecido urbano aberto - caracteriza-se pelo tecido urbano aberto, no qual as edificações se encontram implantadas de forma descontínua ou possuindo gabarito reduzido, no qual a relação entre esse e a largura da fachada é inferior a 0,2. Existe ainda um outro tipo particular de rua de tecido aberto, no qual só se encontram edificações em apenas um dos lados da via - Rua em "L", como ilustrada na Figura 12.

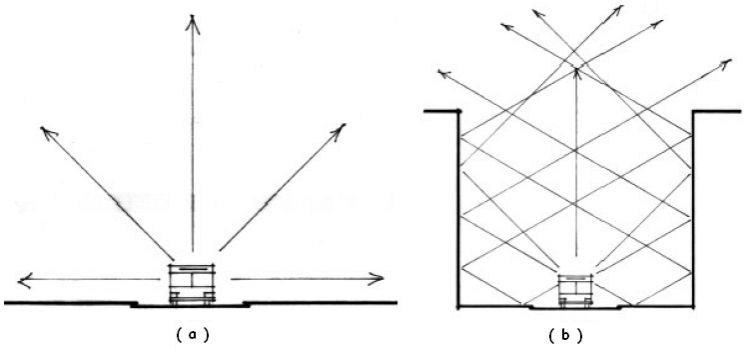


Fonte: CETUR (apud SOUZA, 2004).

Figura 12 - Configurações de ruas em "U" e "L".

Nos ambientes urbanos encontram-se presentes dois tipos de espaços acústicos: os abertos, que se caracterizam pela existência de um campo sonoro direto ou campo livre, e os fechados, nos quais se estabelece um campo sonoro, parcialmente, difuso.

No primeiro caso, a atenuação do som varia em função do afastamento entre fonte – receptor, e os níveis sonoros se apresentam menores à medida que se aumenta a distância. Nesses espaços o som se dispersa na atmosfera sem retornar (Figura 13a). No segundo caso, as ondas sofrem múltiplas reflexões e o seu nível sonoro decai, lentamente, sendo quase o mesmo em várias posições (Figura 13b).

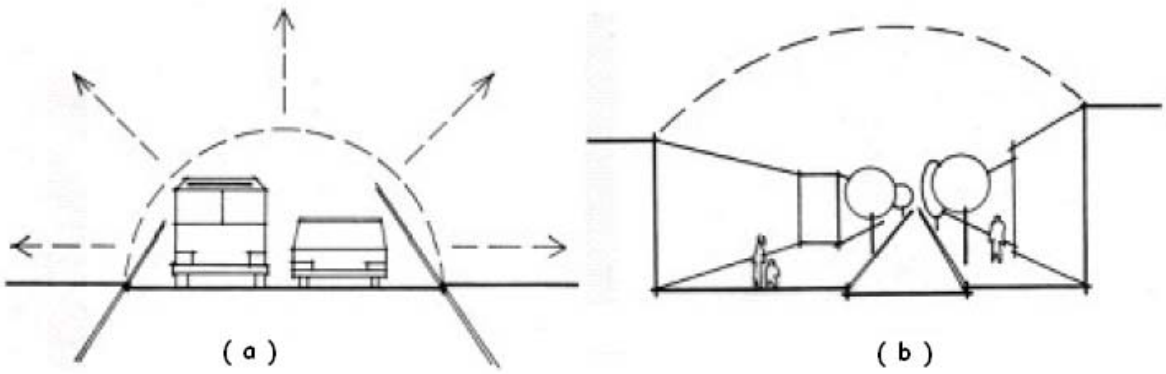


Fonte: Adaptado de Niemeyer e Santos (apud GUEDES, 2005).

Figura 13 - Espaços acústicos: (a) aberto e (b) fechado.

Da Figura 13b ocorre o fenômeno da reverberação - fisicamente representado pela permanência do som por um determinado intervalo de tempo após a fonte sonora inicial ser extinta - devido às múltiplas reflexões das ondas sonoras nas fachadas paralelas dos edifícios, amplificando, por exemplo, os sons provenientes do tráfego.

Beranek e Vér (1992) denominam de *canyons urbanos* estes espaços acústicos fechados. Neste caso, para a mesma fonte e distância, os níveis sonoros nesses espaços se apresentam maiores do que no espaço acústico aberto.



Fonte: Adaptado de Niemeyer e Santos (2001).

Figura 14 - Representação da Via (a) e da Rua (b).

2.5.5.1. Via e Rua

Via é a pista para circulação dos veículos, onde circula a fonte sonora. Difere entre si em função de sua largura, do tipo e composição do tráfego existente (Figura 14a). Consiste não somente na via de circulação, mas também, no seu entorno imediato, englobando o espaço entre a calçada e alinhamento das fachadas. O ruído emitido nesses espaços é influenciado pelo tipo de pavimentação nas vias e calçadas; pelo revestimento, alinhamento e movimentação das fachadas (Figura 14b).

Niemeyer e Slama (1998) destacam, também, que o ruído dentro das edificações se diferencia daquele percebido nas ruas por conta das alterações ocorridas no seu nível e espectro sonoro ao transpor as fachadas dessas edificações.

Baring (1990) complementa que, em ruas de perfil “L”, os ruídos gerados pelo tráfego nas vias atingem às fachadas dos edifícios, normalmente, de baixo para cima. Nesses casos, a existência nos prédios de elementos como marquises, platibandas, balcões (varandas ou sacadas) podem contribuir para a atenuação do ruído que chega ao interior dos seus apartamentos. No entanto, Baring (1990) ressalta que em ruas tipo “U”, esses elementos não apresentam o mesmo desempenho, pois, as parcelas de ruído, devido às múltiplas reflexões, incidem quase perpendicularmente às fachadas.

Na rua em "U", as númerosas reflexões produzidas pelas fachadas das edificações apresentam papel preponderante nos níveis sonoros, fazendo 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. Esse tipo de configuração é muito comum em grandes centros urbanos e costuma-se denominar o campo sonoro gerado como campo sonoro reverberante parcialmente difuso.

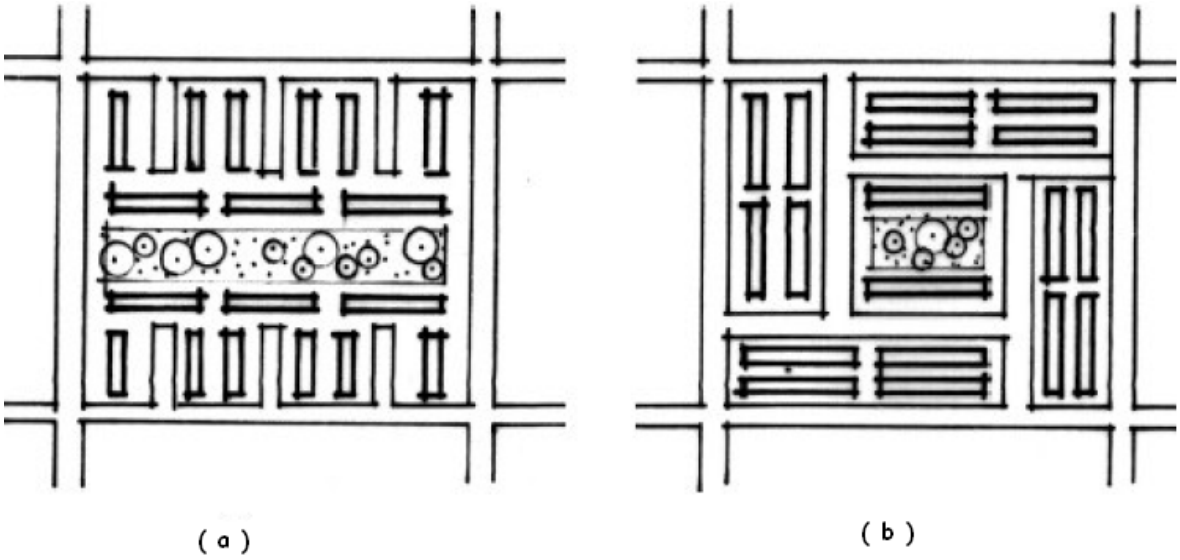
Na rua em "L" e nas ruas demais ruas de tecido aberto, entre a fonte sonora e as fachadas das edificações não existem obstáculos - o nível sonoro diminui na medida em que o receptor se afasta da fonte. Ou, quando existentes apenas ocorre uma simples reflexão - após esta, o ruído emitido por uma fonte se afasta, retoma, depois se afasta e

desaparece em outra direção; não havendo, portanto, nenhuma reverberação importante. Assim, o campo sonoro produzido nesse tipo de configuração é denominado de campo direto.

2.5.6. Quadra ou quarteirão

Niemeyer e Slama (1998) definem quadras, como unidades do espaço urbano, constituídas por lotes (em geral, retangulares) e delimitadas pelas vias. Acusticamente, podem ser entendidas como porções desse espaço limítrofe ao local de emissão de ruído (vias), onde seus edifícios desempenham papel de barreiras, protegendo seus ambientes internos dos níveis sonoros externos.

A depender da distribuição dessas edificações, a quadra tende a ser mais ou menos exposta ao ruído de tráfego, conforme as configurações apresentadas na Figura 15.



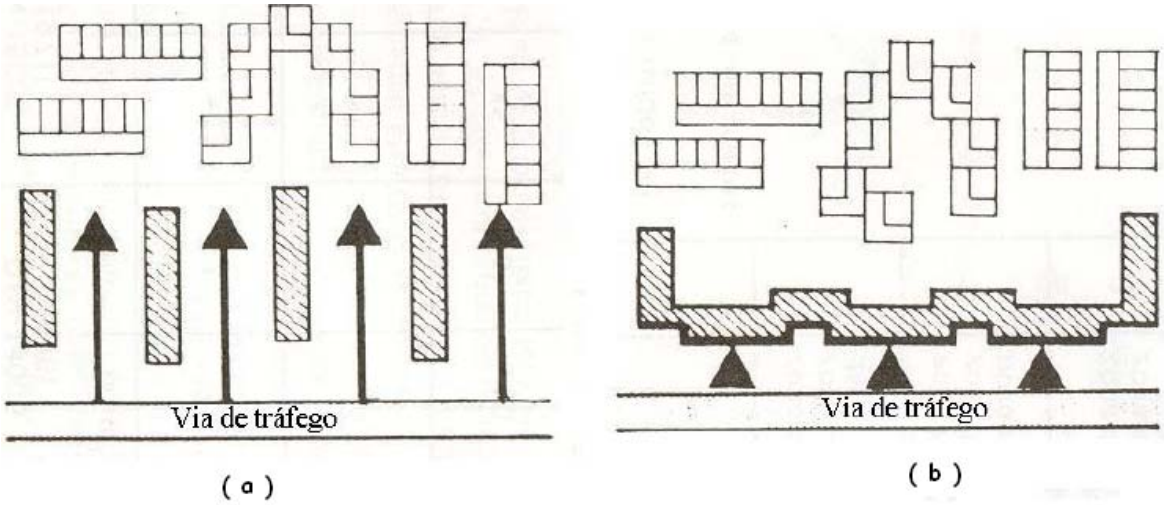
Fonte: Niemeyer e Santos (apud GUDES, 2005)

Figura 15 - Quadra mais exposta ao ruído de tráfego (a) e quadra menos exposta ao mesmo ruído (b).

2.5.7. Permeabilidade

O conceito de permeabilidade se refere às trajetórias percorridas pelo som na escala urbana ou do edifício, sendo relevante para o entendimento da relação entre a configuração urbana e suas tipologias arquitetônicas diante do ruído.

A Figura 16 exemplifica esse conceito dentro de um contexto urbano, em que uma maior ou menor permeabilidade de um tecido urbano depende da disposição dos edifícios frente às fontes sonoras, no caso representadas pela via de tráfego.



Fonte: Adaptado de Prinz (apud SOUZA, 2004).

Figura 16 - (a) Maior permeabilidade ao ruído da via de tráfego (b) menor permeabilidade ao ruído da via de tráfego.

Já a permeabilidade na escala do edifício está relacionada não somente ao número e posicionamento das aberturas nas fachadas, mas também, às propriedades físicas dos materiais utilizados nas suas fachadas.

2.5.8. Distância ou Espessura

Da mesma maneira que a permeabilidade, o conceito de espessura pode ser aplicado tanto à escala urbana quanto ao próprio edifício. No contexto urbano, tal espessura encontra-se relacionada, por exemplo, à disposição das edificações - limite de uma quadra, funcionando como barreiras ao ruído externo. Ou ainda, pela existência de espaços de transição, como, pátios ou jardins, os quais possibilitam atenuações sucessivas desse ruído sem a necessidade do uso de elementos-barreira (muros altos) os quais podem comprometer outros aspectos do conforto ambiental, por exemplo, a ventilação natural.

Na escala do edifício, os espaços de transição se mostram também úteis. A utilização desses espaços, tais como, varandas, pórticos, escadas, contribui para atenuação do ruído, funcionando como antecâmaras para áreas de atividades sensíveis como dormitórios, por exemplo. De acordo com Baring (1990), a utilização desses elementos de transição bem como a realização de estudos prévios de implantação e orientação dos edifícios em relação às fontes de ruído consistem em importantes alternativas para minimizar o impacto acústico nas fachadas.

