



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**Rodrigo Carlos Fritsch**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO URBANO: O CASO DA ÁREA  
CENTRAL DE PASSO FUNDO - RS**

**Passo Fundo**

**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO  
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**Rodrigo Carlos Fritsch**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Arq. Rosa Maria Locatelli Kali**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO URBANO: O CASO DA ÁREA CENTRAL DE  
PASSO FUNDO - RS**

**Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-graduação em Engenharia para  
obtenção do título de Mestre em  
Engenharia.**

**Passo Fundo**

**2006**

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação:**

**“Ruído Urbano: o caso da área central de Passo Fundo”**

**Elaborada por:**

**Rodrigo Carlos Fritsch**

**Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia**

**Aprovado em: 26/01/2006**  
**Pela Comissão Examinadora**

**Dr<sup>a</sup>. Rosa Maria Locatelli Kalil**  
**Presidente da Comissão Examinadora**  
**Orientadora**

**Dr. Miguel Aloysio Satler**  
**UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande**  
**do Sul**

**Dr. Juan Jose Mascaró**  
**UPF - Unidade de Passo Fundo**

**Dr. Antônio Thomé**  
**Coord. Prog. Pós-Graduação em Engenharia**

**Dr. Eduardo Grala da Cunha**  
**UPF - Universidade de Passo Fundo**

**Passo Fundo**  
**2006**

À minha família, aos que estão e aos que já se foram,  
alicerce e esteio, sempre.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer imensamente ao apoio de minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr. Rosa Maria Locatelli Kalil, por sua amizade, paciência e sabedoria.

Ao amigo Prof. Dr. Eduardo Grala da Cunha, pela amizade e por contribuir não somente com este trabalho, mas em minha formação como Arquiteto e cidadão.

Ao amigo Prof. Msc. Luciano de Vasconcellos pelo apoio e amizade durante estes anos todos.

À Arq. Prof.<sup>a</sup> Cecília Serra Garcia pelo empréstimo do equipamento, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

À Marli Tagliari por sua amizade e pelo suporte na secretaria durante os “períodos críticos” do curso.

Às estagiárias Bárbara, Tábara e Thaise, que através de sua dedicação deram o apoio necessário na etapa final do trabalho.

A todos os professores do curso de Mestrado em Engenharia que, cada um à sua maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha mãe “Dona Maria” pelo amor, dedicação, formação moral e por sempre estar presente nos momentos mais difíceis.

A meu pai “Seu Oscar” *in memoriam*, pelo exemplo de caráter, onde quer que ele esteja.

Às minhas irmãs e familiares pelo incentivo, amor e amizade.

A todos os meus amigos distantes ou próximos, no tempo e no espaço e a todos os terráqueos de boa vontade.

E finalmente, à força que tudo move, essência misteriosa de infinitos nomes e infinita sabedoria que, com seu propósito desconhecido, toca a roda do universo.

*“A casa, a rua, a cidade, são pontos de aplicação do trabalho humano; devem estar em ordem, senão se opõem aos princípios fundamentais que temos como eixo; em desordem, nos fazem frente, nos travam, como nos trava a natureza, ambiente que combatemos todos os dias”.*

*Le Corbusier*

## **RESUMO**

O presente estudo descreve o resultado de uma pesquisa em nível exploratório, realizada na área central da cidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, que busca avaliar o atual estado da poluição sonora nos horários de pico diurnos em quatro pontos do centro desta cidade. O estudo compara os dados obtidos com a legislação municipal, com as normas brasileiras vigentes e com as recomendações da Organização Mundial da Saúde. Os resultados são compilados e sistematizados através de análises estatísticas, contribuindo com subsídios para o planejamento consciente da urbanização em Passo Fundo, bem como estabelecem recomendações urbanísticas e construtivas para esta e outras cidades de porte médio.

Palavras-chaves: ruído urbano, poluição sonora, acústica.



## **ABSTRACT**

The present study describes the result of a research in exploratory level that was carried out in a central area in Passo Fundo, Rio Grande do Sul, and tries to evaluate the actual noise pollution state at rush diurnal schedules in four spots in this city. The study compares the data that were obtained with the town legislation and the brazilian standards in force and with the recommendations of the World Health Organization (WHO). The results are compiled and sistematized through statistical analysis, contributing with subsidies for the conscious planning of urban development in Passo Fundo, as well as it can stablish urban and constructive recommendations for this city and other ones of medium scale.

Keywords: urban noise, noise pollution, acoustics.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	3
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	4
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	5
1.3 JUSTIFICATIVAS	6
1.4 OBJETIVOS	9
1.4.1 Objetivo geral	9
1.4.1 Objetivos específicos	9
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	10
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	11
2.1 A PROBLEMÁTICA DO RUÍDO	11
2.2 ASPECTOS FÍSICOS DO SOM	11
2.2.1 O decibel	19
2.2.2 A percepção subjetiva ao ruído	21
2.2.3 As redes de ponderação	22
2.3 RUÍDO URBANO	26
2.3.1 Aspectos iniciais	26
2.3.2 A problemática do ruído urbano	27
2.3.3 As fontes de ruído urbano	28
2.3.4 Propagação do som no meio urbano	32
2.3.5 Planos refletores, barreiras acústicas e permeabilidade urbana	36
2.4 LEGISLAÇÃO E NORMATIZAÇÃO	41
2.5 A POLUIÇÃO SONORA EM PASSO FUNDO	46
2.6 POLUIÇÃO SONORA E SAÚDE	50
2.7 ÍNDICES PARA DESCRIÇÃO DO RUÍDO URBANO	56
2.8 CRITÉRIOS E MEDIDAS DE CONTROLE PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS	60
<b>3 MÉTODOS E MATERIAIS</b>	63
3.1 DADOS A RESPEITO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO	63
3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	66
3.2.1 Equipamentos utilizados	69
3.3 OBTENÇÃO DOS NÍVEIS SONOROS PERCENTUAIS $L_{10}$ E $L_{90}$	71

<b>4 ESTUDO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA DA ÁREA CENTRAL</b> .....	74
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO.....	76
4.1.1 Ponto de medição nº 1 - Avenida Brasil.....	76
4.1.2 Ponto de medição nº 2 - Rua Moron.....	78
4.1.3 Ponto de medição nº 3 - Rua Paissandu .....	81
4.1.4 Ponto de medição nº 4 - Rua Teixeira Soares .....	82
4.2 RESULTADOS E ANÁLISES DAS MEDIÇÕES .....	84
4.2.1 Análise das medições no ponto nº 1 - Avenida Brasil.....	84
4.2.2 Análise das medições no ponto nº 2 - Rua Moron .....	88
4.2.3 Análise das medições no ponto nº 3 - Rua Paissandu .....	91
4.2.4 Análise das medições no ponto nº 4 - Rua teixeira Soares.....	94
4.2.5 Comparação dos resultados .....	98
4.3 ENTENDENDO QUALITATIVAMENTE O CLIMA ACÚSTICO DOS ESPAÇOS .....	100
4.3.1 Influência do entorno no comportamento do ruído urbano .....	101
4.3.1.1 Elementos do ponto 1 .....	101
4.3.1.2 Elementos do ponto 2 .....	104
4.3.1.3 Elementos do ponto 3 .....	106
4.3.1.4 Elementos do ponto 4 .....	108
4.3.2 Identificação das fontes de maior contribuição para o ruído.....	111
4.3.3 Considerações sobre o zoneamento, usos e índices da área central .....	115
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	118
5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	118
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA A CIDADE .....	119
5.2.1 Recomendações construtivas.....	121
5.3 OBJETIVOS ALCANÇADOS .....	122
5.4 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....	123
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	124
<b>ANEXO A</b> .....	129
<b>ANEXO B</b> .....	161

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da cidade de Passo Fundo.....	8
Figura 2 - Mapa da área de intervenção.....	9
Figura 3 - Fisiologia do ouvido humano. ....	12
Figura 4 - Espectro de frequências. ....	13
Figura 5 - Limiar da audição .....	13
Figura 6 - Audiograma normal médio. ....	14
Figura 7 - Intensidade e frequência .....	17
Figura 8 - Amplitude de uma onda sonora .....	17
Figura 9 - Bandas de oitavas e terços médios de oitavas.....	18
Figura 10 - Método de adição de fontes sonoras .....	22
Figura 11 - Curvas isofônicas de Fletcher e Munson .....	23
Figura 12 - Curvas de ponderação.....	24
Figura 13 - O ruído e sua propagação.....	33
Figura 14 - Curvatura dos raios sonoros em função dos gradientes de vento (a) e temperatura (b) .....	34
Figura 15 - Influência do gradiente de temperatura .....	35
Figura 16 - Barreiras acústicas. ....	37
Figura 17 - Relação geométrica entre meio, fonte e receptor para projeto de barreiras acústicas.....	38
Figura 18 - Intensificação sonora de barreiras na região voltada para a fonte .....	39
Figura 19 - Edifício barreira. ....	39
Figura 20 - Níveis de ruído.....	51
Figura 21 - Influência do corpo e posição do operador nas medições acústicas.....	69
Figura 22 - Métodos de posicionamento do equipamento de medição sonora conforme padrões internacionais. ....	69
Figura 23 - Sonômetro utilizado nas medições .....	70
Figura 24 - Equipamento preparado para as medições.....	71
Figura 25 - Histograma contendo valores hipotéticos para determinação dos índices $L_{10}$ e $L_{90}$ . .....	73
Figura 26 - Passo Fundo na década de 80 .....	74
Figura 27 - Vista aérea de Passo Fundo (2003).....	75
Figura 28 - Ponto de medição nº1. ....	77

Figura 29 - Avenida Brasil (canteiro central).....	78
Figura 30 - Ponto de medição nº 2 .....	79
Figura 31 - Rua Moron em 1953. ....	80
Figura 32 - Vista da Rua Moron no sentido oeste/leste, ano de 2005 .....	80
Figura 33 - Ponto de medição nº 3. ....	81
Figura 34 - Vista da Rua Paissandu com as ambulâncias estacionadas no entorno da praça... 82	
Figura 35 - Ponto de medição nº 4 .....	83
Figura 36 - Vista da Rua Teixeira Soares em direção ao Hospital São Vicente .....	83
Figura 37 - Ponto 1: posicionamento do equipamento de medição.....	85
Figura 38 - Vista oposta em direção ao ponto 1 .....	85
Figura 39 - Ponto 2: local de montagem do equipamento.....	88
Figura 40 - Ponto 3: equipamento instalado na praça, próximo ao Hospital da Cidade. ....	91
Figura 41 - Vista oposta do equipamento, em direção à Rua Paissandu.....	91
Figura 42 - Ponto 4: equipamento sobre a laje da casa de força da Faculdade de Medicina na Rua Teixeira soares .....	94
Figura 43 - Vista do equipamento sobre a laje .....	95
Figura 44 - Vista do Hospital São Vicente a partir do ponto de medição .....	95
Figura 45 - Característica da Avenida Brasil, a Rua em "U" .....	102
Figura 46 - Reflexões sucessivas entre os prédios .....	104
Figura 47 - Rua em "L" .....	106
Figura 48 - Fonte sonora relevante a 50 metros do hospital.....	113
Figura 49 - Distância entre fonte e receptor .....	114

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pressão sonora, intensidade e nível sonoro .....	20
Tabela 2 – Nível Critério de Avaliação de NCA para ambientes externos em dB(A).....	44
Tabela 3 – Níveis de ruído nos espaços internos.....	45
Tabela 4 – Níveis de ruído das medições analisadas.....	48
Tabela 5 – Comparação dos níveis de ruído entre a Legislação Municipal de Passo Fundo e a NBR 10151.....	49
Tabela 6 – Tempo máximo de exposição por nível sonoro.....	54
Tabela 7 – Frota de veículos por tipo - jun/2005 - Município de Passo Fundo. ....	65
Tabela 8 – Determinação estatística hipotética dos níveis sonoros percentuais $L_{10}$ e $L_{90}$ .....	72
Tabela 9 – Valores horários diurnos do ponto 1.....	86
Tabela 10 – Compilação dos resultados diários do ponto 1. ....	86
Tabela 11 – Valores horários diurnos do ponto 2.....	89
Tabela 12 – Compilação dos resultados diários do ponto 2. ....	89
Tabela 13 – Valores horários diurnos do ponto 3.....	92
Tabela 14 – Compilação dos resultados diários do ponto 3. ....	92
Tabela 15 – Valores horários diurnos do ponto 4.....	96
Tabela 16 – Compilação dos resultados diários do ponto 4. ....	96
Tabela 17 – Comparação dos resultados diários dos quatro pontos monitorados.....	98
Tabela 18 – Resultados dos cálculos da equação. ....	99

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1) – Movimento ondulatório .....	14
Equação (2) – Período. ....	19
Equação (3) – Comprimento de onda. ....	19
Equação (4) – Nível sonoro em decibel 1.....	19
Equação (5) – Nível sonoro em decibel 2.....	19
Equação (6) – Nível sonoro em decibel 3 .....	20
Equação (7) – Velocidade do som.....	34
Equação (8) – Nível de ruído para dia e noite .....	57
Equação (9) – Predição de ruído de tráfego .....	58
Equação (10) – Relação entre $L_{10}$ e $L_{eq}$ .....	59
Equação (11) – Índice de ruído de tráfego .....	59
Equação (12) – Nível de poluição sonora.....	59
Equação (13) – Nível de poluição sonora simplificado.....	59
Equação (14) – Equação do Nível Equivalente de Ruído .....	68

## 1 INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos a respeito da acústica foram desenvolvidos há mais de dois mil anos na Grécia pelo filósofo e matemático Pitágoras. Na realidade o foco de seu estudo estava direcionado mais aos sons musicais (SILVA, 1997). Os gregos ainda têm por mérito a construção de teatros ao ar livre, os famosos anfiteatros gregos como o de Delfos em Parnassos, com uma acústica renomada até hoje. Passados muitos séculos, o estudo acústico foi focalizado principalmente nas igrejas em decorrência da expansão do Cristianismo na Europa. Necessitava-se a adoção de tempos de reverberação muito altos nas igrejas em função da conotação celestial que esse tipo de edificação tinha de expressar.