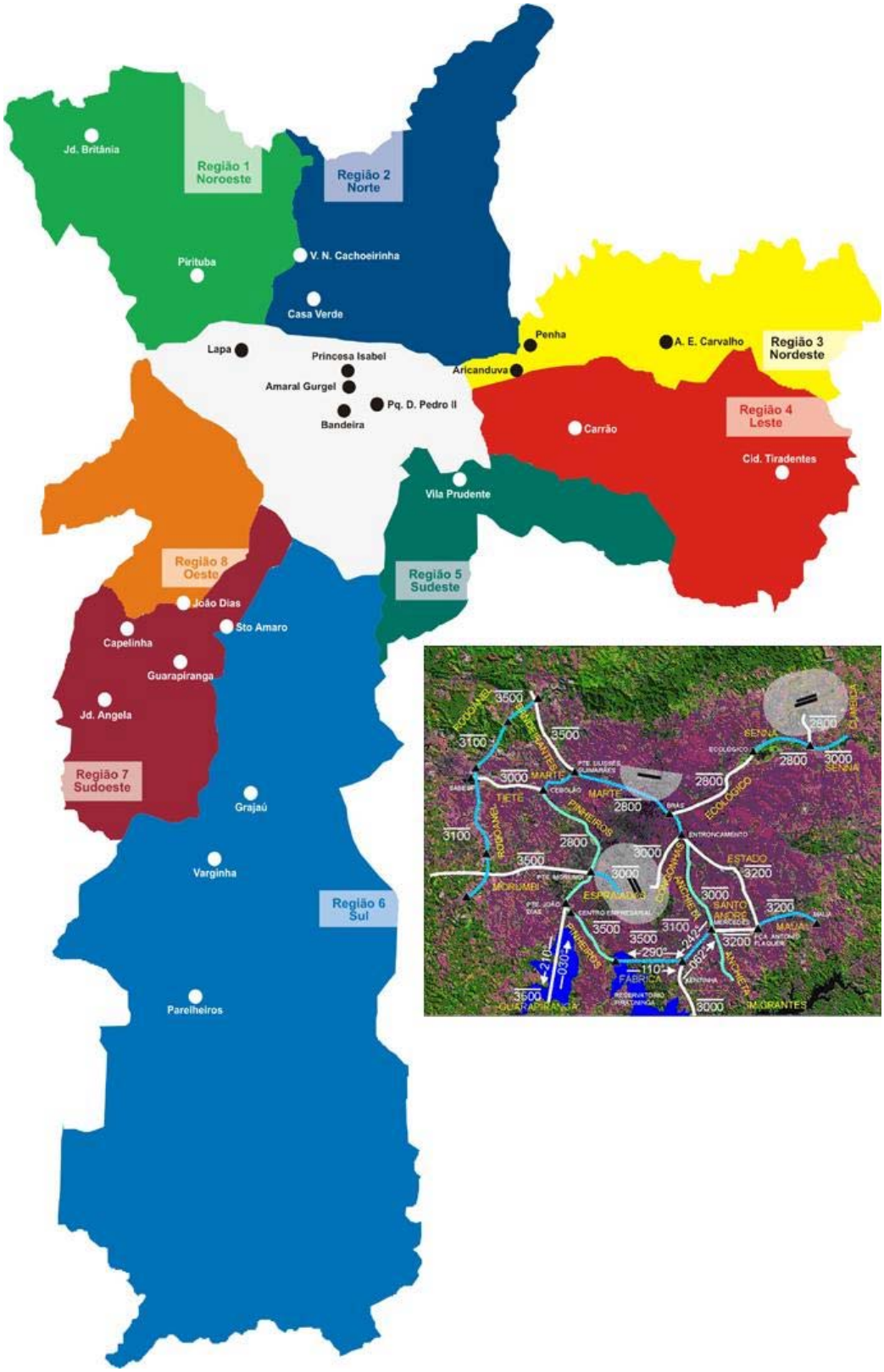
2.6. Poluição sonora

A principal condição de interesse desta dissertação e dos artigos técnicos consultados é a qualidade do meio ambiente urbano sob a perspectiva da saúde da população, tendo os parâmetros da Organização Mundial de Saúde como elementos norteadores.

Logo, mesmo identificando o impacto sonoro de veículos de transporte como os aviões, com os três aeroportos na Região Metropolitana e os helicópteros, com vários heliportos e helipontos distribuídos pelo espaço urbano, estas fontes sonoras não serão estudadas.

Possuem menor participação no volume de passageiros transportados, veículos em circulação, freqüência de viagens e, principalmente a concentrada distribuição no espaço metropolitano, conforme comparadas as imagens das rotas aéreas e a área atendida por transporte em ônibus, por exemplo.

Na Figura 17 verifica-se que as rotas aéreas dos helicópteros cobrem a área central da capital paulista. Os pilotos são orientados a seguir a orientação das grandes avenidas, evitando baixas altitudes e sobrevôos em área residencial. Independente destas orientações conflitos ocorrem constantemente em helipontos dispostos na cobertura de edifícios, alocados em bairros de uso misto ou residenciais. No centro do mapa do município, na cor branca esta a principal área de sobrevôos. Portanto, diante das demais regiões urbanas, alem de não serem atendidas por este tipo de transporte, não estão expostas ao ruído originado por estas fontes sonoras.



(Fonte: PMSP, 2006)

Figura 17 - Mapa da Cidade de São Paulo e a distribuição por área de atendimento de transporte urbano através de ônibus.

2.6.1. Ônibus urbano

Vários fatores degradam o serviço de transporte por ônibus nas grandes cidades justificando os argumentos de usuários que, mesmo dispondo de veículo particular, usaria os serviços de qualidade se fossem ofertados. Manobras escusas e política empresarial sem comprometimento com serviço público de transporte são usadas habitualmente.

Uma delas, determinação da Secretaria de Transporte de São Paulo na gestão municipal de 2000/2004, "não poderiam circular ônibus com mais de dez anos em uso. Com a possibilidade de interpretação de 'veículos em uso na cidade fim', as empresas de ônibus organizadas em cartel" (CORRÊA, 2002), trocam seus veículos com mais de dez anos de fabricação com outras cidades, entre Rio de Janeiro e São Paulo por exemplo, comprovando que o veículo não foi utilizado na cidade-fim, mesmo tendo idade de uso superior ao estipulado.

Mesmo com perspectivas de renovação da frota e outras tecnologias de veículos, atualmente as principais características da ausência de qualidade e ineficiência no sistema de transporte público através de ônibus podem ser identificados nas descrições a seguir:

No interior dos veículos:

- Excesso de vibrações quando o veículo esta parado – por desbalanceamento do motor - ou, quando em movimento, devido ao sistema de amortecimento ineficaz ante as ondulações superficiais, buracos e obstáculos das ruas.

- Ruído aéreo excessivo - inclusive com perda auditiva em motoristas (CORRÊA, 2002) - contribui para o desconforto acústico.
- Quando há possibilidade de sentar, habitualmente fora dos horários de pico, os assentos em plástico rígido contribuem para o desconforto ergonômico.
- Em horário de pico há alto adensamento, dificultando a movimentação no interior do veículo, a permanência em segurança com as constantes mudança de direção e a permanência de pessoas literalmente penduradas nas alças externas do veículo. Este último aspecto evidentemente não depende das empresas e esta relacionado à cultura e educação dos usuários, expondo sua segurança em na pressão de cumprir horários ou outros fatores.
- No verão, em dias de chuva, os vidros permanecem fechados e com alta ocupação e umidade, há grande desconforto térmico.

Nos pontos de parada dos veículos:

- Alem da poluição do ar dos veículos que transitam pelas vias publicas, com a aceleração de partida e o sistema de freio, os ônibus emitem forte odoRua
- Pior ponto de exposição aos ruídos devido a proximidade e aos elevados níveis de ruídos obtidos com a frenagem e aceleração dos veículos, normalmente atingindo níveis superiores a 80 dB(A), conforme as condições de manutenção e idade de fabricação dos veículos.
- Muitos pontos de parada não possuem qualquer infra-estrutura de apoio ao usuário, apenas um poste fixado na calçada, sem assentos ou proteção as intempéries.
- Nos chamados corredores de transporte, os pontos de parada (Figura 18), são cobertos com telhas metálicas e revestimento inferior com absorvente acústico

na cobertura, possuem assentos ou locais para apoio do corpo. Ainda assim a exposição ao ruído é intensa, com o deslocamento do usuário para o centro da pista, com as fontes de ruído nas duas laterais.

Foto:Nelson Kon. Fonte:Revista Projeto n.291, 2004.

Figura 18 - Estações viárias de transferência. Fonte: PMSP-Barbosa e Corbucci Arquitetos.

Equipamento urbano similar na cidade de Curitiba protege o usuário da exposição ao ruído nas duas laterais. As portas funcionam somente quando o veículo esta estacionado.

Foto: Moria. Fonte:wikipedia.org/Curitiba, 2006.

Figura 19 -Ponto de parada de ônibus em Curitiba

Outros fatores inibidores do uso do transporte em ônibus:

- Com horários apenas de partida do ponto inicial, é incerto o horário de passagem em algum ponto do trajeto, determinado pelo fluxo de veículos no horário, velocidade que o condutor esta utilizando e outros fatores.
- Estresse com o tempo de espera em pontos de ônibus.
- A possibilidade do motorista não parar ao aceno do usuário.
- Insegurança em relação a assaltos.
- Imprevisibilidade de horários, distância a percorrer em caminhadas, e exposição às condições climáticas.
- Proximidade com pessoas desconhecidas ou contato com outras camadas sociais.

Conclui-se destas observações que a qualificação do transporte público, não passa apenas pela aquisição de novos veículos. Toda a infra-estrutura para seu funcionamento deve possuir qualidades que transformem o serviço competitivo frente ao conforto dos veículos particulares.

3. LEGISLAÇÃO

3.1. Brasil

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), possui várias resoluções, fixando normas de preservação do meio ambiente. Como exemplo, a Resolução nº 1, de 08 de março de 1990, inclui os problemas de ruído no controle da poluição do meio ambiente e, com base nessa, todas as atividades geradoras de ruído devem seguir tanto as diretrizes vinculadas à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), para os ruídos gerados pelos veículos automotores.

A norma brasileira para avaliação de ruído ambiental é a NBR 10.151– "Avaliação do nível de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade". De cunho nacional, todas as demais normas municipais utilizam-na como base. A norma NBR 10.151 (2000) especifica um método para medição do ruído, aplicação de correção nos níveis medidos (de acordo com a duração, característica espectral e fator de pico) e o método de avaliação baseado numa comparação entre os níveis sonoros corrigidos (Lc) com o nível de critério de avaliação (NCA). Estes critérios, estabelecidos como admissíveis, indicando se o nível sonoro está na faixa tolerável ou se são necessárias medidas para reduzi-lo.

A norma NBR 10.151 fixa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído na comunidade. A seguir, apresentados na Tabela 1, estão os níveis de critério para ambientes externos em função dos horários diurno e noturno. Segundo a mesma

norma, podem ser definidos pelas autoridades locais, conforme hábitos da população.

Tabela 1 - Nível de critério de avaliação para ambientes externos, em dB(A).

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Área de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT,NBR 10.151 -2000.

Observações integrantes na NBR 10.151:

a- Se o ruído ambiente for superior ao valor da tabela, o NCA assume o valor do ruído ambiente.

b- O nível corrigido para um ruído sem características especiais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente contínuo (LAeq).

c.-Quando o ruído tiver características impulsivas ou de impacto o nível corrigido deve ser o nível máximo medido acrescido de 5 dB(A).

d- Quando o ruído tiver características tonais o nível corrigido será o LAeq acrescido de 5 dB(A).

e- Para ruídos que apresentem tanto características impulsivas ou de impacto como características tonais, o nível corrigido deve ser determinado, aplicando-se os procedimentos anteriores e tomando-se o maior valor encontrado.

3.1.1.Estatuto da Cidade

Criado para disciplinar o parcelamento do solo urbano, a União criou a Lei n. 10.257, em 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade, estabelecendo diretrizes de política urbana. De suas diretrizes gerais cabe destacar o “estabelecimento de normas de ordem publica e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do

bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental" (Art.1º, parágrafo único, in. CASTILHO, 2003).

Dos instrumentos de política urbana elencados pelo Estatuto da Cidade, o interesse para a presente pesquisa é o denominado Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV). Embora sancionada nacionalmente, é a Lei municipal que definirá os empreendimentos e atividades que dependerão de elaboração do EIV para obter licença de construção, ampliação ou funcionamento (SIRVINSKAS, 2006). O mesmo autor relata que o Município de São Paulo já dispunha de elementos similares com a criação da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente e o Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CADES) em 1993. No ano seguinte, o CADES, dispôs sobre o Relatório de Impacto de Vizinhança – RIVI (idem, 2006).

Os instrumentos utilizados para legislar sobre o controle de poluição é concorrente, ou seja, União, Estados e Municípios possuem competência comum para combater a poluição em todas as suas formas. Os critérios apresentados são os já abordados do CONAMA e ABNT.

3.1.2. Norma de Desempenho em Edifícios Residenciais

O Projeto de Norma Brasileira elaborado no âmbito do Comitê Brasileiro de Construção Civil 02 da ABNT circulou para Consulta Pública até o final de 2005. Com retorno ao Comitê para revisão e publicação, ainda sem data de implantação.

"Normas de desempenho são estabelecidas com base nas respostas que um produto deva apresentar, independentemente dos seus materiais constituintes e do processo de

produção. A norma, assim elaborada, visa de um lado incentivar e balizar o desenvolvimento de produtos e, de outro lado, orientar a avaliação da real eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas."[15]

O objetivo da norma é definir os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao edifício habitacional e, excetuados os critérios que dependam diretamente da altura do edifício (segurança estrutural e segurança contra incêndio), os demais critérios podem ser aplicados para edifícios habitacionais com mais de cinco pavimentos.
Os principais critérios abordados são:

- **Segurança:** Segurança estrutural, Segurança contra o fogo, Segurança de usos e operação.
- **Habitabilidade:** Estanqüeidade, Conforto higrotérmico, Conforto acústico, Conforto lumínico, Saúde, higiêne e qualidade do ar, Funcionalidade e acessibilidade, Conforto tátil e antropodinâmico.
- **Sustentabilidade:** Durabilidade, Manutenabilidade, Impacto ambiental.