Já no século XIX, Newton teve uma função importante no estudo da elasticidade na propagação dos sons. Com isso iniciou-se a era cartesiana da Acústica, culminando com a Teoria do Som, de Lord Rayleigh, editada em 1895, admirável e clássico trabalho considerado a espinha dorsal da Acústica contemporânea (SILVA, 1997).

No início do século XX, Wallace C. Sabine, da Universidade de Harvard, nos EUA, modernizou o estudo do comportamento do som, desenvolvendo princípios fundamentais para o controle do ruído interno nas salas. Esses princípios são adotados hoje para vários tipos de estudos acústicos, tanto em ambientes internos como externos. Hoje o estudo da acústica está segmentado em várias áreas, muitas vezes tornando-se independentes entre si. No Brasil, a Engenharia Mecânica é a área que tem um direcionamento mais específico para o estudo dos ruídos e vibrações, enquanto que na Arquitetura o estudo está inserido dentro da área de conforto ambiental relativo às edificações e ao contexto urbano.

Com o crescimento desordenado dos centros urbanos na segunda metade do século XX, os níveis de ruído também aumentaram, tornando-se importante o estudo dos sons no ambiente urbano com vistas a um controle maior do problema. Viu-se assim a necessidade do estabelecimento de normas que estipulassem níveis máximos permissíveis.

Muitos trabalhos foram desenvolvidos a respeito do estudo da acústica, principalmente no que concerne ao controle do ruído nas edificações, analisando o desempenho dos fechamentos



quanto ao isolamento e condicionamento dos espaços interiores, mas pouco ainda se estudou a respeito do ruído no meio urbano no Brasil, principalmente em cidades de porte médio. Conforme Maia (2003), diversos trabalhos já foram produzidos, porém ainda não caracterizam uma base de dados de referência sólida para a área em questão. Este estudo, portanto, servirá como uma contribuição e ao mesmo tempo como marco inicial para o desenvolvimento de uma política séria de controle do ruído em cidades de porte médio como Passo Fundo.

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O problema do ruído na sociedade moderna vem gradativamente diminuindo a qualidade de vida dos cidadãos das grandes cidades. Segundo Oliveira et al. (2000), “o ruído é uma das principais fontes de perturbação em ambientes urbanos, e em geral nas grandes cidades representa 70% das reclamações aos órgãos de controle ambiental”. A preocupação com o controle dos níveis de intensidade sonora nas grandes cidades é relativamente recente, disso decorre a falta de estudos referenciais que sirvam de embasamento teórico quando da necessidade de tomada de decisões para a implantação de políticas mais efetivas de controle do ruído. As grandes cidades européias, e poucos centros urbanos no Brasil como Porto Alegre, Belo Horizonte, Curitiba e São Paulo, estão aos poucos mapeando suas áreas ruidosas, construindo assim uma base de dados que cidades de pequeno e médio porte brasileiras, como Passo Fundo, ainda não possuem. Mas há a necessidade de entendimento do que, a princípio, poder-se chamar de ruído. Os estudiosos fornecem uma definição muito clara a respeito. Inúmeras fontes declaram que ruído é um som desagradável, mas este conceito torna-se subjetivo à medida que se sabe que, o que seria um som incômodo para uma pessoa pode não o ser para outra. Por isso a subjetividade do assunto tem ligação direta com sua complexidade.

Outrossim, sabe-se que níveis elevados de ruído causam cada vez mais problemas de saúde na população diariamente exposta aos mesmos. A Organização Mundial da Saúde considera que a um nível  $L_{eq}$  (Nível de Intensidade Sonora Equivalente) de 55 dB(A) (decibéis ponderados na escala A), inicia-se um processo de *stress* auditivo (WHO, 1980).

O “clima acústico” de um lugar, através dos sons comuns e cotidianos, torna-se importante ao cidadão de qualquer cidade, pois é através dele que o habitante estabelece ligação e identidade com o meio que o cerca. Percebe-se esse “clima acústico” cada vez mais invadido pelo ruído das construções e do tráfego, culminando com a tão malfadada “neurose” das cidades grandes.

Para estabelecer um clima de confiança no lugar onde se vive é fundamental a familiaridade com os ruídos locais. A perda dessas referências pode ser um dos fatores do *stress* associado ao ambiente urbano (NIEMEYER & SLAMA, 1998).

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Problemas gerados pelo ruído tornam-se progressivamente mais graves à medida que aumentam o tamanho das cidades, o volume do tráfego e a densidade da malha urbana. A Organização Mundial da Saúde considera que a poluição sonora é, nos dias de hoje, menos grave, apenas, que as poluições do ar e da água (NIEMEYER & SLAMA, 1998). Esse efeito tem implicação direta em problemas que transcendem a simples questão do incômodo gerado pelo ruído e se materializa diretamente na economia de uma cidade. Um exemplo disso está na afirmação do Professor Lothar Goetz, de Stuttgart, Alemanha, de que o ruído é uma das causas da desvalorização das residências situadas em zonas centrais das cidades. De modo que os proprietários mais abastados acabam mudando-se para zonas mais afastadas, contribuindo assim, ainda mais, para o crescimento urbano (SILVA, 1997).

A evolução das cidades está diretamente associada ao progresso, mas também ao ruído. A praça do mercado, a ágora grega e as feiras da idade média tinham a ambiência ruidosa como uma de suas principais características. Eram, entretanto, espaços dotados de identidade sonora própria, compatível com as atividades neles desenvolvidas (NIEMEYER & SLAMA, 1998).

Na realidade, é imprescindível que se forme uma consciência sanitária, de maneira que, não somente o indivíduo atente para o problema, mas principalmente que a coletividade o encare com maior seriedade. Em função destas afirmativas questiona-se: qual seria o real estado da degradação sonora em Passo Fundo? Atualmente pode-se dizer que o contexto urbano referente ao ruído em Passo Fundo está dentro de padrões aceitáveis?

Um dos maiores problemas presentes em grande parte dos centros urbanos é a total falta de controle e fiscalização quanto aos níveis máximos de ruído permitidos. Uma parte do problema decorre em função da omissão dos órgãos públicos, na maioria das vezes indiferentes à busca de soluções. A grande parcela do problema dá-se pela total falta de planejamento urbano. A dificuldade de equacionamento do problema e de estabelecimento de normas para o combate ao ruído resulta da extrema complexidade da matéria, que se apresenta sob os mais variados aspectos (SILVA, 1997).

Assim, a precariedade do sistema educacional combinado com a situação econômica do brasileiro o torna, na maioria das vezes, mal informado e refém de um sistema que acaba por relegar essas questões a segundo plano.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS

O crescimento desordenado das cidades e a falta de um planejamento urbano progressivo explicitam-se nas deficiências de infra-estrutura básicas, constatadas hoje na maioria das cidades do país.

Naturalmente, à medida que crescem nossas cidades, os níveis de ruído urbano também aumentam proporcionalmente (SILVA, 1997). O problema ligado ao ruído nas cidades não escolhe classe social, atingindo a uma grande camada da população.

Assim, o presente trabalho tem como palco a cidade gaúcha de Passo Fundo, fundada em 1857 com o ato nº 340, então com 7 distritos. Com seus 185.279 habitantes (IBGE, 2005), a cidade hoje, pólo regional, com vários hospitais, uma Universidade e pequenas faculdades surgindo a todo o momento, cresce desordenadamente.

A importância de um estudo como este se dá em função da história evolutiva da cidade, onde a economia da região teve no tropeirismo uma importante contribuição para o seu desenvolvimento, estando a origem de Passo Fundo ligada ao transporte e ao comércio de mulas, pois foi ao longo deste “Caminho das Tropas”, que se instalaram os primeiros colonos e organizaram-se os “pousos dos tropeiros”, sendo aquele corredor de passagem das mulas o embrião da atual Avenida Brasil (KALIL, 1998). Via de tráfego intenso de veículos que interliga duas importantes rodovias, uma federal, a BR 285 e uma estadual, a RS 153, que fazem conexão, especialmente de São Paulo para com o Estado e também com os países pertencentes ao Mercosul, a Avenida Brasil viu a cidade se desenvolver às suas margens. Em sua área central, a cidade se adensou de tal forma que hoje vários problemas decorrentes da grande concentração urbana, populacional e de tráfego, comuns às cidades latino-americanas sem planejamento, contribuem para a degradação ambiental e, em consequência, da qualidade de vida dos cidadãos. O inchamento das periferias com falta de habitação digna às classes menos abastadas, problemas de saneamento, problemas de segurança pública, sinais de descontrole no trânsito com aumento gradual de congestionamentos, falta de estacionamentos nas áreas centrais e o crescimento do tráfego de veículos pesados em função do aumento da circulação de mercadorias e pessoas, implicam no conseqüente aumento dos níveis de ruído.

Devido a essas particularidades, a avenida tornou-se uma grande fonte de emissão de ruídos, o que gradativamente está influenciando o modo de vida dos cidadãos. Tal aspecto deve-se ao fato de que os incômodos que a degradação sonora causa, são muito mais rapidamente percebidos do que os decorrentes de outras degradações ambientais. Um exemplo simples de como o ruído repercute, não somente no ser humano, mas também na

arquitetura que este produz, está expresso nas fachadas dos edifícios de grandes cidades do Brasil e do mundo, onde cada vez mais os proprietários necessitam enclausurar suas residências na tentativa de um controle mais eficaz dos ruídos urbanos. Evidentemente é sabido que, quanto mais enclausurados os edifícios, mais energia se gasta em função de seu condicionamento interno.

Todas essas características tornam a Avenida Brasil e seu entorno importantes objetos de estudo na área do ruído urbano, especificamente no que concerne à degradação que ele provoca na qualidade de vida dos cidadãos. Não há registro de nenhum trabalho ou pesquisa realizada em Passo Fundo que avaliasse os níveis de ruído existentes no centro da cidade.

A necessidade desta pesquisa de campo dá-se também em função de que, quase todo o conhecimento relativo ao controle do ruído urbano, é originário de países de clima temperado ou frio. Existe uma enorme carência de estudos sistemáticos do ruído em cidades de clima tropical, tanto no âmbito da legislação sonora quanto no das soluções arquitetônicas (NIEMEYER & SLAMA, 1998).

Desse modo, verificou-se a necessidade de um trabalho em caráter exploratório, que venha a contribuir como um primeiro passo, assim como pela suma importância da matéria e seu ineditismo como pesquisa na cidade. Não se pode depender somente de tabelas com níveis máximos e mínimos confeccionadas por estudiosos nas grandes cidades, necessita-se de dados mais confiáveis de nossa própria realidade local.

Sabendo-se, através de nossa percepção subjetiva, que os níveis no centro da cidade estavam elevados, porém sem poder quantificá-los, decidiu-se estabelecer este primeiro passo através do monitoramento dos níveis de pressão sonora nos horários diurnos de pico, em um dia típico na cidade, que poderia ser qualquer um entre terça e quinta-feira e que não fosse feriado, véspera ou pós-feriado, em quatro pontos distribuídos entre a Avenida Brasil e seu entorno. Essas premissas deram-se em função de que nesses dias específicos o clima acústico da cidade sofre inversões passíveis de provocar alterações nos resultados.

Os dados coletados são de extrema importância para o planejamento urbano da cidade considerada pólo regional, e que tende a se desenvolver cada vez mais.



Figura 1 – Mapa da cidade de Passo fundo



- b) comparar os dados coletados com a Legislação Municipal e as normas atuais, analisando sua adequação quanto ao zoneamento, uso e ocupação do solo na área central;
- c) analisar o nível de poluição sonora no centro da cidade em função do  $L_{eq}$  diário obtido nas medições e da equação de  $L_{ps}$  - Nível de Poluição Sonora;
- d) apontar soluções urbanísticas e/ou construtivas para as áreas em que os níveis de intensidade sonora ultrapassem os valores permitidos pela legislação, estabelecendo recomendações para um planejamento urbano adequado em cidades de porte médio, baseado nas conclusões formuladas.

### 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação possui uma estrutura dividida em 6 capítulos descritos a seguir:

**Capítulo 1** – descreve a delimitação geral do tema, sua importância como pesquisa para o município de Passo Fundo, um breve histórico da cidade, problema de pesquisa, justificativa e objetivos do trabalho;

**Capítulo 2** – no capítulo 2 foi realizada uma revisão bibliográfica para o melhor entendimento do assunto, onde buscou-se identificar alguns trabalhos relevantes, compilando assim um banco de dados de referência, necessário às análises realizadas;

**Capítulo 3** – o terceiro capítulo descreve os métodos utilizados na realização da pesquisa, delineando a forma de condução do trabalho, detalhando os procedimentos de medição e de tratamento dos dados, bem como dos materiais utilizados;

**Capítulo 4** – o capítulo 4 trata da caracterização do entorno dos pontos medidos, do resultado das medições ponto a ponto, da análise dos dados obtidos no monitoramento, assim como discorre sobre a contribuição do entorno quanto ao comportamento do ruído urbano e da influência do zoneamento dos usos e índices do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de 1984 no problema do ruído na cidade. Também são identificadas neste capítulo as fontes de maior contribuição para o ruído nos pontos analisados;

**Capítulo 5** – no capítulo 5 serão apresentadas as conclusões do trabalho com observações e recomendações para a cidade, assim como sugestões para futuros trabalhos na área;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A PROBLEMÁTICA DO RUÍDO

A necessidade de um entendimento maior de como os ruídos estão contribuindo para a deterioração do nível de vida das pessoas e do meio ambiente urbano é uma questão que há anos se faz presente. A importância do tema, ao contrário, não está expressa no que diz respeito à produção bibliográfica no Brasil, que ainda é incipiente. Em sua maioria, as publicações dão ênfase à acústica arquitetônica, havendo poucas páginas destinadas à acústica ambiental ou urbana. Existe uma tomada gradativa de consciência quanto à importância do tema, que se expressa no aumento de artigos inscritos em eventos científicos no Brasil. Segundo Oliveira et al. (2003), “o barulho excessivo degrada seriamente a qualidade do meio ambiente e é um dos problemas ambientais mais frequentes nas grandes cidades, sendo responsável por uma grande percentagem de reclamações que chegam aos órgãos municipais de controle ambiental”.

Devido à complexidade do assunto, realizou-se revisão bibliográfica a respeito dos conceitos mais relevantes para este estudo, os quais estão expressos nas seções a seguir.

### 2.2 ASPECTOS FÍSICOS DO SOM

A palavra ruído tem sua origem do latim *Rugitus*, que significa rugido, também podendo ser definido como um som desagradável ou indesejável para o ser humano. Do ponto de vista físico, ruído é a “mistura de sons cujas frequências não seguem nenhuma lei precisa, e que diferem entre si por valores imperceptíveis ao ouvido humano (ABNTc, 1992).

Outra definição nos dá a NBR 12.179 (ABNT, 1992), dizendo que som é toda e qualquer vibração ou onda mecânica que se propaga num meio dotado de forças internas (P. ex: elástico, viscoso, etc.), capaz de produzir no homem uma sensação auditiva. A caracterização do Ruído pode ser efetuada através da sua frequência (baixa – sons graves, média, alta – sons agudos) e da sua amplitude medida em termos do “Nível de Pressão Sonora”.

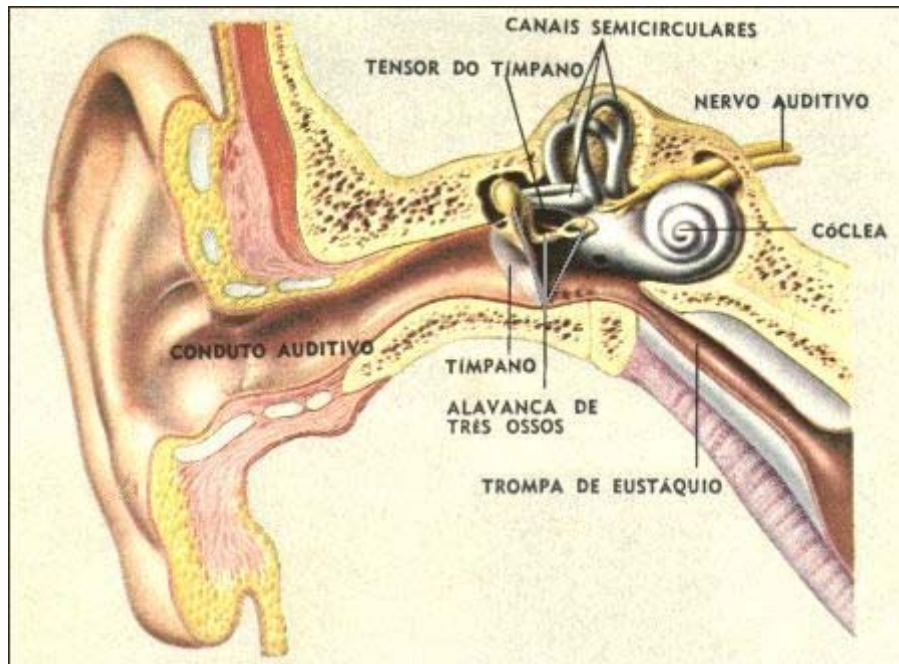
O som é parte fundamental das atividades dos seres vivos e dos elementos da natureza, é uma energia emitida pelos corpos em vibração e possui significado específico, conforme as espécies que os emitem, podendo significar alegria, medo, alerta, etc...

Mesmo qualquer deslocamento de ar ou o mínimo movimento é gerador de sons, e sem desejar ou perceber, estamos sempre ouvindo estes, uma vez que a audição não pode ser



“desligada” à vontade, como fechar os olhos para não ver. Normalmente não se pode escolher entre ouvir ou não um determinado som, situações de absoluto silêncio são raras de acontecer.

Em decorrência disto, existem fontes geradoras que ao emitirem alguns tipos de sons podem, em virtude da sua frequência e outros fatores determinantes, causar problemas a todos aqueles que exerçam qualquer atividade nas proximidades, caracterizando assim, um maior ou menor grau de poluição sonora.



Fonte: UM, 2004, p. 20.

Figura 3 – Fisiologia do ouvido humano

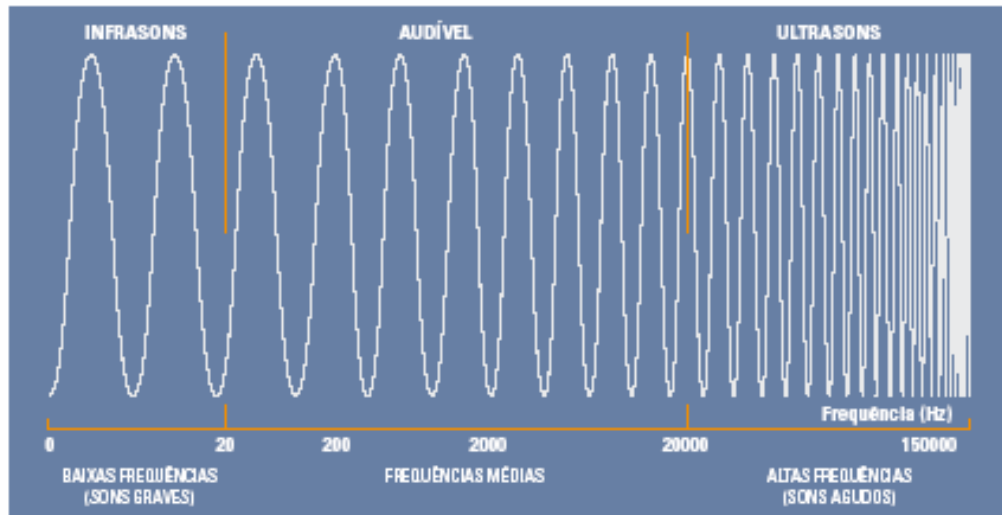
O ouvido funciona de tal forma que o som é captado com o auxílio da orelha (também conhecida como ouvido externo), penetra pelo canal auditivo e faz vibrar a finíssima membrana do tímpano. Esta transmite as vibrações aos três ossinhos do ouvido médio que, tocando um no outro, adaptam as vibrações para o ouvido interno. Chegando à cóclea ou caracol, as vibrações são separadas em faixas, como as notas musicais, e depois transmitidas ao nervo auditivo através de suas células. Estas transformam as faixas em impulsos nervosos que alcançam áreas bem definidas no cérebro. Só então, podemos perceber o som.

Este processo se dá em uma pequena fração de segundo e permite que escutemos variados sons no instante seguinte a que acontecem.

As vibrações sonoras propagam-se pelo ar devido a pequenas alterações provocadas na pressão atmosférica, configurando-se como ondas sonoras (SOUZA et al., 2003). Já para Costa (2003), o som é o resultado das vibrações dos corpos elásticos, quando essas vibrações se verificam em determinados limites de frequências. Os movimentos de um corpo vibrante,

os redemoinhos de um escape de gases, etc., perturbam a atmosfera que os rodeia. Estas perturbações se traduzem em contrações e dilatações de volumes elementares de ar. A estas variações de volume correspondem:

- Uma modificação da pressão que, em repouso, é a pressão atmosférica  $P_0$ ;
- Um movimento vibratório das partículas do ar.



Fonte: IA, 2004, p. 6.

Figura 4 – Espectro de frequências

A pressão sonora não é mais do que a diferença entre a pressão ambiente instantânea relativamente à pressão atmosférica a partir da qual o ouvido humano é sensível.

O ouvido humano possui uma sensibilidade muito elevada uma vez que a relação entre a pressão sonora característica de um som que cause dor e de um som que seja audível é da ordem de 1.000.000 (IA, 2004).



Fonte: IA, 2004, p. 6.

Figura 5 – Limiar da audição

Em certas condições, estas perturbações excitam o sentido da audição, fazendo com que nos encontremos frente a um som ou ruído (JOSSE,1975).

Abaixo temos a equação que descreve melhor o movimento ondulatório, mais conhecido como onda sonora:

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

Onde:

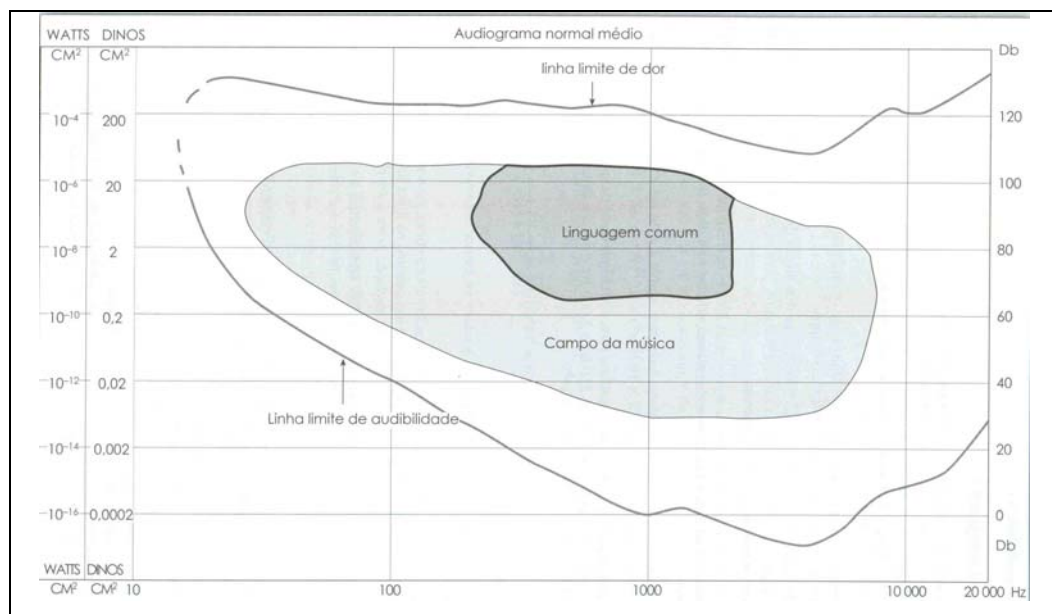
V = velocidade do som no ar (m/s);

f = frequência (Hz);

$\lambda$  = comprimento de onda (m).

Cada fonte sonora tem sua capacidade própria de vibrar em determinada faixa de frequência. Para que seja audível ao ouvido humano, as frequências devem se situar entre 20 e 20.000 Hz. As frequências mais altas, com maior número de oscilações temporais, correspondem aos sons mais agudos, enquanto as frequências mais baixas, com menor número de oscilações temporais, aos sons mais graves (SOUZA et al., 2003).

Verifica-se que essa capacidade de ouvir é variável segundo a frequência, isto é, um som de determinada intensidade pode não ser ouvido na baixa frequência e ser perfeitamente captado na alta.



Fonte: Costa, 2003, p. 20.

Figura 6 – Audiograma normal médio

Outro fato interessante, e que chama a atenção, é que existem faixas para as quais a capacidade auditiva é boa para a música e não para a palavra; outras são boas para ambas e outras, ainda, não servem para qualquer uma das duas (SILVA, 1997).

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

Já os ruídos, por sua vez, causam sensações tanto menos agradáveis, quanto maior é o número de notas que o compõem e mais alta sua frequência. Na voz humana, as consoantes se comportam como ruídos, enquanto as vogais se comportam como sons (COSTA, 2003).

O Caderno de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (1999), especificamente no capítulo sobre poluição sonora, nos diz que há momentos em que os sons podem não serem bem recebidos pelas pessoas que os ouvem e, nesse contexto, eles são chamados de ruído ou de barulho. Quanto maior a intensidade sonora, maior é o incômodo causado pelo ruído, assim como maior é a possibilidade de que esse som cause problemas para o indivíduo, podendo causar, dependendo da intensidade e do tempo de exposição, uma lesão permanente, levando-o à surdez.

Segundo Schimitt & Rott (1998) apud Maia (2003), a ação perturbadora do som depende:

- a) De suas características, como intensidade e duração;
- b) Da sensibilidade auditiva das pessoas, variável de uma para outra;
- c) Da fonte causadora, podendo ser atrativa ou não;
- d) Da frequência, grave ou aguda;
- e) Da mensagem, transmitindo informações;
- f) Da melodia, evocando emoções e recordações.

Souza (2003) comenta que, em princípio, como uma definição geral, “todo som indesejável à atividade de interesse é considerado ruído, mesmo que esse seja música. Uma vez interferindo no bom andamento das atividades, nos objetivos dos espaços, prejudicando a função do ambiente, o som pode ser considerado ruído, independentemente de seu espectro. Portanto, algumas questões subjetivas, como a atenção do receptor, ficam incluídas nesta definição, pois, em função dela, o grau de incômodo causado será maior ou menor”.

Nos apontamentos de aula do Arquiteto José Miguel Aroztegui (1979), ele conceitua o ruído como uma variação aleatória de pressão acústica ou um som de oscilações aleatórias.

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

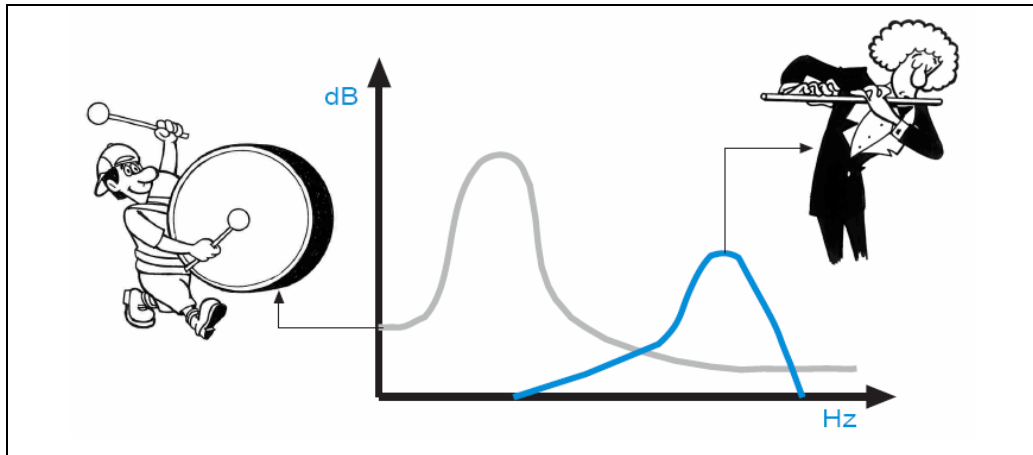
Partindo do conceito de que ruído e barulho são incômodos ao homem, o seu efeito pode aparecer do seguinte modo:

- a) Repercutindo sobre o aparelho auditivo;
- b) Repercutindo sobre a atividade do cérebro;
- c) Repercutindo sobre vários órgãos;
- d) Repercutindo sobre a atividade física e mental (MOSCI & DINIZ, 1997).