Os níveis de desempenho estipulados pela norma, para os diferentes elementos e partes da construção (estrutura, pisos internos, fachadas e paredes internas, coberturas e sistema hidrosanitários) são:

- Nível M – nível Mínimo, que devem ser obrigatoriamente atendidos.
- Nível I – nível Intermediário.
- Nível S – nível SuperioRua

[15] ABNT 02:136.01.001, julho 2004, Parte1.- nome provisório

O aspecto que interessa a esta pesquisa é o Conforto Acústico onde a norma especifica os requisitos de isolamento acústico de vedações externas, nível de ruído tolerável no interior da habitação, isolação acústica entre ambientes e ruídos por impactos e ruídos de equipamentos.

"Todas as verificações devem ser realizadas com base nas condições do meio-físico na época do projeto e execução do empreendimento (topografia, sistema viário, fontes de ruídos, fontes de poluição, etc.)"[16], ou seja, para a concepção, localização e o estabelecimento dos componentes construtivos de um determinado edifício são imprescindíveis o conhecimento das condições de ruídos existentes na região do empreendimento.

Os incorporadores devem adotar as condições reais 'na época do projeto' e não aquelas estipuladas pela legislação como limites de ruído para determinado zoneamento como abordado no item 1.1 do referido projeto de norma; logo, torna-se necessário o estabelecimento de fonte de informação confiável para todos os empreendedores imobiliários, disponibilizados por Prefeitura, institutos de pesquisa, universidades, laboratórios habilitados ou similares.

Dados de ruídos ambientais obtidos sem critérios estatísticos apropriados ou medições acústicas pontuais, fatalmente geram distorções que podem inviabilizar empreendimentos por adotarem níveis de ruído superiores ou o inverso, com prejuízo e perda de eficiência por subestimação. Um monitoramento sistemático e a sua divulgação 'oficial' como dado de entrada para projetos acústicos de empreendimentos

[16] ABNT 02:136.01.001, julho 2004, Parte 1, pg5.

imobiliários é a principal aplicação prática da disponibilidade de Mapas de Ruído Urbano, como será abordado no Capitulo 5.

Como elemento condicionante ao desempenho e eficiência de edifícios com atividades de concentração e conforto acústico, os ruídos externos devem ser previstos no plano de viabilidade de empreendimentos a serem construídos.

Variáveis determinantes.

Para edifícios existentes ou aprofundamento de abordagens em relação a determinado sítio, é necessário o levantamento das condições da região estudada. Questões climáticas, predominância de ventos, orientação e posicionamento de janelas, tipologias e percentuais de veículos (leves, pesados), horários de pico, incidência de sinalizações, aclives ou declives de vias circundantes, entre muitas outras variáveis, contribuirão para diferenciar uma região de outra.

3.2. São Paulo

Na cidade de São Paulo o controle a fiscalização de ruídos urbanos é distribuído de acordo com o tipo de atividade. Bares, restaurantes e similares estão sob responsabilidade do município, através das subprefeituras em equipes técnicas do Programa de Silêncio Urbano – PSIU, órgão vinculado a Secretária de Coordenação das Subprefeituras, no ano de 2006. Atividades industriais estão sob controle da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo de São Paulo.

O Ministério Público tem atuado com ações civis publicas em assuntos de poluição sonora. Como exemplo, em 2003 o Ministério Público propôs ação contra a Prefeitura Municipal de São Paulo, condenando-a a execução de obras para redução de ruídos na região do Elevado Costa e Silva.

Consistiu nos seguintes itens: *"instalação de barreiras acústicas nas laterais à pista elevada; revestimento da face inferior do viaduto com material de alta capacidade de absorção sonora; alteração do tipo de piso da via para reduzir o ruído gerado pelo contato do pneu com o solo; redução da velocidade máxima em 60 Km/h e desvio das rotas de ônibus para vias paralelas com menores condições de reverberação sonora"* (SIRVINSKAS, 2006, p.240-241)

Outra ação publica contra a Prefeitura Municipal de São Paulo foi o tratamento acústico do emboque do Túnel Sebastião Camargo, objeto de avaliação no Capitulo 4 e no Anexo.

3.3. Internacionais

Na comunidade européia existem leis mais rígidas e critérios seletivos que os brasileiros. Diferentes metodologias são apropriadas por países ou regiões diferentes. As mais importantes são:

- Metodologia por zoneamento – diferentes zonas são definidas de acordo com a ocupação variando de 3 a 6 os limites de ruído para período diurno e noturno. Similar a NBR 10.151;
- Metodologia *Emergence* – pequenos países não se dividem ambientalmente por zonas, mas consideram o impacto de determinadas fontes de ruído. Por essa razão, importunos ruídos são calculados pela diferença no espaço que separa o

nível de ruído residual e o ruído do ambiente. Geralmente diferentes valores 'emergenciais' são avaliados para dia e noite.

- Metodologia mesclada – alguns países definem severas zonas em conformidade com áreas de uso e requerem o uso da metodologia *Emergence.* São definidos também limites de nível de ruído para dia e noite (LUQUET, 2001).

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 & KJAER, 2000).

A norma ISO 1996 *Acoustics: Description and Measurement of Environmental Noise* consiste na principal norma para avaliação de ruído ambiental, estando dividida em três partes: (i) ISO 1996 - Parte 1 (1982) *Basic quantities and procedures;* (ii) ISO 1996 - Parte 2 (1987) *Acquisition of data pertinent to land use*, ISO 1996 - Parte 3 (1987) *Application to noise limits.*

A norma ISO 9613 *Acoustics: Attenuation of Sound during Propagation Outdoors* é composta de duas partes: (i) ISO 9613 - Parte 1 (1993) *Calculation of the absorption of sound by the atmosphere* e (ii) ISO 9613 - Parte 2 (1996) *General method of calculation*. Apresenta um método para cálculo de propagação sonora ao ar livre, considerando vários efeitos de propagação sobre o solo e sobre a absorção do ar que é detalhada na parte 1 desta norma (SOUZA,2004).

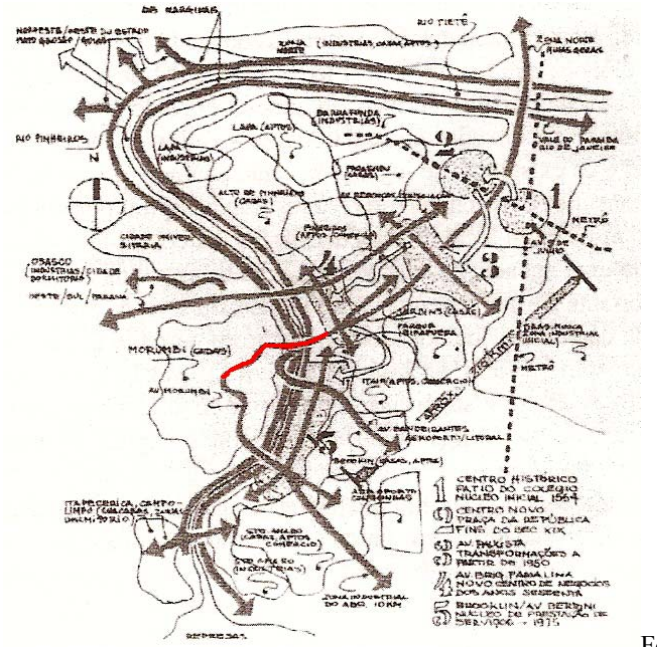
4. ESTUDO DE CASO – TÚNEL SEBASTIÃO CAMARGO

Uma das intervenções impostas pelo planejamento funcionalista, sob a perspectiva da ampliação do sistema viário e suas conexões foi o projeto dos túneis sob o Rio Pinheiros em São Paulo.

A partir de 1975, com estratégias de ocupação espacial partindo de premissas econômicas e de localização, como terrenos baratos, bom acesso viário, possibilidade de expansão, proximidade de bairros residenciais e ausência de grandes construções na redondeza fez com que os arquitetos Carlos, Roberto e Francisco Bratke iniciassem uma profunda transformação na região da Avenida Luís Carlos Berrini na zona sul do município de São Paulo.

A construção de edifícios para escritórios nas décadas seguintes foram fortes indutores para novos empreendimentos comerciais para a região da Marginal do Rio Pinheiros, modificando o "esquema viário de uso e ocupação do solo urbano... e o deslocamento dos centros de negócios em São Paulo", segundo arquiteto Carlos Bratke (1985).

Sua frase era o título do croqui e demonstravam as intenções que se consolidaram posteriormente com as reformulações urbanas como a Operação Urbana Faria Lima (CARLOS (2001) e os demais eixos de circulação, entre os quais a Av. Juscelino Kubitschek e o sistema de túneis abaixo do Rio Pinheiros, objeto deste estudo de caso.



Fonte: adaptado de CARLOS,2001.p.157

Figura 20 - Croqui do arq. Carlos Bratke. Deslocamento dos centros de negócios em São Paulo.

4.1. Túnel Sebastião Camargo

O projeto inicial para o complexo de túneis sob o rio Pinheiros na região originalmente previa um traçado diferente do efetivamente construído. Seguia em linha reta unindo a Avenida Juscelino Kubitschek até encontrar-se com a Rua das Amoreiras, próximo a via coletora Rua Eng. Oscar Americano, como identificado pela Figura 21.

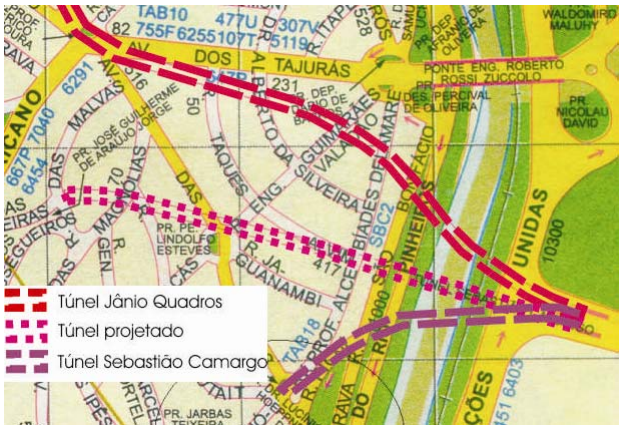


Figura 21 - Traçado original do Túnel Sebastião Camargo e o construído.

4.2. Caracterização do local, da via e dos veículos.

Fonte: GOOGLE EARTH, 2005.

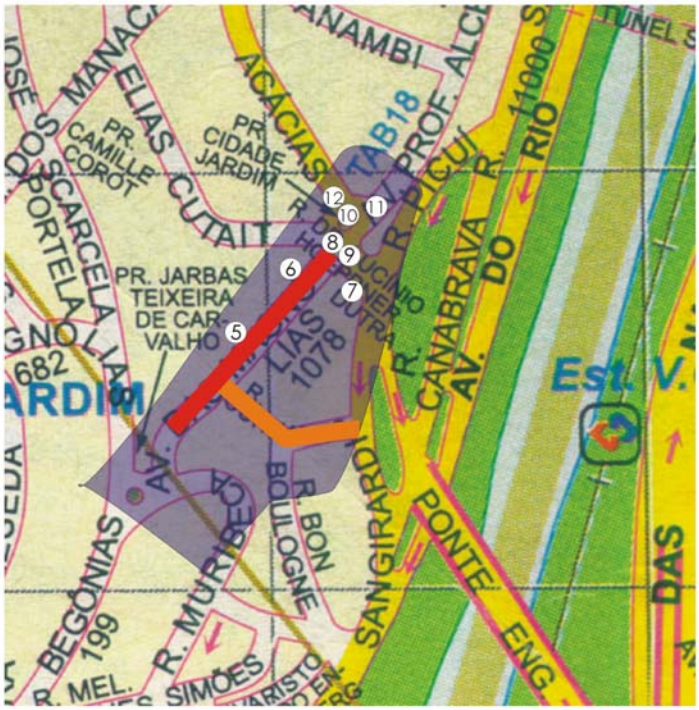
Foto 1 – Foto aérea do local com indicação dos nomes das vias.

O local anteriormente a implantação do Túnel Sebastião Camargo, caracterizava-se como Z1 – Bairro estritamente residencial. Após a implantação o conjunto das vias Avenida Alberto Penteado, Rua das Begônias e Avenida das Magnólias desde a Avenida Giovani Gronchi, Avenida Morumbi e Rua João Pietro, transformaram-se numa via coletora de alta densidade de tráfego. Agravado no trecho da Avenida das Magnólias pelo fluxo recebido da alça da Marginal do Rio Pinheiros pela Rua Cunhatais.

As residências destas três vias passaram a conviver com um tráfego intenso, descaracterizando a condição de bairro residencial. O trecho desde a Rua Cunhatais até a embocadura do túnel foi o mais prejudicado pela alça, responsável por um acréscimo

de 20% no fluxo de veículos e a saída lateral junto ao remanescente da Praça Cidade

FOTOS DO OBJETO DE ESTUDO



Jardim.

Fotos: Machado,M.D., 2004.

A implantação do túnel descaracterizou a Praça Cidade Jardim que ficou dividida em duas partes, uma fechada para dentro do bairro e uma pequena área junto à alça de acesso a Avenida dos Bandeirantes.

4.3. Procedimentos gerais

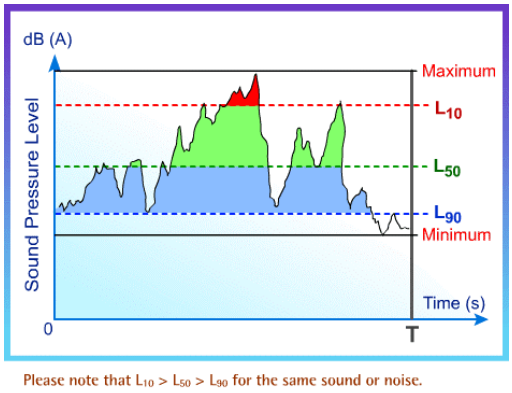
Para caracterizar o ruído de tráfego, principal reclamação dos moradores, foi necessário uma amostra com grande quantidade de informação devido às variações de velocidade, fluxo e tipo de veículos.