Segundo Souza et al. (2003), as vibrações sonoras propagam-se pelo ar devido a pequenas alterações provocadas na pressão atmosférica, configurando-se como ondas sonoras. Ao sofrer um estímulo sonoro (vibração) as partículas do ar são submetidas a sucessivas compressões e rarefações, de forma que o movimento de uma partícula provoca a vibração da partícula vizinha, resultando na propagação sonora. Em outras palavras, as partículas não se deslocam, se o meio não estiver em movimento, mas sim vibram em torno de seu centro de equilíbrio, transmitindo a energia sonora até se extinguir a flutuação da pressão sonora. A grandeza da pressão exercida sobre a atmosfera determina o máximo deslocamento da partícula em relação ao seu centro de equilíbrio. Este pequeno deslocamento é chamado de amplitude.

O número de vezes que uma partícula completa um ciclo de compressão e rarefação em determinado intervalo de tempo, ao redor de seu centro de equilíbrio, ou seja, o número de vezes que ela passa por uma mesma fase de vibração, é denominado **freqüência**. Normalmente a freqüência é uma grandeza medida em Hertz (Hz), que representa o número de ciclos por segundo (c.p.s.).

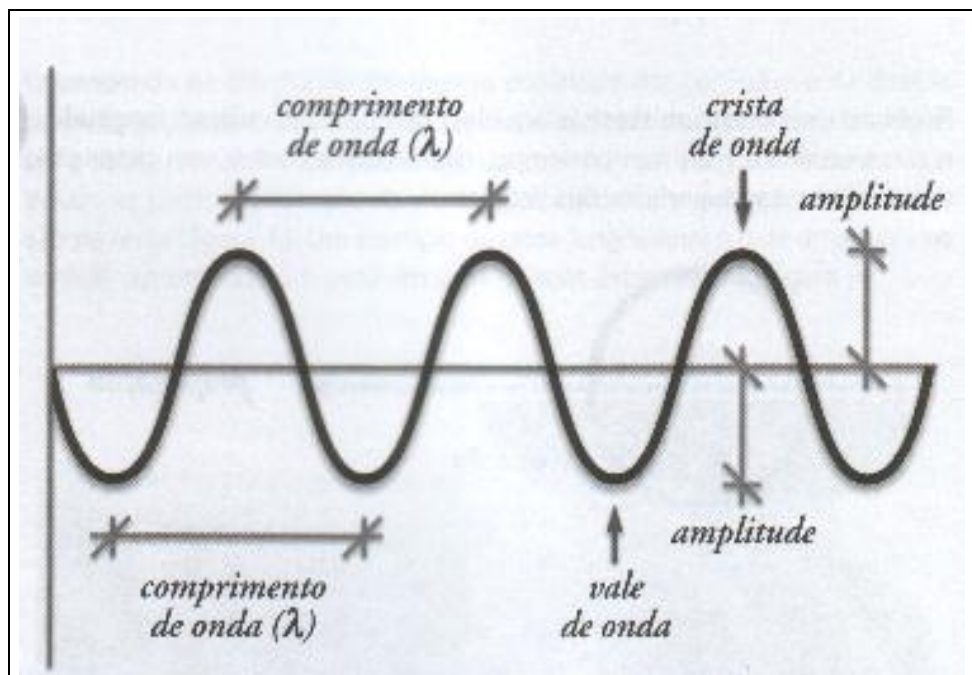
Para Costa (2003), dá-se o nome de **freqüência** de uma onda sonora ao número de vibrações completas executadas pela mesma em um segundo. Sendo a **amplitude** de uma onda sonora o maior ou menor deslocamento atingido pelas partículas do meio, em virtude das oscilações que a formaram.



Fonte: Parma, 2003.

Figura 7 – Intensidade e frequência

Na figura 8 pode-se ter uma idéia a respeito do que seria a amplitude de uma onda sonora.



Fonte: ABC do Conforto Acústico apud Grala, 2003.

Figura 8 – Amplitude de uma onda sonora

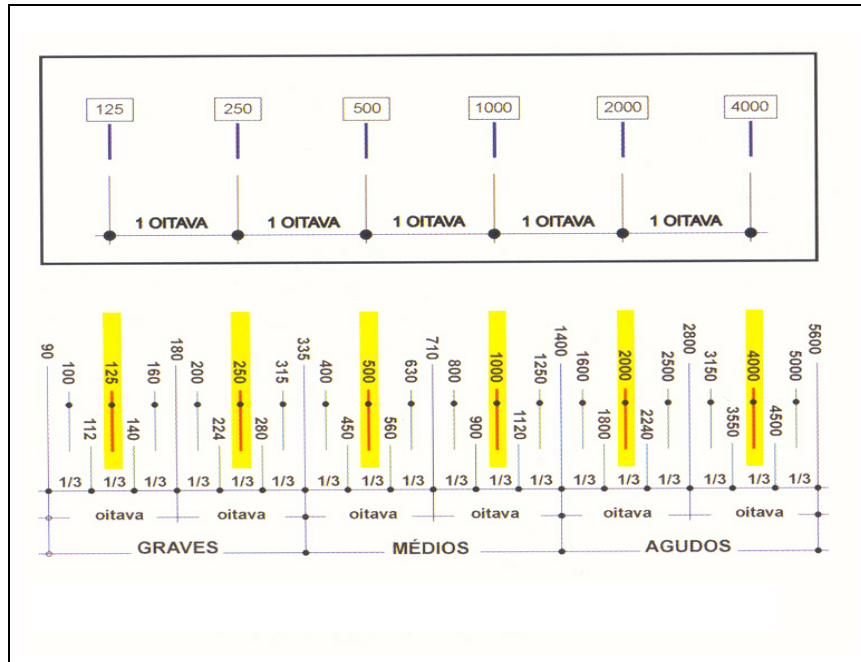
Costa (2003), também relata que uma onda sonora apresenta uma série de qualidades que servem para caracterizá-la completamente. Assim, podemos distinguir num som a altura, a intensidade e o timbre.

A **altura** se relaciona com a seqüência das vibrações sonoras, isto é, com a freqüência do som e nos diz se um som é agudo ou grave. Segundo a freqüência, classificamos as vozes em baixo, barítono, tenor, contralto, soprano, etc., e as notas musicais em diversas escalas.

O **timbre** se relaciona diretamente com a composição harmônica da onda sonora, isto é, sua forma, e nos permite identificar a procedência do som, seja emitido por uma pessoa ou por um instrumento musical.

A **intensidade** do som diz respeito à amplitude da onda sonora, que caracteriza a variação de pressão do meio em que se verifica a sua propagação. A intensidade do som é medida por meio da potência sonora, propagada por unidade de superfície, a qual toma o nome de intensidade energética.

Apenas as vibrações dentro de certos limites de freqüência são audíveis pelo homem. Os limites de audição, quanto à freqüência, estão compreendidos para um órgão auditivo humano normal médio, entre 16 e 30.000 Hz aproximadamente. Os sons musicais estão compreendidos entre as freqüências de 30 e 5.000 Hz. Também é importante saber que as séries de 7 (sete) sons, que guardam entre si relação determinada de freqüência levam o nome de escalas musicais.



Fonte: ABC do Conforto Acústico apud Cunha, 2003.

Figura 9 – Bandas de oitavas e terços médios de oitavas

Os sete sons de uma escala musical ou notas musicais são: dó, ré, mi, fá, sol, lá, si. Essas escalas musicais se sucedem, a partir de uma escala musical inicial para a qual o dó, ou primeira nota apresenta uma frequência de 65,4 Hz.

Dá-se o nome de oitava ao conjunto de notas que vai do dó de uma escala ao dó da escala seguinte, a qual apresenta uma frequência que é o dobro da frequência do dó da escala anterior. O inverso da frequência, isto é, o tempo necessário para efetuar uma onda completa de oscilação, toma o nome de tempo periódico, ou período:

$$T = 1 / f \text{ seg/ciclo} \quad (2)$$

A relação entre a velocidade de propagação do som  $c$  em m/s e a frequência  $f$  em ciclos/s, nos dá o comprimento da onda sonora  $\lambda$ :

$$\lambda = c / f \text{ m/ciclo} \quad (3)$$

Este, para um som de frequência determinada, dependerá da natureza do meio no qual se dá a propagação.

### 2.2.1 O decibel

Segundo Maia (2003), a amplitude de uma onda pode ser quase sempre convertida para potência sonora, em picowatts ( $10^{-12}$  watts), ou intensidade sonora (em  $10^{-12}$  watts/m<sup>2</sup>). Em função da enorme extensão que essas medidas abrangem, e conseqüentemente da dificuldade em representá-las, criou-se a escala logarítmica em **decibel** (dB) – que apresenta uma correlação com a audibilidade humana muito melhor do que a escala absoluta (N/m<sup>2</sup>). O nível sonoro em decibel é dado por:

$$L_p = 10 \log_{10} = (P / P_0)^2 \text{ dB} \quad (4)$$

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

$$L_I = 10 \log_{10} = (I / I_0)^2 \text{ dB} \quad (5)$$

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



$$L_w = 10 \log_{10} = (W / W_0)^2 \text{ dB} \quad (6)$$

Onde  $W$  é a potência sonora e  $W_0$  é  $10^{-12}$  watts.

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

Tabela 1 – Pressão sonora, intensidade e nível sonoro

Pressão Sonora ( $\mu\text{Pa}$ )	Potência Sonora ( $10^{-12}\text{watt}$ ) ou Intensidade Sonora ( $10^{-12}\text{watt/m}^2$ )	Nível Sonoro (dB)	Exemplo
200.000.000	100.000.000.000.000	140	Limiar da dor
	10. 000.000.000.000	130	Rebite em uma chapa metálica
20.000.000	1.000.000.000.000	120	Martelo pneumático
	100.000.000.000	110	Buzina de carro a 1m
2.000.000	10.000.000.000	100	Alarme de relógio a 1m
	1.000.000.000	90	Interior de um metrô
200.000	100.000.000	80	Interior de um ônibus
	10.000.000	70	Ruído de tráfego em cruzamentos
20.000	1.000.000	60	Conversa normal
	100.000	50	Interior de um escritório
2.000	10.000	40	Sala de estar normal
	1.000	30	Quarto de dormir à noite
200	100	20	Estúdio de gravação
	10	10	Respiração normal
20	1	0	Limiar da audição

Fonte: Therivel & Morris, 1995 apud Maia, 2003, p. 16.

Outra definição refere que a gama de pressões sonoras a que o ouvido humano é sensível, como já se comentou, é muito alargada, tornando-se, portanto, pouco prática quando utilizada na sua unidade de referência – o Pascal (Pa). É, pois, vantajoso recorrer a um artifício matemático, convertendo a escala linear de pressão sonora em Pascal (Pa), numa

escala logarítmica de nível de pressão sonora em decibel (dB). Nesta nova escala, a relação entre um som correspondente ao limiar da audição humana e um som doloroso abrange apenas 120 unidades (IA, 1978). Alguns autores referem-se ao limiar da dor por volta dos 140 dB como mostra o parágrafo anterior e a tabela 1, mas como exemplificado mais adiante, isso depende da percepção subjetiva de cada indivíduo com relação ao ruído.

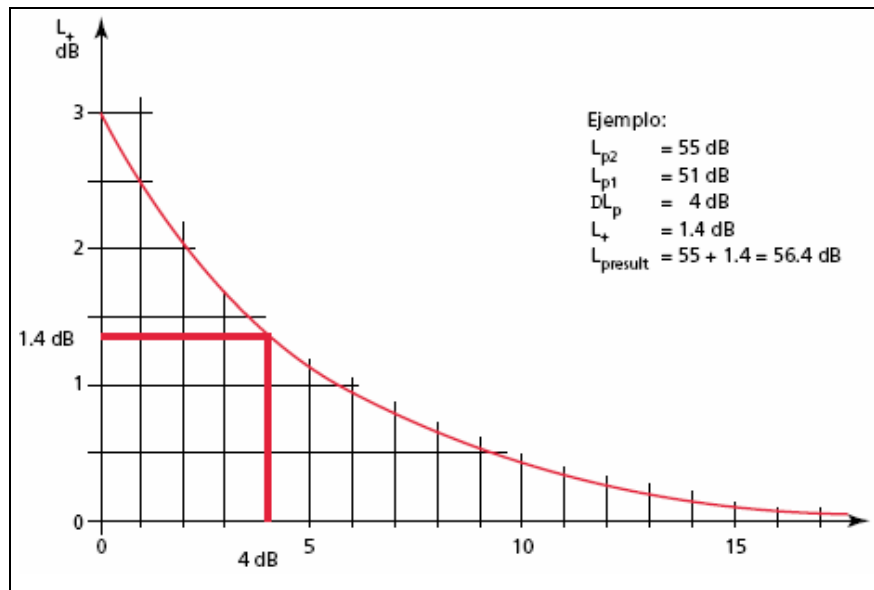
### **2.2.2 A percepção subjetiva ao ruído**

Devido a uma série de fatores fisiológicos, os quais não cabe discussão no presente trabalho, o ser humano possui uma capacidade de percepção sonora que pode diferir com relação à frequência. A fim de se determinar com maior precisão a sensibilidade do ouvido humano à frequências diversas, foi criada uma tabela chamada de curvas Curvas Isofônicas de Fletcher Munson. Pode-se observar na figura 10 que, para a faixa de frequência próxima aos 1.000 Hz, o som emitido e o som percebido tem grande correlação, enquanto que para a faixa de frequência de 4.000 Hz, a sensibilidade auditiva é maior. Se tomarmos, por exemplo, um som de 50 dB a 1.000 Hz, o seu valor em fons corresponderá ao mesmo de um som de 60 dB a 100 Hz e ao de um som de 42 dB a 4.000 Hz. Ou seja, para que ele, a 1.000 Hz seja percebido, subjetivamente, como se fosse de mesma intensidade que um som a 4.000 Hz, é necessário que ele tenha, objetivamente, maior nível sonoro e, comparado à frequência de 100 Hz ele necessita menor nível sonoro. Quando se está tratando de níveis sonoros mais elevados, a resposta, no entanto, é mais uniforme – observe a diminuição das declividades das curvas isofônicas à medida que aumenta o nível sonoro.

É importante salientar ainda que, valores em decibels não podem sofrer uma adição simples, uma vez que se trata de uma escala logarítmica. Portanto a combinação de duas fontes sonoras não resulta na adição simples de seus NPS (Níveis de Pressão Sonora) e NIS (Níveis de Intensidade Sonora). Quando duas fontes sonoras se sobrepõem, o nível de pressão sonora aumenta, no máximo, o valor de 3 dB. Esta adição pode ser efetuada através do ábaco da figura 11 que nos mostra como calcular a adição de duas fontes sonoras.

Maia (2003), sugere que o nível físico do ruído não corresponde claramente ao fator de “incômodo” que ele proporciona, ainda que este incômodo seja o fato mais importante considerado nos relatórios de impacto sonoro. Por esta razão é importante distinguir os níveis de ruídos objetivos (físicos), dos volumes subjetivos (percebidos). O ouvido humano é mais sensível a algumas frequências em detrimento de outras (GERGES, 1998): ele é mais sensível para as oitavas relativas a 1 kHz, 2 kHz e 4 kHz e muito menos sensível para as frequências baixas ou altas audíveis.

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



Fonte: Brüel & Kjaer, 2001, p. 12.

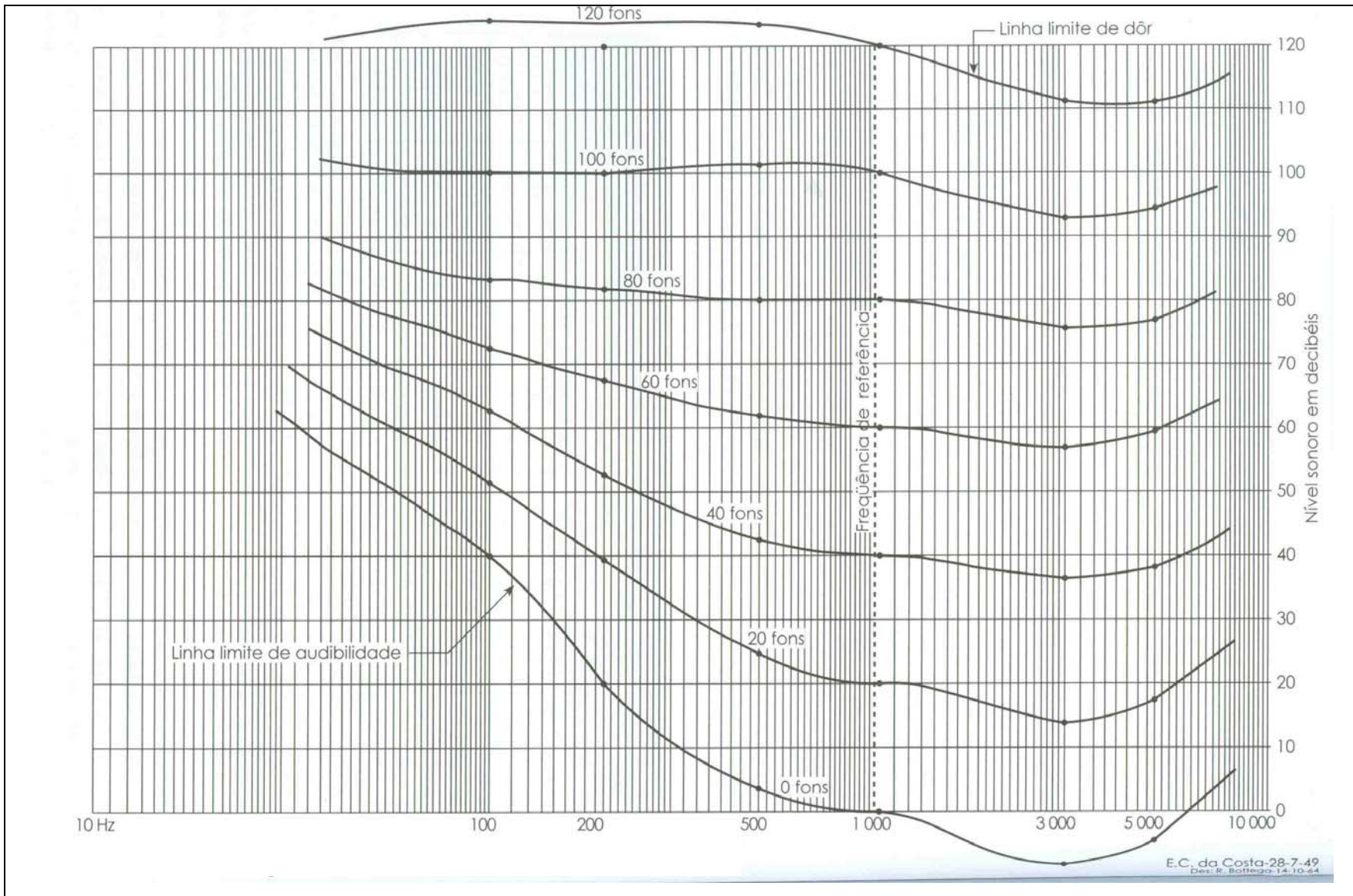
Figura 10 – Método de adição de fontes sonoras

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

No sub-item seguinte, serão abordados alguns aspectos a respeito destes filtros, que ficaram conhecidos como redes de ponderação.

### 2.2.3 As redes de ponderação

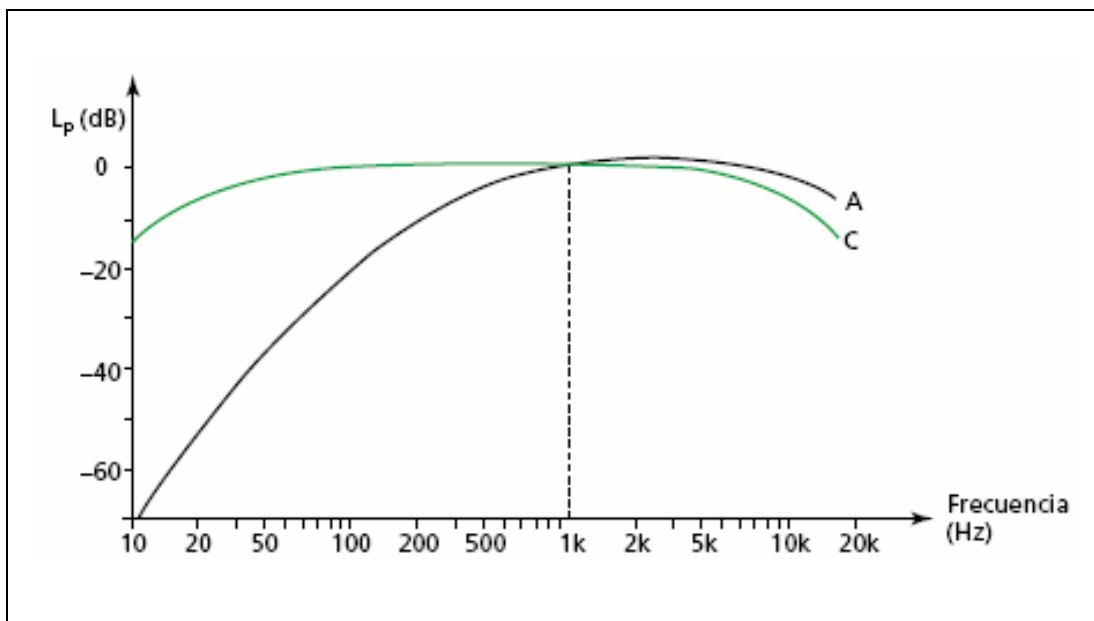
Um nível de pressão sonora, expresso em decibel (dB), não é verdadeiramente representativo da sensação auditiva humana devido ao fato do ouvido humano ser pouco sensível às frequências muito baixas (abaixo dos 40 Hz), bem como às muito altas (acima dos 20.000 Hz). Segundo o livro (O Ruído e a Cidade, 2004, p.7), o nível de pressão sonora



Fonte: Costa, 2003, p. 26.

Figura 11 – Curvas isofônicas de Fletcher Munson

expresso em dB deve, então, ser ponderado por um coeficiente dependente da frequência, por forma a ter em linha de conta a diferente sensibilidade auditiva humana à frequência. Obtém-se assim, um nível de pressão sonora expresso em dB(A) – Nível de Pressão Sonora Ponderado A, que descreve a sensação com que efetivamente o ser humano percebe determinado ruído. Foram estabelecidas outras curvas de ponderação, mas para utilizações muito específicas.



Fonte: Brüel & Kjaer, 2001, p. 10.

Figura 12 – Curvas de ponderação.

Assim, originalmente escolheu-se um certo número de redes de ponderação para ser aplicado a diferentes níveis, com faixas de intensidade sonora, levando-se em consideração as suas respectivas frequências, que são as seguintes:

1 - Rede (ou escala) “A”: a rede A, de ponderação, destina-se a uma faixa de sons menos intensos e de baixas frequências, isto é, mais tranquilos. Foi criada para reproduzir a sensibilidade do ouvido humano. É a rede correntemente mais usada;

2 - Rede “B”: a rede B, ponderada, destina-se aos sons de média intensidade e médias frequências;

3 - Rede “C”: já a rede C, de ponderação, destina-se aos sons de alta intensidade sonora e de frequência mais alta;

4 - Rede “D”: essa rede ponderada, D, é especial para medição de sons originários em aeronaves, ou seja, ruído de tráfego aéreo (SILVA, 1997).

No Caderno de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (1999) afirma-se que para se fazer o controle do nível de poluição sonora, o ruído é medido através de um aparelho específico (sonômetro), o qual é regulado em função do tipo de ruído a ser verificado, uma vez que foram estabelecidas as curvas de compensação A, B, C e D padronizadas internacionalmente.

As normas internacionais e o Ministério do Trabalho adotam a curva de compensação (ou ponderação) “A” para as medições de níveis de ruído contínuo e intermitente, devido à sua maior aproximação à resposta do ouvido humano. A curva “A” aproxima-se das curvas de igual audibilidade para baixos níveis de pressão sonora; a curva “B” para médios níveis de pressão sonora, e a curva “C” para níveis de pressão sonora mais altos. Atualmente, a curva “A” é a mais utilizada, e a curva “D” é padronizada para medições em aeroportos (SALIBA, 2000).

Geipot apud Gelpi (1994) afirma

[...] para que os níveis de som forneçam uma medida de sensibilidade auditiva, foram estabelecidas as curvas de ponderação A, B, C e D. Essas curvas foram estabelecidas em correspondência à resposta do ouvido a diferentes níveis de som: a curva A para um nível de 40 dB, a curva B para 70 dB e a curva C para 90 dB. A curva D foi introduzida pelo ruído de aviões (120 dB). Com o decorrer do tempo e seguindo a orientação de estudos realizados em vários centros especializados, a curva A passou a ser adotada como padrão para a medida de desconforto provocada pelo ruído.

Todas as medições realizadas neste trabalho foram executadas levando-se em conta a ponderação na curva A.

No item seguinte, serão traçadas algumas considerações sobre as condições e os parâmetros mínimos necessários para uma medição satisfatória do ruído urbano.

## 2.3 RUÍDO URBANO

### 2.3.1 Aspectos iniciais

Como os níveis de ruído são variáveis em relação ao tempo, devemos levar em consideração para que possamos realizar um levantamento de ruído de tráfego, três questões fundamentais:

A primeira é que o ruído varia continuamente. A segunda é que a intensidade e o espectro de frequência do ruído variam para cada modalidade de transporte. Terceira, que o distúrbio ou o incômodo provocado pelo ruído depende da distância que separa o ouvinte da fonte geradora e é em função, também, do nível de ruído do ambiente.

Assim sendo, quando se pretende caracterizar o ruído de um determinado ambiente externo que implique em sua grande parte no ruído gerado pelo tráfego, uma medição instantânea do seu valor não é suficiente. Apenas uma média obtida após um tempo de medição adequado, será efetivamente representativa.

A avaliação do ruído é, em geral, efetuada em termos do indicador  $L_{Aeq}$  (Nível de Pressão Sonora Equivalente Ponderado na Curva A) podendo no entanto, em situações particulares, ser conveniente a utilização do  $L_{Aeq}$  em conjunto com outros indicadores. A forma de calcular o parâmetro  $L_{Aeq}$  será estudada mais adiante no item 3.2, página 65, referente aos métodos e técnicas utilizados para a medição.

A realização de medições de níveis de pressão sonora, para ser criteriosa, também deve contemplar os seguintes parâmetros acústicos:

- a) **Leq POR ESPECTRO DE 1/3 OITAVA em dB(A) ou  $L_{Aeq}$**  – Nível sonoro equivalente ponderado em A, que é o valor médio dos níveis de pressão sonora, integrado em uma faixa de tempo especificado, e que corresponde à energia do ruído. É o nível contínuo que tem o mesmo potencial acústico que o nível variável existente no recinto. Corresponde também à dosimetria para o intervalo de tempo considerado. Essa é a interpretação do valor físico mais significativo nas avaliações acústicas;

- b) **SEL** - é o nível de exposição sonora (Sound Equivalent Level), utilizado para ruídos transientes, acumulados durante o tempo computado, com tempo de integração de 1,0 segundo;
- c) **L<sub>máx</sub>** – é o pico máximo medido em um determinado intervalo de tempo;
- d) **L<sub>min</sub>** – é o pico mínimo medido em um determinado intervalo de tempo;
- e) **TNI (Traffic Noise Index)** – parâmetro desenvolvido no Reino Unido e que mede o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário.

Depois de traçadas as considerações iniciais sobre medições de ruído urbano, serão abordados no seguinte sub-item, aspectos relacionados com o tema do ruído urbano e sua problemática atual.