A partir dos levantamentos foram calculados os índices que correlacionam o ruído e seus efeitos de perturbação para as várias atividades humanas, especialmente os contidos na NBR 10.151. Obteve-se a distribuição estatística dos níveis de ruído e posteriormente foram calculados os índices L_{10}, L_{90}, $L_{min,}$ L_{max} e $L_{eq,}$ em planilhas eletrônicas, considerando-se critérios de níveis estatísticos a seguir definidos:

L_{90} - nível sonoro que foi excedido em 90% do tempo de medição. Demonstra a condição mais característica do ruído durante o período medido.

L_{10} - nível sonoro que foi excedido em 10% do tempo de medição. Utilizado para quantificação dos ruídos de pico (intrusivos) que ocorreram durante o período da medição.

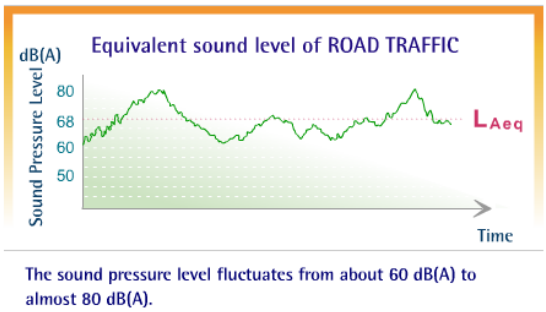
Figura 22 demonstra as variações de níveis de ruído em período de tempo.



Fonte: FHWA, 2004[17]

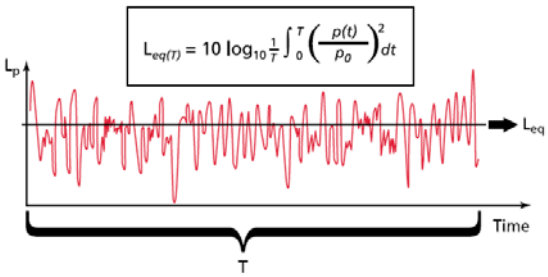
Figura 22 - Exemplo de identificação dos níveis estatísticos em um intervalo de tempo definido.

Os medidores de nível de ruído utilizados nos pontos fixos de medição não dispunham de leitura direta do nível médio durante o período de registro, denominado de *nível equivalente* (Leq). Foi adotado o procedimento e a equação constante na NBR 10.151, calculado similarmente aos níveis estatísticos, com um histograma e a formula reproduzida no gráfico da Figura 24.



Fonte: FHWA, 2004

Figura 23 - Exemplo de cálculo do LAeq de ruídos de tráfego.



Fonte: FHWA, 2004

Figura 24 - Exemplo de níveis de ruído no tempo e o cálculo do Leq.

[17] FHWA. Disponível em:<www.fhwa.dot.gov/environment/keepdown.htm>. Acesso em 15 jun. 2004.

Os detalhes, procedimentos, equipamentos e resultados de cada período das medições encontra-se no Anexo 1.

Os resultados serão comentados para os Pontos de medição 2 e 3. O primeiro localiza-se na frente de uma grelha de água pluvial fixada na via, onde o principal resultado negativo são os impactos gerados pela passagem dos pneus em placas de concreto soltas. O Ponto 3 esta distante de qualquer interferência de picos de ruídos.

Fonte: Guia quatro rodas, 2006.

Figura 25 - Detalhe dos Pontos de medição.

Foto: Machado, M.D., 2004.

Figura 26 - Grelha de escoamento de água pluvial, no Ponto 3 de medição.

4.4. Resultados

Os três gráficos apresentados a seguir demonstram os resultados de um dia de medições.Todos os gráficos diários estão apresentados no Anexo 1.

O Gráfico 1 apresenta os níveis de ruído obtidos durante um dia típico, para um dos locais de medição. Os critérios de avaliação foram o **Leq** e **L10**, pelas características de desconforto proporcionado pelos picos de ruídos.

O Gráfico 2 registra a quantidade de veículos que transitaram na via durante o período de medição.

O Gráfico 3 registra a velocidade media dos veículos que, devido ao sistema de controle por sensores e câmeras, se manteve uniforme durante todo o período de registros. Exceção quando, com excesso de veículos o trânsito para. Nesta condição o ruído do motor se sobrepõe ao contato pneu/solo, deslocamento do ar sobre o veiculo e escapamento.

Observando os resultados diários constata-se que os picos da manhã e noite são os períodos de maior nível de ruído. Entretanto foi verificado que o número de veículos pela manhã é maior que o do final da tarde. Fato que evidencia o fluxo do sentido bairro/centro de manhã. Sendo uma rua de sentido único, no período da tarde e noite o fluxo bairro/centro cai. Os veículos neste período, utilizam a alça da Marginal Pinheiros pela Rua Cunhatais para acesso ao Túnel. O nível de ruído neste momento pode ser relacionado aos veículos parados, em marcha lenta.

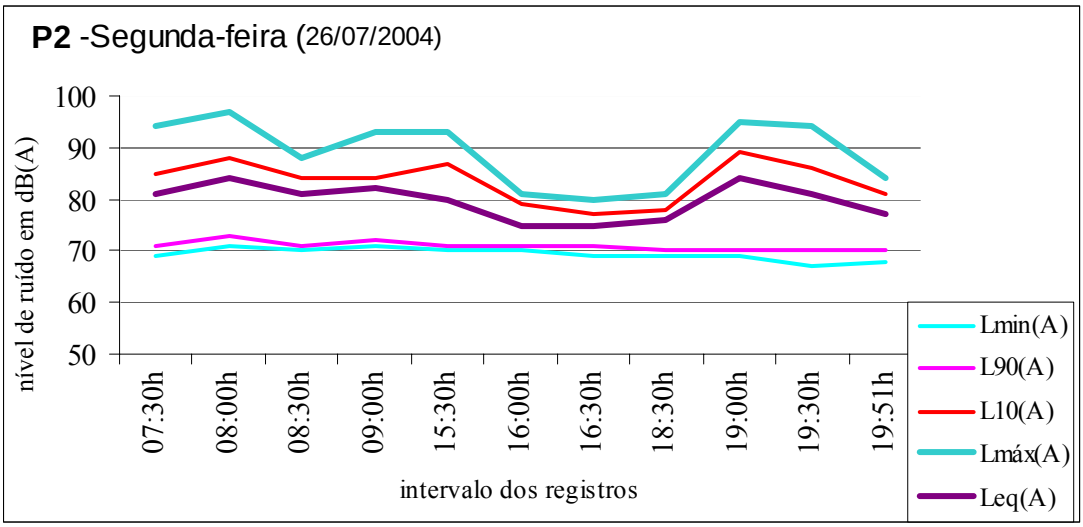


Gráfico 1 - Níveis de ruído obtidos em dB(A) durante um dia típico.

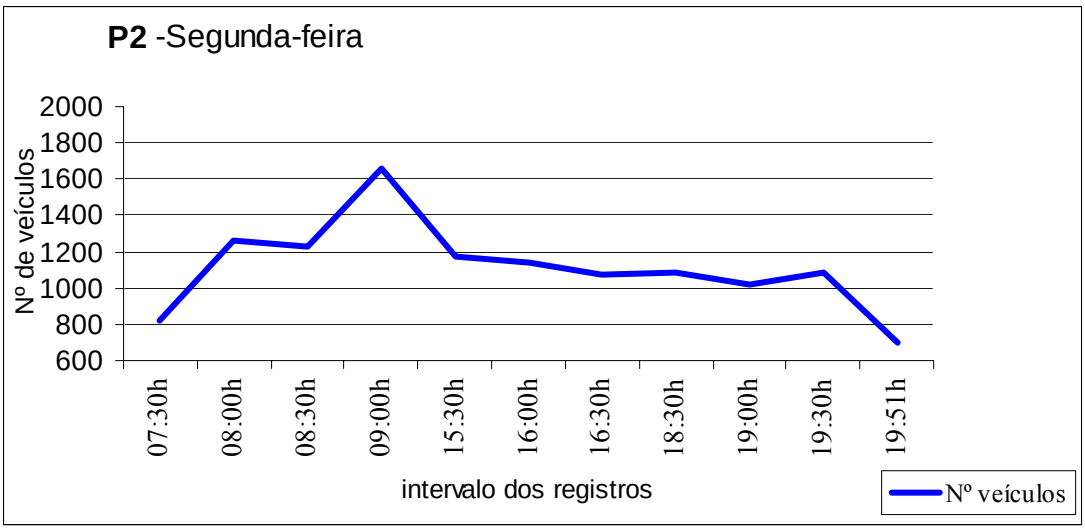


Gráfico 2 - Volume de tráfego de veículos medidos simultaneamente as medições acústicas.

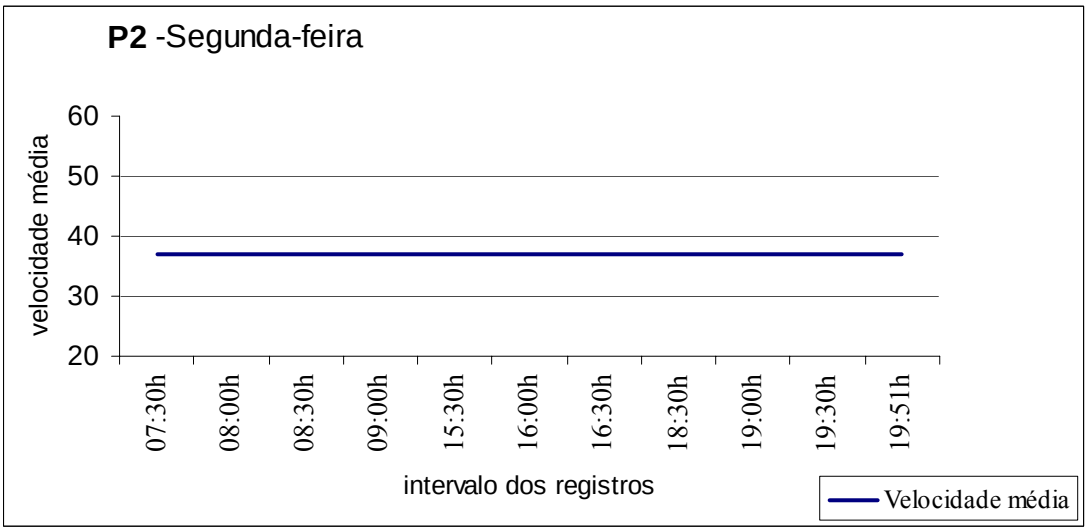


Gráfico 3 - Velocidade média dos veículos.

O Gráfico 4 demonstra todo o período de medições durante a semana. É possível notar que no Ponto 2 os níveis são constantemente superiores ao do Ponto 3. Os dois principais fatores são: a proximidade da Marginal Pinheiros, com altos índices de veículos (400.000 veiculos/dia[18]) e os impactos constantes da passagem de veículos sobre a grelha de piso nas proximidades do Ponto 2.

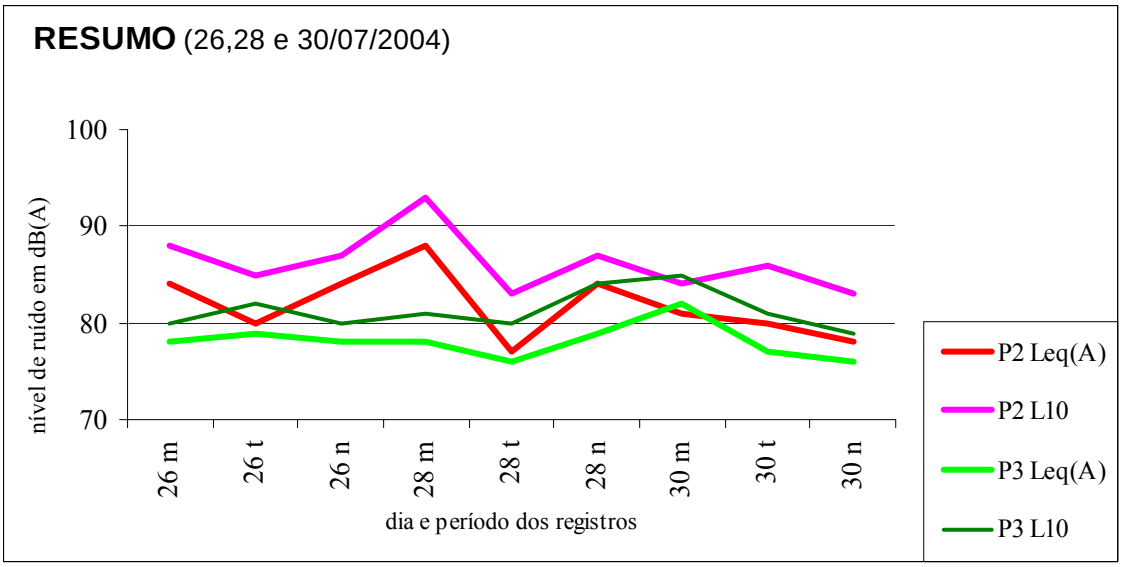


Gráfico 4 – Resumo dos níveis de ruído obtidos durante os três dias de medições acústicas.