### 2.3.2 A problemática do ruído urbano

Cremonesi apud Gelpi (1994), relatam que

[...] considerando-se que a problemática do ruído nas cidades está diretamente vinculada às atividades de trabalho (indústria e serviços), assim como ao sistema de transporte e lazer (metrô, ferrovia, tráfego, parques, restaurantes, etc.), poder-se-ia dizer que a poluição sonora é intrínseca à cidade, e quanto maior for a cidade, maior será o ruído. Em relação ao ruído urbano, as pessoas convivendo com o barulho acabam acostumando-se a ele e não se sentem mais importunados. Essa premissa não é verdadeira, pois o que existe é apenas a resignação de viver com o ruído incômodo, muitas vezes convencidos de que nada pode ser feito para reverter a situação.

A primeira referência escrita sobre o efeito do ruído foi feita por Plínio, o Velho, cerca de 600 a.C., deixando em sua obra *Naturalis historia* referências ao ensurdecimento de pessoas que viviam perto da catarata do Nilo, relacionando exposição a ruído e surdez (NUDELMANN et al., 2001).

É interessante salientar que o ruído tem sido usado durante séculos como forma de tortura em prisioneiros de guerra. Desde a China medieval, onde pessoas eram amarradas a sinos gigantescos de bronze, tocados incessantemente até matá-las, até os dias de hoje, onde ainda são utilizadas técnicas de *stress* psicológico em prisioneiros de guerra com a utilização de ruídos ou músicas executadas por longos períodos a níveis absurdos de intensidade.



Além de provocar doenças, o ruído também atinge diretamente, como já citado, o mercado imobiliário, fazendo os preços de imóveis em áreas ruidosas ficarem abaixo do preço de mercado.

Baseado em situações como estas, urbanistas e planejadores do transporte e do tráfego têm verificado a importância crescente de se estimar impactos ambientais causados pelas várias modalidades de transporte sobre o meio ambiente, objetivando a implantação de medidas mitigadoras. A poluição sonora que implica em situação de desconforto para os cidadãos, prejudicando seu bem estar físico e mental e de toda a coletividade, está entre esses impactos.

Como vimos, uma parcela do ruído urbano é produzido por determinadas atividades (indústrias, discotecas, academias de ginástica), mas a grande contribuição para o incômodo da população provém do trânsito de veículos. Atualmente, nas grandes cidades, cerca de 80% da energia acústica total provém da circulação de veículos automotores e os automóveis, apesar de individualmente menos ruidosos que os veículos pesados, são, em conjunto, a maior fonte de ruído urbano.

A seguir, serão estudados mais diretamente os tipos e fontes de ruído urbano existentes.

### **2.3.3 Fontes de ruído urbano**

Segundo Niemeyer & Slama (1998), os automóveis, buzinas, vizinhos que batem portas e ouvem música muito alto, o barulho da fábrica, do clube ou do canteiro de obras são fontes sonoras típicas de ambiente urbano. Já Brown & Lam (1987) apud Maia (2003), comentam que a maior razão para falhas nas informações geradas a partir dos levantamentos e trabalhos que se referem a ruído, é que a natureza do campo acústico de uma área urbana não é algo totalmente compreendido, e isto acaba resultando em uma coleção de dados específicos do local, que não são aplicáveis a outras situações. Qualquer trabalho específico nessa área deve levar em conta características e objetivos locais. O campo acústico urbano é sempre o produto da sobreposição de padrões de ruído resultantes de diferentes fontes encontradas em zonas urbanas.

Souza (2003), relata que as atividades humanas envolvem sempre, por menor que seja, a geração de sons e, por isso mesmo, os ambientes urbanos têm como uma das suas

características a presença do que denominamos de ruído de fundo. O ruído de fundo tende a ser mais intenso durante o dia e menos nos horários da madrugada. Para que um som possa ser ouvido, é necessário que o seu nível de intensidade esteja acima do nível de intensidade do ruído de fundo. Deve-se sempre ter em mente que, em função das características e posicionamento da fonte, os ruídos gerados podem se propagar pelo ar ou por estruturas sólidas. Se o ruído se origina no ar, ele é chamado de ruído aéreo. Quando os ruídos são resultantes de forças impostas diretamente sobre estruturas, eles podem ser gerados por vibrações em sólidos ou impactos.

Costa (2003), designa como rumores, aqueles sons ou ruídos (sejam musicais, de palavras ou industriais) indesejáveis, devido ao fato de perturbarem a audição dos demais sons que desejamos ouvir, prejudicarem a execução de qualquer outro tipo de atividade humana ou ainda mesmo acarretarem qualquer dano à saúde do homem.

Os rumores caracterizam os ruídos ditos de fundo, que são limitados pelas normas de diversos países (Níveis de Critério de Avaliação – NCA).

Também fornece uma descrição quanto aos tipos de ruído:

- a) **Ruído com caráter impulsivo:** quando o mesmo contém impulsos que são picos de energia acústica com duração menor do que 1s e que se repetem em intervalos maiores do que 1s (martelagens, bate-estacas, tiros, explosões, etc.);
- b) **Ruído com componentes tonais:** quando o mesmo contém sons puros (apitos, zumbidos, etc.);
- c) **Ruídos intermitentes:** uma mistura dos dois anteriores.

Já Leland & Richards (1998) apud Maia (2003), apontam outra classificação:

- a) **Ruído contínuo:** com variações de nível desprezíveis durante o período de observação;
- b) **Ruído intermitente:** cujo nível cai ao valor de fundo várias vezes durante o período de observação, sendo o tempo em que permanece em valor constante, acima do valor de fundo, da ordem de segundos ou mais;

- c) **Ruído de impacto ou impulsivo:** quando apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, por intervalos superiores a um segundo.

Também Brüel & Kjaer (2000), apontam que o **ruído contínuo** é aquele produzido por alguns tipos de máquinas que operam ininterruptamente, como por exemplo, ventiladores e bombas pneumáticas. Já o **ruído intermitente** acontece quando uma máquina opera em ciclos, ou quando carros e aviões estão em movimento, fazendo com que o nível de ruído cresça e decresça rapidamente. O ruído proveniente de impactos ou explosões vindas de bate-estacas, britadeiras ou armas de fogo, é chamado de **ruído impulsivo**.

Segundo o Instituto Obra Prima (2001) apud Maia (2003), as diferentes fontes geradoras de ruído no interior e exterior de edificações, que passam a se propagar de forma livre e constituir a base diversificada de ruídos presentes no ambiente urbano, identificam-se como ruídos provenientes de:

- a) **Serviços de engenharia mecânica:** sistemas de ar condicionado e ventilação, sistemas de aquecimento, sistemas de drenagens e suprimento hidráulico;
- b) **Serviços elétricos:** iluminação fluorescente com reatores convencionais, iluminação acoplada à ventiladores de teto, iluminação proporcionada por geradores à óleo, transformadores;
- c) **Serviços de circulação/deslocamento:** elevadores, escadas rolantes, escadas mecânicas / ambientes duplex;
- d) **Serviços de comunicação:** telefones convencionais, telefones celulares, bip's, alarmes em geral;
- e) **Pessoas:** ruído de impacto de caminhada, abrir e fechar portas, movimento de cadeiras e deslocamento de móveis, serviços domésticos – ex: perfuração, aparelhos de reprodução sonora e vídeo, discussões;
- f) **Fontes externas:** ruído de tráfego, ruído aéreo, ruído ferroviário, máquinas de manutenção pública, fenômenos naturais.

Souza (2003), também faz algumas considerações a respeito de fontes de ruído dizendo que

[...] algumas fontes sonoras, decorrentes do crescimento urbano e da industrialização, são constantemente tomadas como geradoras de ruídos. Incluem-se como as principais fontes de ruídos externos, os sons emitidos decorrentes de atividades humanas, como os transportes rodoviários e aéreos, as indústrias e algumas atividades de recreação. Dentre essas, o transporte rodoviário é a mais freqüentemente encontrada no meio urbano. (2003, p.48).

Outra classificação nos dá Niemeyer & Slama (1998), dizendo que as fontes podem ser fixas ou móveis e pontuais, lineares e de superfície.

Fontes fixas são as atividades cujo funcionamento implica em produção de ruídos tais como: indústrias, construção civil, bailes funk, bares, boates, templos religiosos. Fontes móveis são os veículos: automóveis, caminhões, motocicletas, aeronaves.

Podem, também, ser classificadas segundo suas características geométricas. Se a fonte possui dimensões insignificantes em relação à sua distância ao receptor, ela é classificada como fonte pontual, enquanto que será chamada de fonte linear se uma de suas dimensões for significativa em relação à distância fonte/receptor ou de fonte de superfície se ambas o forem. Esta classificação é flexível, variando com a escala do problema em questão: uma indústria, por exemplo, pode ser classificada como fonte de superfície, dentro do contexto do bairro, ou como fonte pontual quando estudada em contexto mais amplo (NIEMEYER & SLAMA, 1998).

Levando em consideração esses conceitos, pode-se dizer então que uma via de circulação de veículos pode ser classificada como uma fonte sonora linear de grande comprimento. Um veículo isoladamente pode ser considerado como uma fonte sonora pontual omnidirecional (onde a energia sonora emitida se distribui uniformemente em todas as direções). Entretanto, numa via de tráfego, na medida que ele se desloca, seu espaço vai sendo ocupado, sucessivamente, por outros veículos. Se for tomada a média dos níveis sonoros, por um período de tempo superior à passagem de um veículo, é como se não existisse uma fonte pontual, mas sim uma linha de fontes. Por outro lado, a potência sonora emitida depende de uma série de fatores: número total e velocidade dos veículos, relação entre veículos leves e pesados, tipo de escoamento, traçado, inclinação e pavimentação da via.

Infelizmente, até a conclusão da presente pesquisa, ainda não havia sido realizado nenhum grande estudo sobre o trânsito em Passo Fundo que pudesse fornecer dados suficientes para uma análise mais aprofundada destas questões.

A seguir, serão traçadas algumas considerações sobre o comportamento destas fontes quanto à propagação do som emitido pelas mesmas no ambiente urbano.

### 2.3.4 Propagação do som no meio urbano

Niemi & Slama (1998) relatam que

[...] a morfologia urbana torna os espaços abertos com características acústicas específicas. Os técnicos em planejamento urbano devem levar em consideração que a ambiência sonora de um local é sensível às intervenções arquitetônicas sobre ele – o ruído emitido pelas fontes é filtrado pela malha urbana, sofrendo modificações sensíveis (nível sonoro e composição espectral). A compreensão dos mecanismos de propagação do som através da malha urbana é, portanto, elemento fundamental para o controle do ruído nas cidades.

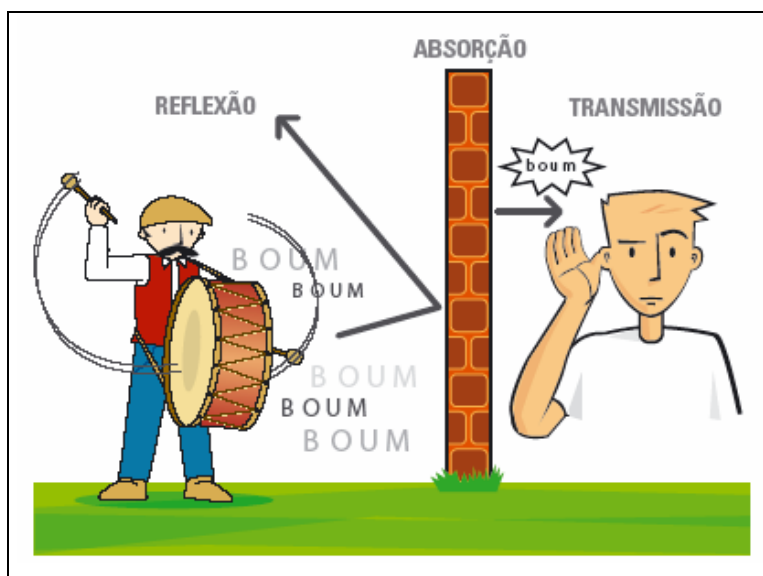
Outro fator importante a ser considerado é a direcionalidade da fonte. Segundo Maia (2003), onde a fonte sonora encontra-se livre para irradiar som em todas as direções (ex: avião), a energia sonora recebida em qualquer ponto é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte. A cada vez que se dobra a distância da fonte, diminui-se em 6 dB a intensidade sonora. Ao encontrar obstáculos – edifícios, muros, barreiras – em seu caminho de propagação, a energia sonora incidente é:

- Parcialmente refletida, voltando ao meio de incidência;
- Parcialmente absorvida pelo obstáculo;
- A energia restante é transmitida ao meio e propagação posterior ao obstáculo (Figura 13).

Para identificar se essas fontes representam para o local de interesse um fator significativamente desqualificante do espaço acústico, a observação da forma como os espaços se integram é essencial.

Esta observação requer o conhecimento de três elementos básicos: a fonte, o meio e o receptor. A forma como esses elementos se integram, em termos de localização no

espaço, é determinante do desempenho acústico do local, ou seja, para que a fonte alcance o receptor, é necessário que o meio favoreça a propagação no sentido fonte x receptor e que seu nível de intensidade sonora seja suficiente para ser percebido pelo receptor. Tomando-se como exemplo o ruído de transportes rodoviários, pode-se observar o quanto a relação espacial é determinante do nível de intensidade.



Fonte: IA, 2004, p. 9.

Figura 13 – O ruído e sua propagação

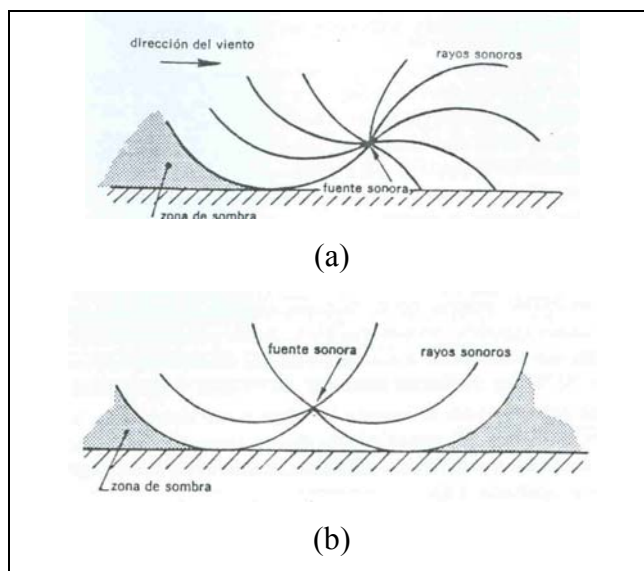
Além da distância, pequenas quedas de intensidade podem ocorrer, como consequência da absorção sonora do ar. As sucessivas compressões e rarefações geradas pelo som acabam por promover movimentos e dissipação de energia nas moléculas de ar, causando a atenuação do som.

Para o ar em movimento o campo acústico é alterado, tornando-se mais complexo. A medida em que a direção do vento é igual ao sentido fonte x receptor, os raios sonoros tendem a se defletir em direção ao receptor, incrementando a área de alcance e intensidade em relação ao ar parado.

Com este posicionamento no espaço, o receptor torna-se mais suscetível à captação do ruído. O ar próximo ao solo tem menores velocidades devido ao atrito, ou seja, existe um gradiente de velocidade do ar, que aumenta com a altitude. Esse gradiente faz com que

os raios sonoros sejam defletidos na direção do solo, e o som sofra um aumento de intensidade nessa região.

No caso do posicionamento fonte x receptor corresponder à posição contrária à direção do vento, o movimento do ar tende a gerar uma região de sombra acústica, dificultando a propagação sonora neste sentido, uma vez que o gradiente de vento promove a deflexão da onda para a região superior, conforme figura 14.



Fonte: Josse, 1975, p. 78.

Figura 14 – Curvatura dos raios sonoros em função dos gradientes de vento (a) e temperatura (b)

Também a temperatura, em menor proporção do que o movimento do ar influi na propagação sonora e não deve ser esquecida. O gradiente de temperatura do ar pode apresentar-se sob duas condições: o gradiente positivo e o negativo. O gradiente negativo, mais comum durante o dia, é aquele para o qual o ar mostra-se mais aquecido nas regiões mais próximas ao solo, apresentando menores temperaturas à medida que se sobe em altitude.

Podemos dizer, então que:

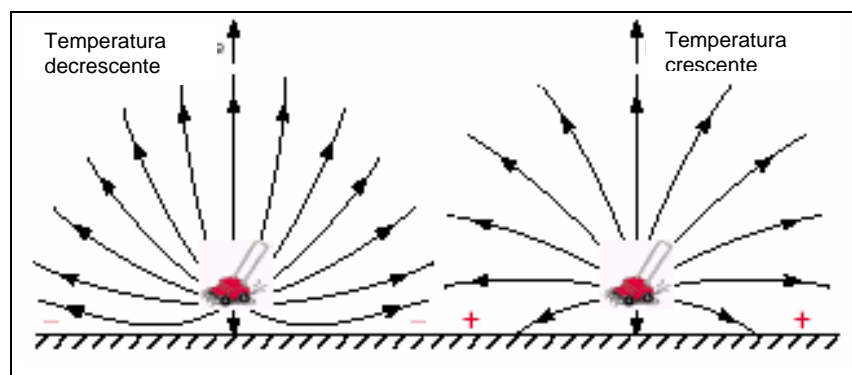
$$c = 331 + 0,6 T \text{ (m/s)} \quad (7)$$

onde:

$c$  – velocidade do som no ar (m/s);

$T$  – temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Esta situação pode causar uma deflexão do som para a região superior, de forma a criar sombras acústicas próximas ao solo. Para o gradiente positivo, o oposto se verifica, tendendo a intensificar o som próximo ao solo. Isto ocorre porque, quanto maior a temperatura, maior a velocidade de propagação da onda no ar.



Fonte: Adaptado de Brüel & Kjaer, 2001, p. 21.

Figura 15 – Influência do gradiente de temperatura

Na prática, como essas características climáticas agem simultaneamente sobre o ar, o movimento do ar, por si só, sobrepõe-se aos demais fatores, ganhando maior importância. Portanto, o arquiteto deve, principalmente, observar a direção dominante do vento para o local de seu projeto e as tendências do campo acústico (SOUZA, 2003).

Para entendermos como se dá a atenuação da intensidade sonora com a distância é preciso lembrar que há três situações distintas a considerar como fundamental para entender esse fenômeno:

- a) Campo Livre;
- b) Campo Semi-Livre;
- c) Campo Difuso.



O caminho do som muda com a distância em que se vai estabelecendo entre ele e a fonte, é dependente do tamanho, da forma, da intensidade com que essa se manifesta e das características ambientais e também da corrente dos ventos. Considerando que a fonte é externa e sua dimensão é pequena, comparada com a distância em que se deve estabelecer o seu monitoramento, então a energia que é irradiada sobre uma determinada área obedece a uma certa proporcionalidade que é estabelecida pela lei do quadrado da distância.

Para o campo livre há um decaimento proporcional a 6dB a cada dobro da distância. Para o campo semi-livre a proporção é de 3dB a cada dobro da distância em que vamos nos afastamos da fonte e para o campo difuso não há uma lei das proporções, depende das características deste campo, sua ocupação, seu volume entre outros componentes.

Para grandes distâncias, maiores que 20,0 m, deve-se levar em consideração os efeitos dos ventos e da atenuação por absorção do ar que atua substancialmente nas altas frequências. Para o ultra-som, por exemplo, em que predominantemente é constituído de altas frequências é dominante o fator de redução por absorção (RELACUS, 2003).

No sub-item seguinte, abordar-se-á mais especificamente a questão da influência do meio na propagação das ondas sonoras e na conseqüente qualidade acústica dos espaços abertos.

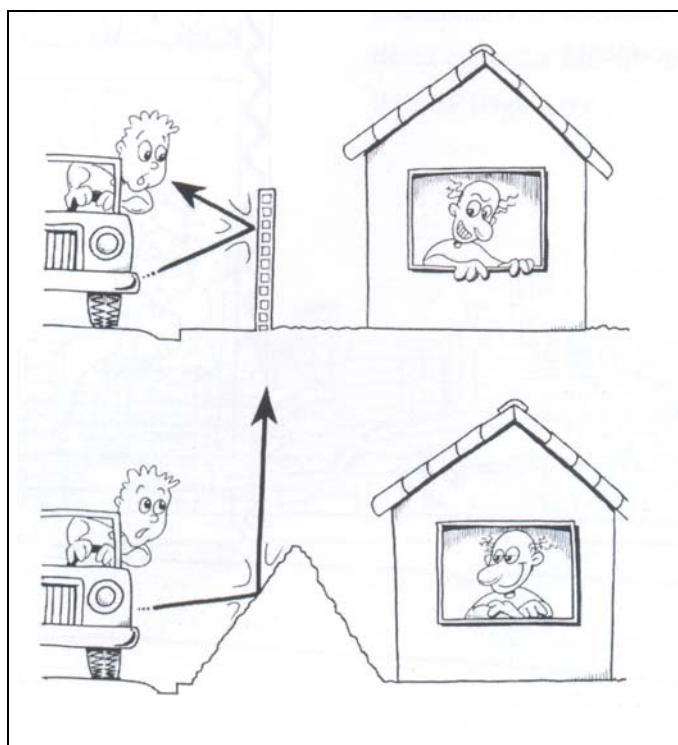
### **2.3.5 Planos refletores, barreiras acústicas e permeabilidade urbana**

O som possui a capacidade de ser refletido por um anteparo, da mesma maneira que a luz é refletida por um espelho. Essa propriedade física a qual chamamos de Lei da Reflexão, diz que: uma onda sonora, quando encontra um obstáculo amplo e plano em seu caminho de propagação, é refletida segundo um ângulo de reflexão igual ao da incidência.

Segundo Niemeyer & Slama (1998)

[...] em uma via de veículos, a propagação e conseqüente reflexão do som dependem de uma série de fatores os quais foram melhores descritos no item anterior, mas de uma maneira geral, podemos dizer que quando o som emitido por uma fonte linear encontra um anteparo, no caso uma fachada, a quantidade de energia acústica refletida vai variar em função da natureza mais ou menos absorvente do plano refletor: quanto maior o coeficiente de absorção do material, menor será a energia refletida, conforme figura 16.

Niemeyer & Slama (1998), também comentam que o problema que ocorre na maioria dos centros urbanos, onde as vias de intenso tráfego estão envoltas por edifícios, é que os materiais mais utilizados na composição das fachadas (vidro, reboco liso, concreto, cerâmica), possuem coeficientes de absorção muito baixos, o que contribui para o acréscimo do número de reflexões das ondas sonoras entre os prédios. Soma-se a isso a grande altura dos edifícios que contribui para o chamado “efeito *canion*”, onde as ondas sonoras são refletidas várias vezes ficando enclausuradas, provocando assim o aumento da intensidade sonora e da sensação de desconforto auditivo.



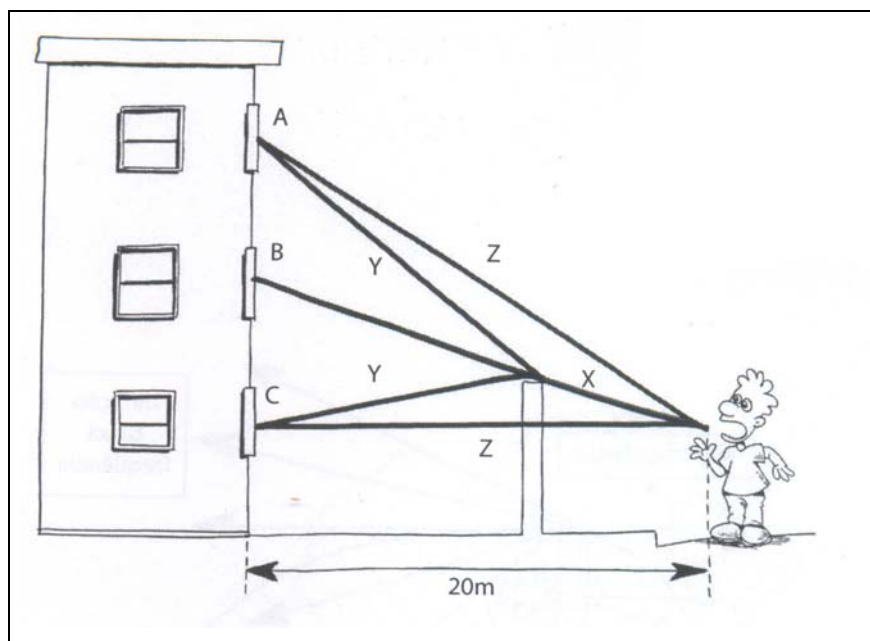
Fonte: Souza et al., 2003, p. 72.

Figura 16 – Barreiras acústicas

Como o som em campo semi-livre (caso de vias de tráfego citadinas) sofre uma atenuação de cerca de 3 dB a cada vez que a distância entre a fonte e o receptor é duplicada (veja sub-item 2.3.4, página 35), pode-se dizer que, quanto menor a distância entre o alinhamento da via e dos prédios, menor será a atenuação do nível sonoro. Vê-se nesse caso

a importância do planejamento das vias (gabarito, revestimentos) e do seu entorno (recuos, passeios, materiais de revestimento de fachadas, vegetação, uso e ocupação do solo).

Quando os níveis sonoros ultrapassam limites aceitáveis, em muitos casos, faz-se necessário a adoção de medidas mais drásticas como as barreiras acústicas (ver fig. 16) para o controle do ruído. Elas podem ser promovidas através de elementos como muros, paredes, taludes ou qualquer elemento da própria conformação topográfica, que seja capaz de diminuir a intensidade do ruído externo que chega ao ouvinte (SOUZA et al., 2003).



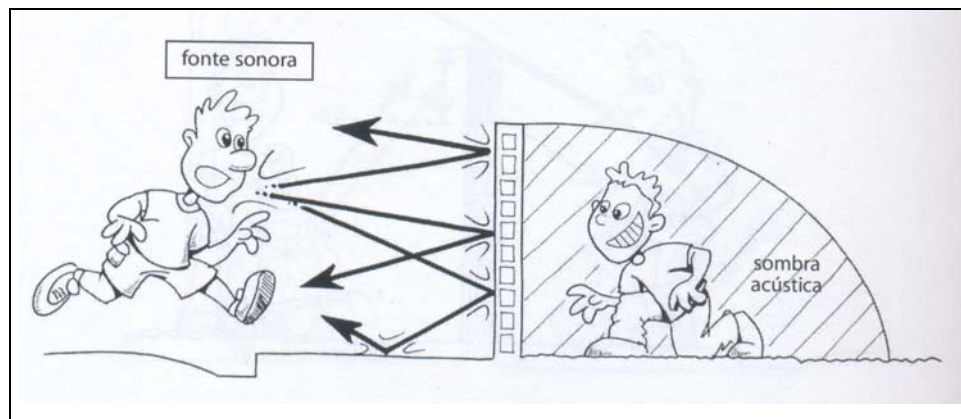
Fonte: Souza et al., 2003, p. 73.

Figura 17 – Relação geométrica entre fonte, meio e receptor para projeto de barreiras acústicas

A relação geométrica entre a fonte, o meio e o receptor influem na proteção acústica de uma barreira. A barreira acústica é o tratamento dado ao meio e que tem dois importantes aspectos a serem considerados no projeto, para que ela se integre ao entorno:

- a redução da captação sonora pelo ouvinte; e
- a intensificação sonora na região voltada para a fonte.

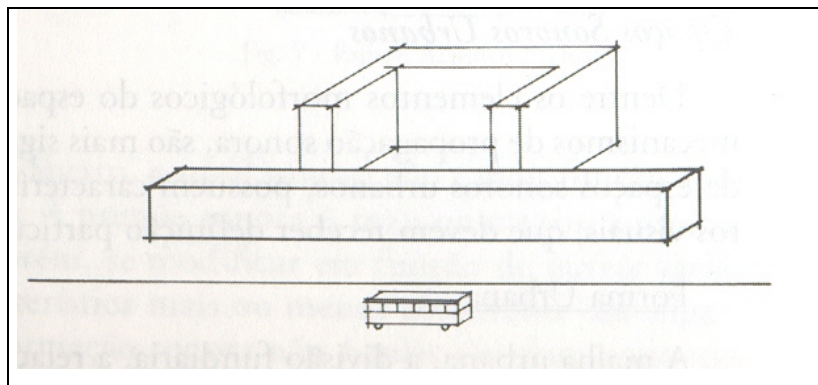
Para a proposição de uma barreira acústica, o arquiteto deve observar estes dois aspectos. Como os raios emitidos pela fonte são refletidos, a forma e materiais na barreira acústica devem ser cuidadosamente pensados (figura 18). A utilização de materiais absorventes pode amenizar a energia sonora dos raios refletidos e a forma adotada para a barreira pode direcionar os raios, para que não se concentrem em locais que possam causar incômodo sonoro.