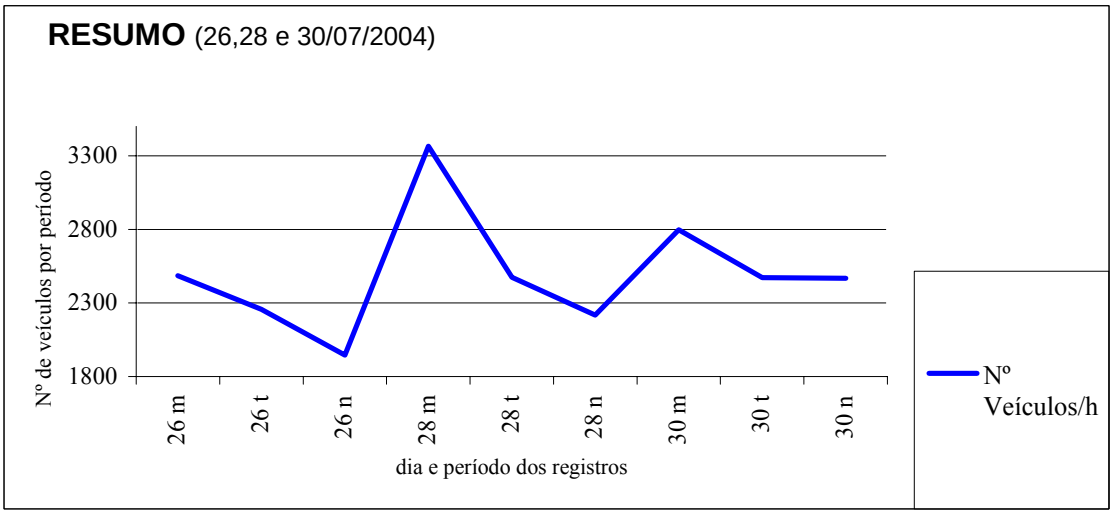


Gráfico 5 - Resumo do fluxo de veículos durante os três dias de medições acústicas.

[18] Fonte: CET-SP, entrevista a Rádio Cultura em 15 de nov. 2006.

4.5. Comentários

Sobre o desenho urbano.

As novas formas da metrópole, realizadas pela dinâmica econômica privada ou planejamento urbanístico do poder público submetem o cidadão as alternativas: "*re-adapta, resiste ou produz novas estratégias para o uso dos lugares*" como sugere Carlos (2001).

A transformação de uma rua de bairro estritamente residencial em via coletora de trânsito e lugar de passagem desqualificou a região avaliada. Tem influência no valor do solo urbano, que neste caso houve desvalorização dos imóveis em função da degradação ambiental pelos motivos listados a seguir.

A embocadura do túnel descaracterizou a Praça Cidade Jardim. Para o alargamento da via parte da vegetação foi retirada. Paredões foram levantados nas proximidades da embocadura. O número de veículos por hora chega a mais de 3000 veículos, sendo muito grande para o tipo de via. A manutenção das grelhas para captação das águas pluviais é péssima.

Sobre o 'clima acústico'.

Os níveis de ruído medidos junto à embocadura do túnel são incompatíveis com a especificidade do bairro, estritamente residencial. A principal fonte de ruído ambiental nesta rua são os veículos. Quando os pneus dos veículos passam pelas grelhas de concreto e tampões circulares metálicos, devido ao desnível destes em relação ao

pavimento asfáltico, proporcionam um impacto gerador dos picos de ruído. Devido a ausência de manutenção preventiva e corretiva.

Outros picos de ruído verificados em menor freqüência são os veículos ruidosos, motos e buzinas. Esta última é o principal artifício utilizado pelos motoristas que não utilizarão o túnel no período das manhãs para tentar 'abrir passagem' e acessar a rua lateral acima do túnel, em sentido à Marginal Pinheiros.

5. ESTUDO PARA UM MAPA DE RUÍDO

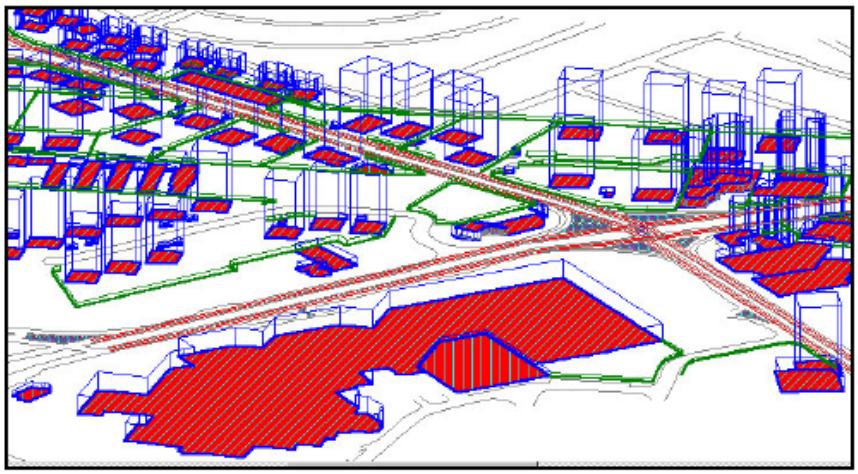
"O futuro da humanidade é dependente da qualidade do ambiente urbano"

R.Rogers

5.1. Mapeamento de ruídos

Simulações computacionais na escala urbana podem ser utilizadas para comparações entre cenários com muitas condicionantes. Os mesmos cenários podem ser registrados e medidos em campo, mas dependem de condições climáticas e dos atores para obtenção dos dados necessários. As simulações contribuem de forma ágil com o estudo de determinada região, devendo-se considerar as possibilidades de erros de inserção de dados ou de procedimentos de diferentes softwares podem contribuir para dados inconsistentes.

Portanto, para o procedimento correto, deve-se construir um modelo que possa representar o mais próximo possível a realidade da região, sendo necessária a realização de medições acústicas no local para posterior comparação com os resultados obtidos pelas simulações.



Fonte: GUEDES, 2005.

Figura 27 - Modelagem de área urbana em Aracajú.

5.1. Conforto Ambiental Urbano

Das questões de Conforto Ambiental existentes nas cidades, o ruído urbano é onde ocorrem as maiores flutuações ocasionadas pela forma de ocupação, diferentes atividades e volume de mobilidade. Nas regiões urbanizadas o ordenamento do território é a principal medida de prevenção de ruído numa ótica de sustentabilidade. Uma criteriosa localização de fontes sonoras e receptores sensíveis ao ruído como escolas, hospitais e edifícios residenciais permitem harmonizar a utilização dos espaços evitando usos conflitantes do espaço urbano.

5.1.1. A cidade de São Paulo

Como não há monitoramento regular dos ruídos urbanos, os trabalhos científicos são a única fonte de dados disponíveis para comparação entre os ruídos registrados na cidade e compara-los a legislação pertinente, que no Município de São Paulo é a Lei nº. 11.804 de 1995, que estabelece as normas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 10.151) para determinar os limites máximos de exposição ao ruído para diferentes zoneamentos e períodos diurno e noturno.

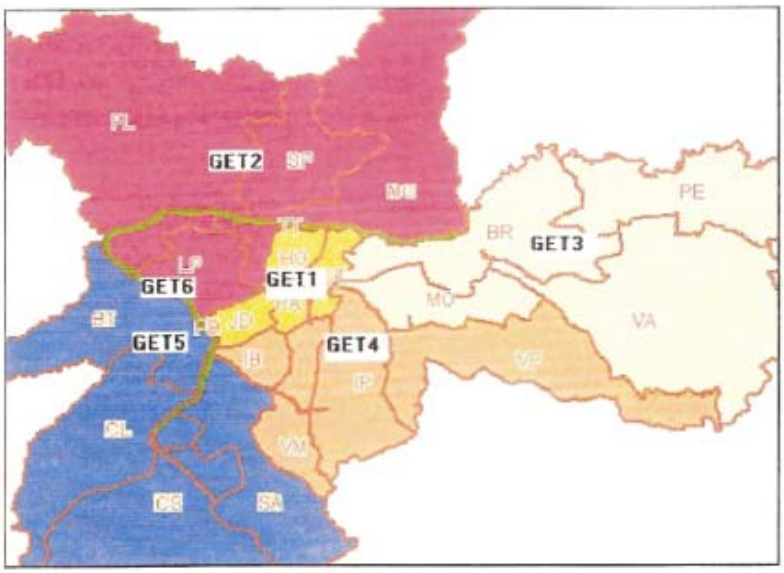
Em (MOURA-de-SOUZA,2002), no período 2000 e 2001, mediu níveis de ruídos em 75 pontos localizados em vias urbanas de São Paulo. Foi verificado que os limites estabelecidos pela lei são excedidos nas três situações abordadas pela legislação: área estritamente residencial ou próxima de hospitais e escolas, áreas predominantemente residenciais e áreas mistas.

O mesmo estudo aponta que a pesquisadora constatou a relação entre as características físicas das vias urbanas e os níveis de ruídos urbanos (idem, p.56) e recomenda, entre outras ações:

- elaboração de estudos utilizando técnicas de geoprocessamento para melhor compreensão do ruído urbano.
- divulgação dos dados de ruído urbano medidos ao longo do tempo.
- implantação de política de controle de emissão de ruídos com objetivo de cumprir as determinações da Legislação Municipal de São Paulo.

A Companhia Engenharia de Tráfego – CET, possui um mapa de setorização administrativa onde se configuram seis regiões chamadas de Gerências de Engenharia de Trafego (GET), conforme Figura 28. As regiões foram divididas em dois grupos:

Grupo A, composto pelas GET menos ruidosas (GET1, GET2, GET4, GET5) e Grupo B, pelas mais ruidosas (GET3 e GET6). A classificação adotou como parâmetro os dados de dosimetria em postos de trabalho de agentes de transito e medições nas GET, onde foram observadas médias acima de 80 dB(A).



Fonte: BARBOSA,2001.

Figura 28 Gerências de Engenharia de Trafego (GET) da CET –SP.

5.1.2.Exemplo Francês

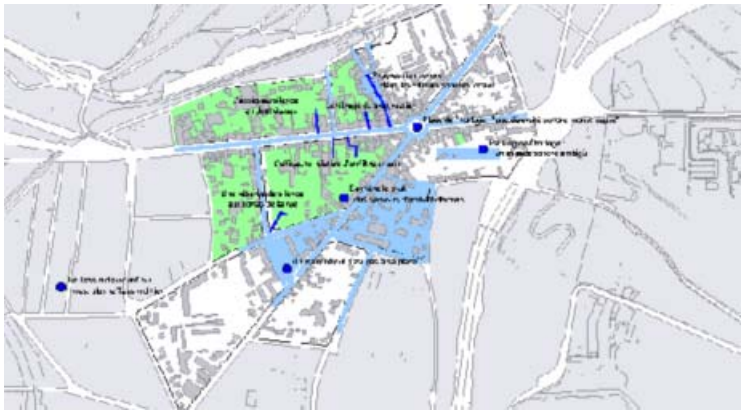
Embora existam experiências significativas de monitoramento de ruído em vários países, procurou-se um modelo singular que alem dos méritos técnicos, mobilizou várias instituições administrativas, educacionais, empresariais e organismos de pesquisa. O modelo da região metropolitana de Lyon na França, com o programa chamado ACOUCITÉ (2005), possui uma gestão do ruído ambiental com sistemas de monitoramento e controle do ruído urbano para proteger receptores sensíveis em coexistência com fontes sonoras elevadas. O programa tem como parceiros a

administração municipal de cidades da região como: Communauté Urbaine de Lyon, Communauté d'agglomérations de Nice Côte d'Azur, Ville de Villeurbanne; centros de pesquisa: CERTU - Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Laboratoire CRESSON: universidades: Ecole d'architecture de Grenoble, ENTPE-Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Laboratoire des sciences sociales de l'habitat; organismos estatais: INRETS- Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité; e empresas fabricantes de equipamentos de medições técnicas.

A experiência do Acoucité, iniciada em 1997, tornou-se em 2002 uma proposição com Diretrizes de Legislação ao Parlamento Europeu e formou a base conceitual para o Plano Nacional de Ação e Controle do Ruído, adotado pelo Ministério da Ecologia e Desenvolvimento Francês em outubro de 2003.

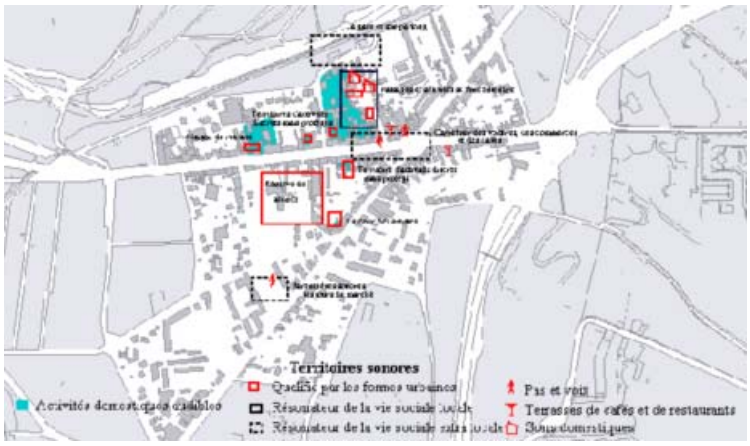
Nas Figuras 29, 30 e 31, verifica-se a alocação de atividades na cidade de Lyon, considerando a densidade habitacional e os territórios de exposição ao ruído ambiente, da separação espacial e das atividades compatíveis com o ruído que podem funcionar como barreiras.

Por exemplo, a localização de uma unidade industrial não ruidosa perto de uma estrada, providencia o efeito de barreira acústica às habitações situadas do lado oposto à estrada.



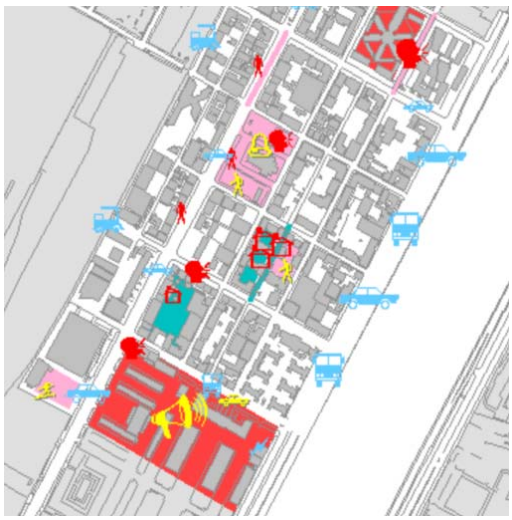
(Fonte: Acoucité, 2005)

Figura 29 - Cidade de Lyon, atividades e uso do solo, 2000.



(Fonte: Acoucité, 2005)

Figura 30 - Cidade de Lyon, territórios sonoros, 2000.



(Fonte: Acoucité, 2005)

Figura 31 - Cidade de Lyon, ilustrações representam as diferentes fontes sonoras nas quadras.

5.2. MAPA DE RUÍDO

5.2.1. Modelagem e Simulações Acústicas

A primeira etapa para a realização de simulações acústicas deve ser iniciada com a construção do modelo geométrico da região em estudo. De acordo com Diniz (2003), apesar do *SoundPLAN* dispor de um módulo para se modelar a região a ser analisada, "é preferível utilizar um *software* tipo *Computer Aided Designer* (CAD), para a representação da planta-baixa com base numa ortofocarta da região"(GUEDES, 2005).

De acordo com Diniz (2003) a precisão de uma modelagem para futuras simulações computacionais influenciará na precisão dos resultados alcançados. Deste modo, é necessário preocupação em construir um modelo que possa representar o mais próximo possível a realidade da região, sendo necessária a realização de medições acústicas no local para posterior comparação com os resultados obtidos pelas simulações, como recomenda *Braunstein* e *Berndt* (2004) no *User's Manual* do *SoundPLAN*. Diniz (2003) comenta, ainda, que a metodologia de cálculo adotada no *software,* como outro aspecto importante que influi na precisão dos resultados de uma determinada simulação.

As modelagens, os cálculos e as avaliações realizadas pelo *SoundPLAN* são baseados em normas, por exemplo, RLS-90, CoRTN, *Statens Planverk 48* e da norma alemã RLS-90, que segundo Calixto (2002) mostrou ser aplicável às condições brasileiras. (GUEDES, 2005).

No Brasil, as pesquisas que têm utilizado com sucesso essa norma são os trabalhos de Diniz (2003) e Paz (2004), realizados na cidade de Curitiba, ambos desenvolvidos no

Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico (LAAICA) na Universidade Federal do Paraná (UFPR).

5.2.2. Método estatístico

A técnica mais simples de elaboração de avaliações de ruídos urbanos é o método estatístico, com a realização de medições acústicas em determinada região considerando vários locais e horários de dias típicos, evitando-se proximidade de fins de semana, feriados, férias, etc. Os resultados obtidos são apresentados em um único número (em dB) por métodos estatísticos para cada hora ou período do dia em cada ponto de medição.

São suficientes para projetos acústicos de edifícios, projetos urbanísticos e fiscalização de estabelecimentos ruidosos.

É necessário o emprego de diversas equipes de campo com equipamentos como medidores de nível sonoro, contadores de tráfego e pranchetas para anotações. Conforme a dimensão da área estudada ou quantidades de dados obtidos, outras equipes são necessárias para o tratamento das informações recebidas, o processamento dos dados e a elaboração do produto final – relatórios ou projetos.

As fotos abaixo foram realizadas durante o estudo de caso abordado no Capitulo anterior, em São Paulo.

Para compreensão do ambiente acústico as medições foram realizadas em uma semana típica, na segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira, nos períodos da manhã, tarde e noite,

durante duas horas consecutivas em cada período. Foram empregadas três equipes de campo com duas pessoas cada e um coordenador.

Foto: Machado, M.D. 2004.

Foto 2 - Medições acústicas estatísticas.

Foto: Machado, M.D. 2004.

Foto 3 - Medições acústicas e contagem de veículos.

5.2.3. Monitoramento

Existem sistemas de monitoramento ambiental em tempo real, medindo acústica, ventilação, térmica e iluminação, por períodos indefinidos em pontos previamente estabelecidos em zonas de influência do tráfego rodoviário e aéreo através da utilização de equipamentos com gravação de vídeo e áudio digitais com transmissão em tempo real para uma central de processamento ou gravando no próprio equipamento.

Na Figura 32, verifica-se um modelo de equipamentos e sistema utilizado em Lyon pela empresa 01dB, para captação sonora e tratamento de dados.

Fonte:Acoucité e 01dB (2005)

Figura 32 - Cidade de Lyon, software de análise.

Fonte:Acoucité e 01dB (2005).

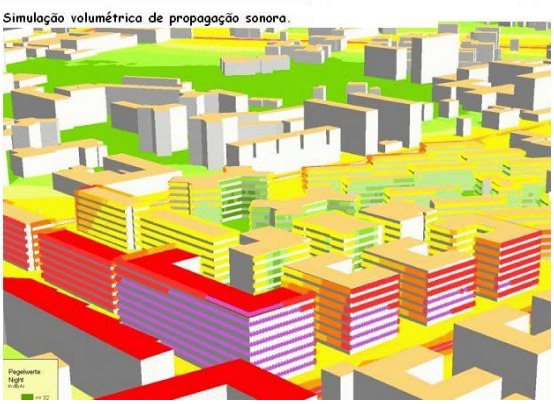
Foto 4 – Ponto de medição sonora.

Os resultados podem ser projetados através de curvas isosônicas (de igual intensidade sonora) com o resultado por período ou horário sobre base cartográfica existente, conforme se verifica no alto da Figura 32.

5.2.4. Simulação em modelos

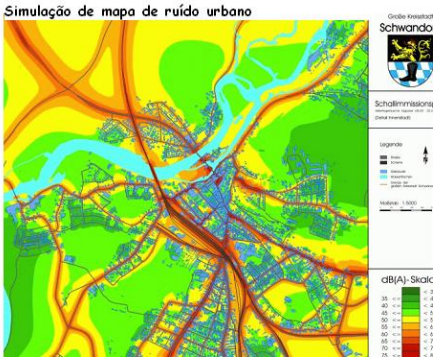
Outra forma de obtenção de dados é a simulação com os modelos desenvolvidos em softwares especializados. A eficiência deste sistema pode ser reduzida devido à quantidade de informações e dados de entrada que podem estar incorretos.

A escala gráfica a esquerda da imagem onde a cor vermelha há ruído intenso e verde são baixos níveis de ruído.



Fonte: SoundPlan, 2005.

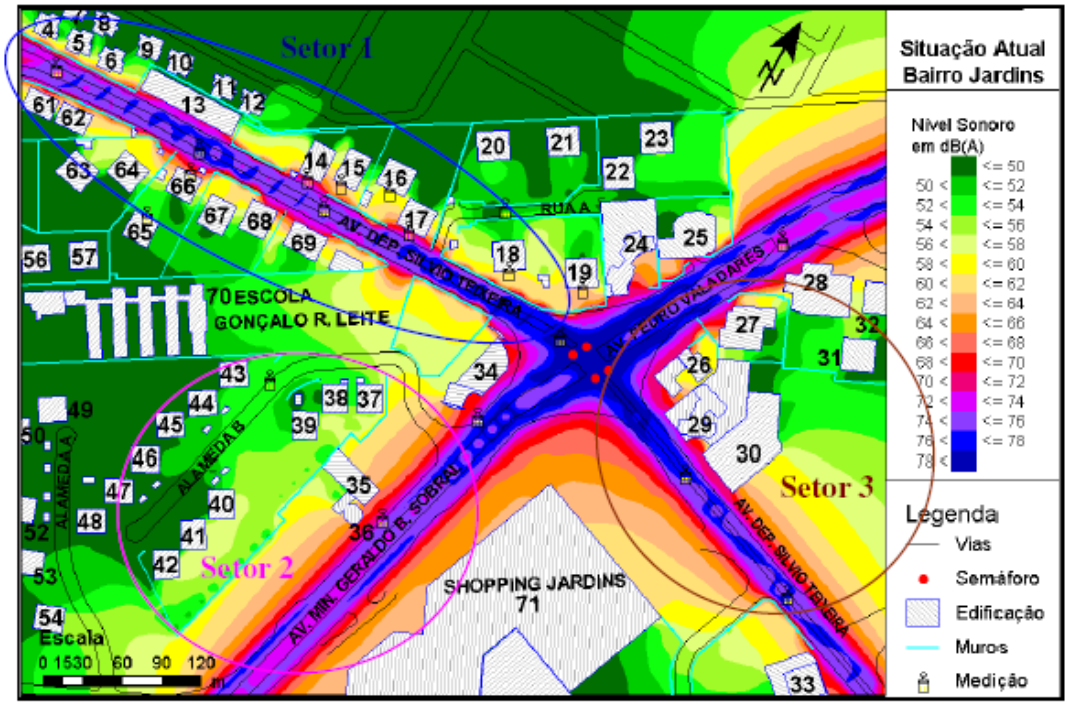
Figura 33 – Modelagem em 3D no SoundPlan para uso urbano.



Fonte: SoundPlan, 2005.

Figura 34 - Modelagem em 3D no SoundPlan para uso regional.

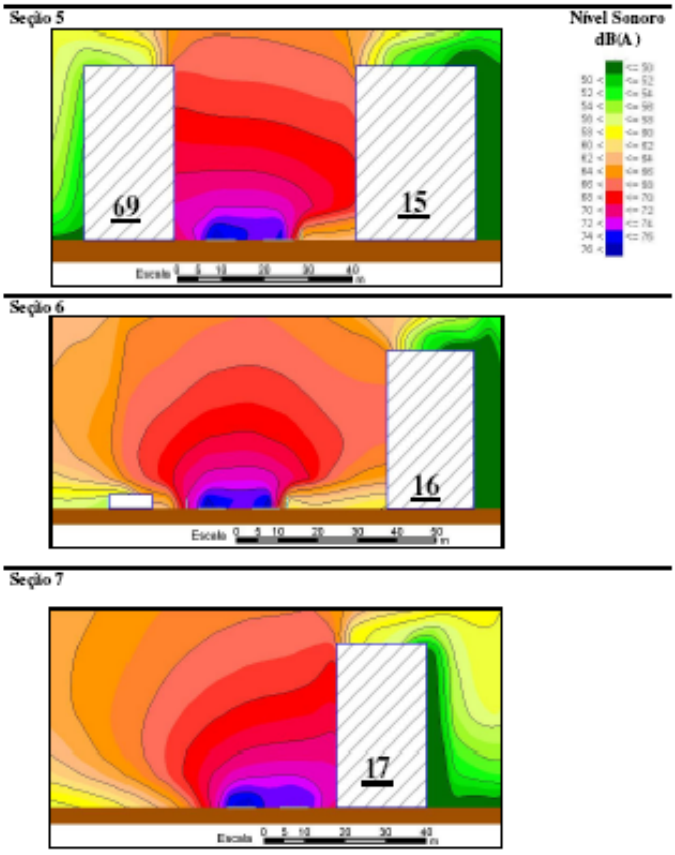
Pela agilidade e baixo custo operacional quando empregado em grandes áreas, ou modelos tridimensionais, estes softwares estão sendo estudados e validados por vários órgãos de pesquisa internacionais, como o CSTB.



Fonte: GUEDES 2005

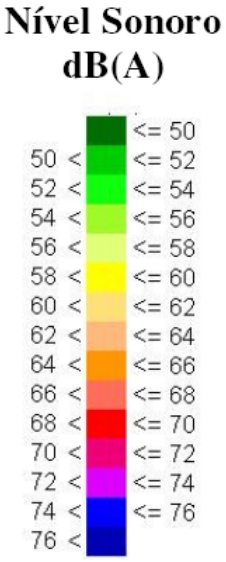
Figura 35 - Modelagem urbana no SoundPlan. Cidade de Aracajú.

A graduação representando os níveis de ruído vão das cores verde, menor nível de ruído às cores de azul, onde o ruído é mais intenso.



Fonte: GUEDES 2005

Figura 36 – Simulação em corte de via urbana, com barreira acústica de um edifício.



Fonte: GUEDES 2005

Figura 37 - Escala gráfica SoundPlan.

5.3. Comentários sobre mapas de ruído

Dos sistemas avaliados, o que permite as menores margens de erro é o monitoramento em tempo real. Sistema que pelo alto custo se justifica em casos extremos de geração de ruídos – como aeroportos; ou em ambientes sensíveis a intensidade sonora – como hospitais e escolas.

O Mapa de Ruídos oriundo de monitoramento permite avaliação de áreas urbanas para estudos de legislação de uso e ocupação do solo, entre outros. Sua disponibilidade proporcionará a informação de índices confiáveis de ruídos externos para a adequada proposição de localização, posicionamento e especificações de componentes construtivos para fachadas em edifícios residenciais e aqueles que demandem controle rígido de exposição como hospitais, escolas e residenciais.

Parâmetros de ruídos ambientais são necessários para os profissionais projetistas obterem informações confiáveis acerca das condições externas do sítio onde serão projetados empreendimentos com espaços sensíveis, concernente ao conforto acústico dos ambientes internos.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Sobre a pesquisa

Essa pesquisa buscou estudar de que maneira a interação entre fontes sonoras de tráfego veicular e a forma urbana e influenciam para um ambiente sonoro, utilizando-se um estudo de caso como campo experimental, o emboque do Túnel Sebastião Camargo.

A região predominantemente residencial, apresenta espaços urbanos com diferenciações em suas características físicas, as quais contribuíram para a realização desse estudo. Durante as observações do cenário acústico atual da região, foi visto que o tráfego de veículos nessas avenidas consiste na principal fonte de ruído local e degradou o ambiente urbano.

O cenário atual mostra que as edificações às margens das vias de tráfego estão expostas a maiores níveis sonoros em relação aos edifícios mais recuados, destacando ainda, a formação de zonas de sombra acústica por trás de uma edificação ou conjunto dessas. As fachadas voltadas para essas áreas estão mais protegidas do ruído do tráfego.

A implantação de edifícios menos sensíveis ao ruído ou como barreiras acústicas pode contribuir como elementos de controle de ruído, protegendo os prédios com atividades mais sensíveis ao ruído localizados em sua face oposta.

Esses aspectos mostram a importância de prever os níveis de ruído gerados pelo tráfego de uma via e utilizar essas informações como condicionante físico, assim como a orientação solar. Durante a fase de projeto, tanto na escala urbana quanto na dimensão

do edifício, devem ser consideradas estas influências de modo a minimizar os efeitos do ruído urbano nos ambientes construídos. No entanto, ressalta-se que as decisões de projeto passam por outros aspectos relacionados ao conforto ambiental, como ventilação, conforto térmico e iluminação natural, os quais devem também ser analisados.

Ressalta-se que o conteúdo apresentado nessa pesquisa foi mostrar o comportamento do ruído gerado nas vias de tráfego diante da forma urbana e fornecer informações que possam servir como subsídios ao planejamento e desenho das cidades no que se refere a redução de ruídos urbanos.

Para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação das amostras na coleta de dados acústicos para os diversos períodos do dia (diurno e noturno) de modo a obter maior informação quanto aos níveis sonoros na região. Além da possibilidade de correlacioná-los com a percepção subjetiva da população local.

Se índices estatísticos apontam para uma estagnação do crescimento populacional dos grandes centros urbanos como São Paulo, fatores como o crescimento econômico e desenvolvimento tecnológico podem alterar as relações espaciais entre as pessoas e refletir no ambiente urbano. Como o relacionamento através de redes digitais, gerando contatos e participação não presencial a eventos, diminuindo a mobilidade urbana. Ou o movimento contrário, como outra conseqüência do crescimento econômico, gerando aumento de consumo em populações carentes que podem ser direcionadas a um dos objetos de desejo coletivo e ícone do consumo individual, o automóvel. Aumentando a quantidade de veículos nas ruas e os conseqüentes custos como a perda de tempo em

congestionamentos, consumo de energia não renovável, prejuízos da qualidade ambiental e distúrbios na saúde da população com as poluições do ar e sonora.

6.2. Sugestões para redução do ruído urbano

6.2.1.Controle de Ruídos na fonte

Em 2007, entrará em operação um protótipo de ônibus movido a hidrogênio como combustível em São Paulo (PNUD,2006). Comparado aos motores de combustão interna, as células de hidrogênio produzem menos poluição atmosférica e sonora. Assim como este exemplo, os fabricantes devem dedicar-se a melhorar o desempenho ambiental de seus produtos, motores, pneus, veículos, etc., identificando-os com a causa maior, o bem-estar das pessoas e do planeta.

6.2.2. Pontos de paradas de ônibus

Fechados com vidro e portas de correr, podem oferecer uma série de serviços como caixas eletrônicos, máquinas automáticas para venda de produtos como jornais, chocolates e bebidas. Proteção e conforto ao usuário deve trazer benefícios para todos.

6.2.3. Educação no trânsito

Educação social para um comportamento passivo dos motoristas na direção de veículos promovem reduções substanciais no nível de ruído urbano, alem das questões de segurança e economia de consumo.

6.2.4. Planejamento urbano

- Identificação das fontes sonoras, existentes ou previsíveis, das respectivas características de emissão sonora e dos possíveis meios de reduzir a emissão.
- Identificação da área afetada com base em medições acústicas, estudos previsionais e monitoramento sistemático.
- Identificação de regiões críticas ou de edifícios sensíveis como escolas, hospitais e áreas residenciais.
- Definição das zonas de ocupação do solo em função dos níveis de ruído estabelecidos ou previstos.

6.2.5. Pavimento

- Variáveis na gestão urbana como manutenção da qualidade do piso nas ruas com muito tráfego.
- Aumento da permeabilidade e porosidade nos pisos. Contribuirá também para maior absorção de águas pluviais.

6.2.6. Superfícies verticais

- Fachadas ventiladas contribuem para sombreamento e, desde que bem vedadas, podem aumentar o desempenho de isolamento acústico do edifício.

6.3. Sugestões de temas para futuras pesquisas

Como sugestão para futuras pesquisas no tema:

- Avaliar as condições de implantação de estações de captação de ruídos em pontos críticos para monitoramento em tempo real da poluição sonora e a interface com outros dados já coletados pela CETESB por exemplo – temperatura, qualidade do ar, etc.
- Outras variáveis de gestão urbana como manutenção da qualidade do piso nas ruas com muito tráfego.
- Zoneamento com proteção de atividades sensíveis ao ruído - como escolas e hospitais.

7. BIBLIOGRAFIA

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000. NBR 10151, de junho de 2000. Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade - Procedimento.

_____1987. NBR 10152, de julho de 1987. Acústica - Medição e avaliação de ruído em ambientes internos.

ACOUCITE Disponível em: <http://www.acoucite.asso.fr>. Acesso em 06/12/2005.

ANTP (2006). Panorama da mobilidade urbana no Brasil – tendências e desafios". Disponível em:<http://portal.antp.org.br/default.aspx>.Acesso em 13 set. 2006.

BARBOSA, A.S.M. **Ruído urbano e perda auditiva:** o caso da exposição ocupacional em atividades ligadas à coordenação do tráfego de veículos no município de São Paulo. 2001. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo.

BARING, J. G. A. . **Recomendações para adequação do conjunto habitacional às condições de exposição relativas ao ruído**. In: IPT. (Org.). Implantação de Conjuntos Habitacionais- Recomendações para adequação climática e acústica. São Paulo: IPT, 1986.

_____ **As Considerações de Ordem Geral e a Tecnologia Requerida por uma Lei de Proteção das Edificações contra o Ruído Urbano**. Revista Construção São Paulo, São Paulo, v. 2306, 1992.

_____. **O desempenho acústico de caixilhos de fachada no controle da poluição sonora urbana.** 1990. Tese (Doutorado) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. **Contribuições para correta resolução acústica dos edifícios**. 1981 Dissertação (Mestrado) FAU USP, São Paulo.

_____. **Poluição Sonora.** Entrevista rádio USP Disponível em: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/sons/tome_ciencia/113a.mp3>.Acesso em: 12 nov.2006.

BARRERA, R.Q. e MUÑOZ, H.V. El ruído em el ordenamiento territorial de la comuna de providencia. Chile. **Revista Acústica & Vibrações,** Florianópolis, n.34, p19-26, 2004.

BISTAFA, S.R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

_____. **Difusão sonora em salas**: paradigmas do passado e estado da arte. in. I SEMINÁRIO MUSICA CIENCIA E TECNOLOGIA – ACUSTICA MUSICAL. **Anais**... São Paulo: IME USP. 2004 p.98-129.

BRATKE, C. Cadernos Brasileiros de Arquitetura. São Paulo: Projeto Editores Associados, v.15,1985. p.58.

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

CARLOS, A.F.A., **Espaço-Tempo na Metrópole**: a fragmentação da vida cotidiana. São Paulo: Contexto, 2001.p.177.

CARNEIRO, W.A.M. **Pertubações sonoras nas edificações urbanas:** ruídos em edifícios, direito de vizinhança, responsbilidade do construtor. 3 ed. São Paulo:Editora Revista dos Tribunais, 2004.

CASTILHO, R.S.org. **Estatuto da Cidade**: Lei 10.256 de 10 de julho de 2001. são Paulo: Iglu, 2003.

COELHO,J.L.,VALADAS, B. e GUEDES, M. Ruído Ambiente em Portugal. **Revista de Acústica & Vibrações**, Florianópolis, n.18, p.17-28, 1996.

CONAMA. Resolução nº 1, 1990 – Conselho Nacional do Meio Ambiente estabelece normas referente emissão de ruídos.

_____Resolução nº2, 1990 - Conselho Nacional do Meio Ambiente institui o Programa Silêncio;

CONATRAN. 2006. Resolução estabelece limites para o volume de som emitido pelos veículos. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/ultimas/cidades/noticias/2006/nov/11/25.htm> Acesso em 11 nov. 2006.

COSTA, E.C. **Acústica Técnica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

CREMONESI, J.F. **Ruído Urbano**. Dissertação (Mestrado). FAUUSP, 1981.

DEL CARLO, U. **Ruído urbano**. 1979. Tese (Livre Docência). FAU USP, São Paulo.

_____. **Ruído urbano.** Entrevista a Rádio USP. Disponível em: http://www.canalciencia.ibict.br/memoria/index.php>..Acesso em: 12 nov.2006.

EMPLASA. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. Metrópoles em Dados, Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em: <http//www.emplasa.sp.gov.br/>. Acesso em 20 ago.2006.

FALZONI, R. **Bicicletas x Para-Choques.** Revista Auto Esporte, Globo, São Paulo,n.493, Junho 2006, Testemunha ocular, p.96-97.

FENG,T. et al. **A social survey on the effects of high-speed maglev noise on residents in Shanghai.** In. INTERNOISE. 2005, Rio de Janeiro. **Anais** .Sociedade Brasileira de Acústica, 2005. p.147.

FERNANDES, J. 2006. **Transporte público, questão de prioridade**. Jornal Diário de S.Paulo, p.08, 08 out. 2006.

FLAVIN, C. **Urbanização Acelerada** Disponível em: <http://video.globo.com/Videos/Player/Noticias/0,,GIM563184-7823-URBANIZACAO+ACELERADA,00.html>. Acesso em: 20 nov. 2006.

GAVINOWICH, D.S. e RUFFA, F. Actualizacion de estúdios sobre ruído dentro del plan urbano ambiental de la ciudad de Buenos Aires. **Revista Acústica & Vibrações – Sociedade Brasileira de Acústica,** Florianópolis, n.26, p12-17, 2000.

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

GONÇALVES FILHO, A.P. e MORAES, L.R.S. Análise do incomodo causado pelo ruído urbano em logradouros da cidade de Feria de Santana, Bahia, Brasil. **Revista Acústica & Vibrações,** Florianópolis, n.34, p27-33, 2004.

GUEDES, Í.C.M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro**: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE).2005. Dissertação Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, S.P.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/tabelagrandes_regioes211.shtm>. Acesso em 12 ago. 2006.

LUQUET, P.**Acoustic Measurement**.World Health Organization, Regional Office for Europe, 2001.

MAIA, M.A.L. **Contribuição ao Mapeamento de Ruído Urbano da Cidade de Porto Alegre.** 2003. Dissertação Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,.Porto Alegre, RS.

MARTINS, W. C. et aI. **Modelo empírico para previsão de ruído de tráfego para a cidade de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1984. (Comunicação Técnica, 304)

METRO. (2006a)-Gerência de Operações e CPTM-Gerência de Projetos de Transporte. Disponível em:< http://www9.prefeitura.sp.gov.br/spMovimento/sisnum/redemetroferro.php>.Acesso em 20 dez. 2006.

_____(2006b). Cia. Do Metropolitano de São Paulo, Gerência de Planejamento de Transportes Metropolitanos. Disponível em: <http://www9.prefeitura.sp.gov.br/spMovimento/dadosgerais/deslocdiario.php>. Acesso em 20 dez. 2006.

MOURA-DE-SOUZA, C. **Ruído urbano:** níveis de pressão sonora na Cidade de São Paulo. 2002. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo.

NESBITT, K. **Uma nova agenda para a arquitetura**: antologia teórica (1965-1995). São Paulo: Cosac Naify, 2006.

NIEMEYER, M. L. A. e SLAMA, J.G. **O Ruído e a Cidade**: Elementos de Ruído Urbano. In: Vicente del Rio. (Org.). Arquitetura, Pesquisa e Projeto. Coleção PROARQ. 1 ed. São Paulo: PROARQ, 1998, v. 1, p. 75-89.

NIEMEYER, M.L.A., 1998, **Ruído Urbano e Arquitetura em Clima Tropical-Úmido**. Dissertação (Mestrado). FAU UFRJ, Rio de Janeiro.
O GLOBO, (2006) Edição de 25 ago.2006. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/economia/mat/2006/08/25/285412910.asp>. Acesso em 13 out. 2006.

PATRÍCIO, J. **Acústica nos edifícios.** 2ª edição. Lisboa: i.virtual, 2004.

PAZ, E. C. ; ZANNIN, P.H.T. . Análise Estatística Comparativa do Ruído Urbano na Cidade de Curitiba. **Revista Acústica & Vibrações**, Florianópolis-SC, v. 34, p. 2-10, 2004.

PIMENTEL-SOUZA, F.; ÁLVARES,P.APS. **A poluição sonora urbana no trabalho e na saúde:** Mapa acústico de Belo Horizonte. Belo Horizonte:UFMG.1998.Disponível em: <http://www.icb.ufmg.br/lpf/trabalho/Trabalho.html>.Acesso em:25 ago.2006.

PMSP – Concurso público vencido em 2002 por Barbosa e Corbucci Arquitetos. Disponível em:< http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura493.asp>. Acesso em 20 set. 2006.

_____ Lei 11.938, de 1995. Proíbe a propaganda sonora na cidade de São Paulo. Diário Oficial do município de São Paulo, 18 de Dezembro de 2006. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a_cidade/noticias/index.php?p=13918.>. Acesso em 21 dez. 2006.

_____. Secretaria Municipal de Transportes. Disponível em: <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/noticias/sec/transportes/2006/11/0003>. Acesso em 12 dez.2006.

_____. **PSIU:** Programa de Silêncio Urbano. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a_cidade/noticias/index.php?p=13905>. Acesso em 16 nov.2006.

_____-PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **PSIU:** Programa de Silêncio Urbano. São Paulo, 2004. Disponível em: <www.prefeiturasp.gov.br/guia/psiu/legislação/0001>. Acesso em 16 nov.2004.

_____1995. Lei N° 11.804, de 19 de junho de 1995. Dispõe sobre avaliação da aceitabilidade de ruídos na Cidade de São Paulo, visando o controle da comunidade.

2001. Minuta da Proposta de Resolução SMA/SP de Regulamentação de Controle de Ruído de Rodovias. Versão 1/10/2001

_____1994. Lei Nº11501, de 11 de abril de 1994. Dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora; impõe penalidades e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/energia/reportagens/index.php?id01=2163&lay=ene>. Acesso em 15 dez.2006

ROCHA PINTO, F.A. Poluição sonora: um levantamento de dados da cidade de Fortaleza no período de 1988 a 1998. **Revista Acústica & Vibrações,** Florianópolis, n.25, p.51-58, 2000.

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

SCHIMITT, N. I. M. et al, 2000. "**Gestão Ambiental no Controle da Poluição Sonora:** A Experiência de Porto Alegre". Anais do XIX Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Minas Gerais, Brasil.

SHAW, E. A G., 1975. "Noise pollution - What can be done?" Physics Today 28 (1) 46-58. disponivel em: <www.ci.camarillo.ca.us/govt/PlanGenPlanPDF/Noise.pdf>. Acesso em 20/11/06.

SILVA, L. **The noise disturbs impacts on a town in Brazil**: community noise results. In. INTERNOISE. 2005, Rio de Janeiro. **Pôster** .Sociedade Brasileira de Acústica, 2005. p.67.

SILVA, P. M. da. **Ruído urbano** – modelos de previsão. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1978.

SIRVINSKAS, L.P. **Manual de direito ambiental.** 4ed. São Paulo:Saraiva,2006.

SOUSA, C. M., CARDOSO, M. R. A. S., 2002. **Ruído urbano na cidade de São Paulo, Brasil**. XX Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica - SOBRAC, Rio de Janeiro, Brasil, 21-24 de outubro.

SOUZA, Denise da Silva de. **Instrumentos de Gestão de Poluição Sonora para a Sustentabilidade das Cidades Brasileiras**. 2004. Tese (Doutorado) COPPE UFRJ, Rio de Janeiro.

TOLEDO, B.L.de. **São Paulo**: três cidades em um século. 3. ed., São Paulo: Cosac & Naify, Duas Cidades, 2004.p.181

USP - ZMITROWICZ, W., 2003, PCC-2561 Gestão e Planejamento Urbano e Territorial - Relatório sobre o Programa de Silêncio Urbano (PSIU). Escola Politécnica

da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 20 de março.

WHO - World Health Organization, 1995. **Community Noise**. In: Archives of tbe Center for Sensory research. Volume 2. Stockholm.

_____ World Health Organization, 1999. Ocupational and Community Noise. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs258/em/index.htm/> Acesso em: 14 set.2006.

WINKIPEDIA, 2006. Disponível em:<http://pt.wikipedia.org/wiki/Curitiba>. Acesso em 20, dez, 2006.
_____ 2007. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Revised_petrol_use_urban_density.JPG>. Acesso em 10, jan. 2007.

ZANNIN, P. H. T., et al, 2002. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, P.R. **Revista Saúde Pública**, n. 36, p. 521-524, São Paulo.

7.1. Bibliografia recomendada

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA _____. Instruções para Operação de Helicópteros para Construção e Utilização de Helipontos ou Heliportos.
Normas ABNT:
_____1983. NBR 7731 NB 616, de fevereiro de 1983. Guia para a execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação de seus efeitos sobre o homem.
_____2000. NBR 10151, de junho de 2000. Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade - Procedimento.
_____1987. NBR 10152, de julho de 1987. Acústica - Medição e avaliação de ruído em ambientes internos.
_____NBR 10152 Níveis de ruído para conforto acústico.
_____NBR 10829 Caixilho para edificação – janela – Medição da atenuação acústica.
_____NBR 10830 Acústica em edificações.
_____NBR 12540 Grandezas e unidades de acústica.
_____NBR 14313 Barreiras acústicas para vias de tráfego – Características construtivas.
_____NBR 7497 Vibrações mecânicas e choques.
_____NBR 7731 Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação de seus efeitos sobre o homem.
ARAÚJO, L.A; "Danos ambientais na cidade do Rio de Janeiro". Impactos ambientais urbano no Brasil (GUERRA, A.J.T.; CUNHA,S.B., Org.), Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
BARRERA, R.Q. e MUÑOZ, H.V. "El Ruído em el ordenamiento territorial de la comuna de providencia. Chile, 2001" - Revista Acústica e Vibrações" nº34, Dezembro de 2004.
BERANEK,L.L. **Acoustic Measurements.** John Wiley & Sons, Inc., New York, 1949.
_____1990a. Resolução CONAMA N°001/90, 8 de março de 1990. Dispõe sobre a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Diário Oficial da União, Brasília, 2 de abril de 1990.
_____1990b. Resolução CONAMA N°002, 8 de março de 1990. Institui o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora "Silêncio" coordenado pelo IBAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 2 de abril de 1990.
_____1993a. Resolução CONAMA N°002, de 11 de fevereiro de 1993. Estabelece, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração e na condição parado. Diário Oficial da União, Brasília, 15 fev. 1993.
_____1993b. Resolução CONAMA N°001, de 11 de fevereiro de1993. Estabelece, para veículos automotores nacionais e importados, exceto motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração e a condição parado. Diário Oficial da União, Brasília, 15 fev. 1993.
_____1993c. Resolução CONAMA N° 006, de 31 de agosto de 1993. Estabelece prazo para os fabricantes e empresas de importação de veículos automotores disporem de procedimentos e infra-estrutura para a divulgação sistemática, ao público em geral,

das recomendações e especificações de calibração, regulagem e manutenção do motor, dos sistemas de alimentação de combustível, de ignição, de carga elétrica, de partida, de arrefecimento, de escapamento e, sempre que aplicável, dos componentes de sistemas de controle de emissão de gases, partículas e ruído. Diário Oficial da União, Brasília, 1 ago. 1993.

_____1995. Resolução CONAMA Nº 017, de 13 de dezembro de 1995. Ratifica limites máximos de ruídos de veículos. Diário Oficial da União, Brasília, 29 dez. 1995.

_____1997. Resolução CONAMA N° 230, de 22 de agosto de 1997. Proíbe o uso de equipamentos que possam reduzir a eficácia do controle de emissão do ruído e poluentes. Diário Oficial da União, Brasília, 26 ago. 1997.

_____1999a. Resolução CONAMA N° 252, de 01 de fevereiro de 1999. Estabelece limites máximos de ruídos de poluentes e ruído emitido por veículos automotores entre os Estados Partes do MERCOSUL. Diário Oficial da União, Brasília, 11 jan. 1999.

_____1999b. Portaria nº. 229/DAC, de 17 de maio de 1999. Padrões de ruído - certificado de homologação de tipo. Diário Oficial da União, Brasília.

_____1999c. Resolução CONAMA Nº 256, de 30 de junho de 1999. Aprova a inspeção de emissão de poluentes e ruídos. Diário Oficial da União, Brasília, 22 jul. 1999.

_____2000a. Resolução CONAMA Nº 272, 14 de setembro de 2000. Estabelece, para veículos automotores nacionais e importados, exceto motocicletas, motonetas, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, limites máximos de ruído com o veículo em aceleração. Diário Oficial da União, Brasília, 10 jan. 2001.

_____2000b. Resolução CONAMA N° 268, 14 de setembro de 2000. Altera a Resolução CONAMA Nº 02, de 11 de fevereiro de 1993. Diário Oficial da União, Brasília, 11 dez. 2000.

_____2001. Lei Nº 10527, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Diário Oficial da União, Brasília.

_____ 1996 - DISTRITO FEDERAL, Lei N° 1065, de 6 de maio de 1996. Dispõe sobre normas de preservação ambiental quanto a poluição sonora e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília.

_____,1987. Portaria Nº1411/GM5, de 8 de dezembro de 1987. Dispõe sobre Zonas de Proteção e Aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Seção I, de 9 de dezembro de 1987.

CE, 2000. Position paper on EU noise indicators. Disponível em: <http://europa.eu.int/comm/environment/noise/noiseindicators.pdf>. Acesso em: 19/05/2005.

_____1996c. Futura Política de Ruído - Livro Verde da Comissão Européia.

_____2000. A Política de Ruído da União Européia - Ano 2 (1999-2000) - Melhoramento do Ambiente Urbano e Contribuição para a Sustentabilidade Global.

_____2000a. COM (2000) 468, de 2000. Proposta de diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.

CET – fotos e dados http://www.cetsp.com.br/

CORREA F., H.R.et al. **Perda auditiva induzida por ruído e hipertensão em condutores de ônibus.** Rev Saúde Pública 2002;36(6):693-701 www.fsp.usp.br/rsp

CURITIBA. Lei N° 8.583, de 2 de Janeiro de 1995. Dispõe sobre ruídos urbanos e proteção do bem estar e do sossego público. Diário Oficial da União, Brasília.

DEPARTMENT OF TRANSPORT (DOT) - Welsh Office. Calculation of Road Traffic Noise. London: HMSO, 1988.
DOELLE Leslie L, "**Environmental Acoustics**", McGraw_Hill Company, New York, 1972, 246pp.
EGO, A ç. et al. Ankara eity traffie iml>ad assessment study. Disponível em: <http://gis.esri.comllibraty/userconf/proc97/proc97/to600/pap551/p551.html> Acesso em: 22 ago. 2006.
FLORIANÓPOLIS, 1999. Lei Complementar CMF N° 003/99. Dispõe sobre ruídos urbanos e proteção do bem estar e do sossego público. Diário Oficial da União, Brasília.
FORTALEZA. Lei Nº 8097, de 2 de dezembro de 1997. Dispõe sobre medidas de combate a poluição sonora e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília.
GARCÍA, A; FAUS. L. 1. Statistical Analysis ofNoise Levels in Urban Areas. Applie Acoustics. England: EIsevier Science Publishers Ltd. 1991.
HARRIS, Cyryl; "**Handbook of Noise Control**", McGraw_Hill Company, New York, 1957.
HARRIS, Cyryl; **Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruído**", vol. I e II, Interamericana de España, 1995.
ISO, 1996. ISO 1996-1, de 1 de agosto de 2003. Acústica - Descrição, medição e avaliação do ruído ambiental - Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos de avaliação.
_____ 1998. ISO 362/1998. Acoustics - Measurement af noise emitted accelerating road vehicles - Engineering method.
_____2000. ISO/TC59/SC3: "Building construction-sustainable buildings-sustainability indicators". Annex 1 to N 450.
ISO, 2003. ISO 1996-1:2003 Acoustics - Description and measurement of environmental noise. Part I: Basic quantities and procedures.
MARSH, A J. Noise Tool (software). University of Western Australia. School of Architecture and Fine Arts. Perth, Austrália: 1998.
MERLIN, A. **Poluição sonora no centro urbano do Município de São Paulo**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.
MURGEL, E. "Medidas de Controle de Ruído em Rodovias", CETESB, São Paulo, 2000.
MURGEL, Eduardo – "Medidas de Controle de Ruído em Rodovias", CETESB, São Paulo, 2000.
NUNES, M. "Interferência do ruído de tráfego urbano na qualidade de vida – estudo de caso –zona residencial – Brasília – DF". 2000. Tese de doutorado em saúde ambiental, apresentada na Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo, 2000.
OMS (Organização Mundial de Saúde). Guidelines for community noise. Geneva, 1999.
OUIS, D. "Annoyance from road traffic noise: a review". Journal of Enviromental Psychology, 2001.
PAZ, E.C.; ZANNIN, P.H.T."Analise estatística comparativa do ruído urbano na cidade de Curitiba" artigo para a Revista Acústica e Vibrações" nº34, Dezembro de 2004.
PEREIRA JR, J. S. Legislação Federal sobre poluição sonora urbana. Câmara dos Deputados, Brasília, DF, janeiro/2002.
PORTO ALEGRE. Decreto N° 8.185, de 07 de março de 1983 - Regulamenta a Lei Complementar W 65, de 22.12.81. Estabelece padrões de emissão e imissão de ruídos e vibrações, bem como outros condicionantes ambientais e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília.

RIO DE JANEIRO. 2002. Resolução SMAC Nº 198, de 22 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre a padronização dos procedimentos da poluição sonora.

ROLLA, S. Avaliação da poluição sonora na cidade de Campinas-SP. In: CONGRESSO BRASIL/ARGENTINA, I ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 15, 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis:SOBRAC, 1994. p. 349-356.

SALVADOR. Lei Nº 5354, de 28 de janeiro de 1998. Dispões sobre sons urbanos, fixa níveis e horários em que será permitida sua emissão, cria a licença para utilização sonora e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília.

SANTOS, A. S. R., Poluição sonora. Sampa Online, São Paulo, 22 de junho de 2001. Disponível:<http://www.sampaonline.com.br/especiais/poluicaosonora2001jun22.htm> Acesso em: 15/11/2005.

SATTLER, M. A. . ESTUDO COMPARATIVO DE NÍVEIS DE RUÍDO ENTRE PAVIMENTO ASFÁLTICO E PAVIMENTO COM PEDRA GRANÍTICA REGULAR. In: II Encontro Latino-Americano e V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza, RS. Anais do II Encontro Latino-Americano e V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Florianópolis, SC : UFSC, 1999.

SATTLER, M. A. ; SPERB, M. R. ; BIANCHIN, A. F. M. ; NUNES, A. E. P. ; FERNANDES, A. M. ; BRETANHA, A. M. L. ; MATTUELLA, J. R. ; FISCHER, D. . Ruído de Tráfego Rodoviário: Estimativas A Partir do Fluxo de Veículos. In: I Congresso Iberoamericano de Acústica/I Simpósio de Metrologia em Acústica e Vibrações do Mercosul/18o. Encontro da SOBRAC, 1998, Florianópolis. Anais do I Congresso Iberoamericano de Acústica/I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica e Vibrações do Mercosul. Florianópolis, SC : UFSC, 1998. v. 1. p. 519-522.

SOUZA, F.P. **Efeito do Ruído no Sono e na Vigília** – Estudo de Neurofisiologia UFMG, 2001.

ANEXO 1