Fonte: Souza et al., 2003, p. 73.

Figura 18 – Intensificação sonora de barreiras na região voltada para a fonte

O desempenho de uma barreira acústica depende da difração por ela provocada. A atenuação sonora varia com a altura da barreira e sua posição em relação à fonte sonora (a via) e ao receptor. É, também, função do comprimento de onda devendo, portanto, ser calculada para todas as faixas de frequência do ruído em questão.



Fonte: Niemeyer & Slama, 2003, p. 79.

Figura 19 – Edifício barreira

Niemeyer & Slama (1998) apontam que

[...] um prédio, implantado ao longo de uma via de tráfego, pode desempenhar a função de barreira acústica (figura 19). O edifício barreira deve, de preferência, ser destinado a atividades pouco sensíveis ao ruído, mas caso isto não seja possível, a fachada paralela à via de tráfego precisa apresentar um bom índice de redução sonora e o espaço interno hierarquizado em função do ruído.

Contra o ruído de tráfego de veículos, outra forma de proteção sonora eficiente em determinadas situações é a construção de túneis. Internamente, porém, estes representam sempre um lugar de grande intensidade sonora, devido às reflexões promovidas por suas superfícies.

A malha urbana, a divisão fundiária, a relação cheios/vazios, a dimensão, a forma e o estilo do edifício e, sobretudo, o modo como esses elementos se inter-relacionam, contribuem para a forma urbana. Segundo Niemeyer & Slama (1998), a permeabilidade de um edifício ou conjunto de edifícios está relacionada à existência de caminhos por onde o som penetra e se propaga. Pode-se dizer então que a posição dos edifícios em relação às fontes e também em relação uns aos outros vai determinar uma maior ou menor permeabilidade do meio urbano. Em função destas afirmativas conclui-se que a forma de implantação do edifício no lote é muito importante para a qualidade acústica dos espaços, não se esquecendo que, a escolha da melhor implantação não deve somente ser norteadada por variáveis acústicas, é necessária a consideração de outros fatores importantes como a eficiência energética da habitação onde o posicionamento solar e a direção predominante dos ventos são agentes diretos.

Sabe-se que o ato do planejamento de cidades e edifícios na atualidade tem relegado a área de conforto acústico a um segundo plano. A justificativa para esse comportamento é de que os tratamentos acústicos são excessivamente dispendiosos, mas a questão principal não é essa. O custo pode cair consideravelmente se as questões acústicas forem consideradas conjuntamente a outros parâmetros de conforto já na fase inicial de projeto. Há a premente necessidade da mudança do paradigma vigente, onde a cultura do não planejamento impera nos órgãos das mais variadas esferas federais, estaduais e municipais.

De qualquer maneira, de nada adianta esse planejamento sem uma legislação moderna e eficiente com relação ao controle do ruído. Por esses fatores, no item seguinte

serão realizadas algumas considerações a respeito da legislação sobre ruído no Brasil e no exterior.

## 2.4 LEGISLAÇÃO E NORMATIZAÇÃO

Apesar do problema grave em que se encontram hoje os centros urbanos em função do ruído, causando inúmeros danos à saúde do ser humano e a respectiva queda na qualidade de vida dos cidadãos, não há previsão de inclusão do assunto na pauta da Agência Nacional Brasileira de Meio Ambiente. Pode-se verificar esse fato na leitura dos Programas do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que representam as ações do Governo no âmbito deste Ministério e que são propostas no Plano Plurianual 2004 – 2007, documento no qual a poluição sonora não se encontra incluída.

Segundo Sousa (2004), é dada prioridade inferior à gestão da poluição sonora no *portfolio* ambiental, no qual questões como a qualidade da água e do ar, entre outras, ocupam papel central na política ambiental. Esta não priorização deve-se, principalmente, à falta de conhecimento dos efeitos causados à saúde humana por parte dos tomadores de decisão e por parte da população, por ser um problema sentido localmente e de forma diversificada, nas diferentes partes de uma comunidade (CE, 1996).

Por intermédio de referências sólidas, Sousa (2004), conclui que a poluição sonora vem aumentando no Brasil, não só nas grandes cidades, mas também nas pequenas. A razão aparente é a implantação de instalações ruidosas e do crescimento do volume de tráfego. Esse último, provavelmente, tem sucedido de forma similar àquela ocorrida na Europa, cujo período de maior exposição, se dá no horário de *rush*, o qual tem se ampliado.

Em função dessa situação, o número de reclamações referentes ao incômodo causado pelo ruído nas cidades vem aumentando significativamente nos últimos anos. As reclamações são encaminhadas às Secretarias Municipais de Meio Ambiente, assim como aos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente.

Um combate efetivo à questão do ruído passa obrigatoriamente por uma legislação moderna, baseada em dados técnicos confiáveis. A União Européia vem tentando normalizar internacionalmente a questão do ruído pela série de Normas ISO denominadas, na sua primeira versão, como “ISO 1996 Acústica – Descrição e Medição do Ruído Ambiental” e constituída de três partes:

- Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação, de 15/09/82;
- Parte 2: Aquisição de dados pertinente ao uso do solo, de 15/04/87;
- Parte 3: Aplicação de limites de ruído, de 15/12/87.

Recentemente a norma foi revista no âmbito do Subcomitê SC 1 – Ruído do TC 43 – Acústica, passando a ser denominada “ISO 1996 Acústica – Descrição, Medição e Avaliação do Ruído Ambiental”, sendo constituída, agora, por apenas duas partes, que anulam e substituem as anteriores:

- Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação, de 01/08/2003;
- Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora (em elaboração).

Esta série de normas tem por objetivo contribuir para a harmonização dos métodos de descrição, medição e avaliação do ruído ambiental, no plano internacional qualquer que seja a fonte de ruído. Ela se propõe a fornecer os descritores da situação sonora, nos ambientes em comunidade, às autoridades públicas. Baseando-se nos princípios descritos é possível desenvolver normas nacionais, regulamentações e os correspondentes limites de ruído aceitáveis (ISO, 1996).

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

As normas mais utilizadas para a avaliação dos níveis de ruído no Brasil são basicamente duas: a NBR 10151 e NBR 10152.

A primeira versão da “NBR 10151 – Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade – Procedimento”, remetida pela resolução CONAMA 001, de 08 de março de 1990, foi elaborada a partir da série ISO 1996. Todavia, a versão atual não a seguiu, pois quando foi efetuada a última revisão da NBR, a ISO também já se encontrava ultrapassada em mais de 10 anos. Provavelmente a atual NBR 10151 terá de ser revista no âmbito dessa nova ISO, apesar de suas características distintas:

a ISO considerando um horizonte de longo prazo e a NBR 10151, basicamente de curto prazo.

Segundo Silva (1997), os problemas acústicos, em geral, são de duas naturezas legais:

- Relativos à indústria (empresarial);
- Relativos ao cidadão comum, urbano ou social.

Isso acarreta dois tipos de abordagem legal na esfera da higiene de segurança e, até mesmo, de como combatê-lo:

- **Competência industrial ou empresarial:** essa abordagem é regulamentada pelo Ministério do Trabalho, através da portaria 3214/78, NR – 15 e anexos 1 e 2 (BRASIL, 2004a), preocupando-se mais com a conservação auditiva dos trabalhadores;
- **Competência urbana ou comunitária:** os problemas da área urbana são regulados pela Resolução nº 001, de 08/03/90, do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1990a), atendendo mais ao incômodo comunitário.

Silva (1997), ainda complementa dizendo que “como vemos, já existe um óbice ou duplicidade legal no encaminhamento ou equacionamento dos problemas em nível nacional”. Além do nível federal existem inúmeras leis vigentes, locais, quer seja em nível estadual, quer em nível municipal.

Pode-se citar como legislação em nível nacional algumas resoluções do CONAMA abaixo exemplificadas:

- Resolução CONAMA nº 001/90: estabelece critérios, padrões, diretrizes e normas reguladoras da poluição sonora (BRASIL, 1990a);
- Resolução CONAMA nº 002/90: estabelece normas, métodos e ações para controlar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem-estar da população (Brasil, 1990b);



- Resolução CONAMA nº 006/93: 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; (BRASIL, 1993a);
- Resolução CONAMA nº 20/94: institui o Selo Ruído como forma de indicação do nível de potência sonora medido em decibel, dB(A), de uso obrigatório a partir deste Resolução para aparelhos eletrodomésticos, que venham a ser produzidos, importados e que gerem ruído no seu funcionamento (BRASIL, 1994a);
- Resolução CONAMA nº 17/95: ratifica os limites máximos de ruído e o cronograma para seu atendimento determinados no artigo 2º da Resolução CONAMA nº 08/93, excetuada a exigência estabelecida para a data de 1º de janeiro de 1996 (BRASIL, 1995a).

Como citado anteriormente, é por intermédio da NBR 10151 que são estabelecidos padrões para o controle dos níveis sonoros através da verificação do nível máximo de ruído permitido para os períodos diurno e noturno nas diferentes áreas das cidades (Tabela 2). Tal nível é chamado de (NCA), ou seja, Nível Critério de Avaliação.

Tabela 2 – Nível Critério de Avaliação NCA para ambientes externos em dB(A)

<b>Tipos de áreas</b>	<b>Diurno</b>	<b>Noturno</b>
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Adaptado da NBR 10.151/ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000.

As legislações municipais geralmente utilizam-se dessa norma para estabelecerem seus critérios de controle. No item 2.5 será abordada mais especificamente a problemática do ruído em Passo Fundo, assim como alguns aspectos da Legislação Municipal vigente.

Tabela 3 – Níveis de ruído nos espaços internos

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

Fonte: Adaptado da NBR 10.152/ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000.

Por sua vez, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) estabelece, segundo orientação da Organização Mundial da Saúde (WHO, 1980), critérios e curvas para a avaliação do ruído, que visam ao conforto em diferentes tipos de ambientes, expressos na NBR 10152. Ela recomenda um nível de 40 dB(A), para o descanso e o sono, com variação entre 35 a 45 dB(A) (Tabela 3).

Não há uma uniformidade no que concerne à metodologia adotada na elaboração das legislações municipais no Brasil. Existe uma grande variedade de métodos utilizados por diferentes prefeituras para o levantamento dos níveis de ruído, quase sempre contraditórios ou pouco conclusivos. Também é notória a falta de capacitação específica do corpo técnico dos órgãos ambientais, quer em nível Federal, Estadual ou Municipal. Segundo Sousa (2004), esta deficiência se dá, seja para avaliar os Estudos de Impacto Ambiental Sonoro (EIA Sonoro), como parte integrante dos Estudos de Impacto Ambiental

(EIA), seja para exigir que estes sejam contemplados no licenciamento de determinadas atividades poluidoras, ou ainda para exercer a fiscalização das atividades poluidoras.

Além da capacitação dos técnicos, pode-se dizer que grande parte dos Órgãos Administradores Ambientais não possui instrumentação adequada (principalmente medidores de ruído que atendam à Norma NBR 10151, remetida pela já citada Resolução CONAMA 001, de 08 de março de 1990). Desta forma, muitos de seus laudos poderiam ser contestados, via judicial, porém, pela falta de informação, nem mesmos os advogados os contestam.

A seguir, serão traçadas algumas considerações quanto à questão da poluição sonora e Legislação em Passo Fundo.

## **2.5 A POLUIÇÃO SONORA EM PASSO FUNDO**

A cada dia, torna-se necessário identificar e controlar os diferentes níveis de ruído de forma a estabelecer parâmetros razoáveis, que busquem melhorar sua interferência na qualidade de vida e no nosso descanso. Este controle é feito pelos órgãos públicos responsáveis pela fiscalização do nível de emissão de ruídos, por empresas e profissionais ligados a essa área, que deveriam fazer cumprir as leis e estabelecer normas adequando-os à legislação existente em nível Federal, Estadual e Municipal.

No município de Passo Fundo, de acordo com os dados obtidos junto à Secretaria Municipal do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Passo Fundo, que é o órgão responsável por essa fiscalização, existem muitos problemas e reclamações, que são regulados por lei específica.

Conforme o Artigo 2º e 3º da lei nº 2.427, de 27 de abril de 1988, regulamentada pelo Decreto 126/88, são definidos como níveis máximos de intensidade, os limites abaixo descritos:

Art. 2º - Os níveis de intensidade de som ou ruído serão medidos por instrumento adequado, em decibel – dB, sendo os máximos permitidos os seguintes:

- Para veículos automotores os constantes da resolução nº 448/71 do Conselho Nacional de Trânsito;

- Em zonas residenciais 60 decibéis (60 dB) no horário compreendido entre as 7 e 19 horas, medidos na curva A e 45 decibéis (45 dB) no horário compreendido entre às 19 e 7 horas, medidos na curva A;
- Em zonas comerciais 75 decibéis (75 dB) no horário compreendido entre as 7 e 19 horas medidos na curva A e 60 decibéis (60 dB) no horário compreendido entre as 19 e 7 horas, medidos na curva A;
- Em zonas industriais 85 decibéis (85 dB) no horário compreendido entre as 6 e 22 horas medidos na curva A, e 65 decibéis (65 dB) no horário compreendido entre as 22 e 6 horas.

Art 3º - As zonas referidas no artigo anterior são estabelecidas pelo zoneamento de uso da lei do Plano Diretor.

A Associação de Moradores e Amigos do Centro (AMAC) de Passo Fundo, apontou algumas áreas críticas na região central da cidade no que se refere à poluição sonora, principalmente em locais como bares, clubes comerciais, boates noturnas, postos de gasolina com lojas de conveniências, pontos de manejo de carga e descarga, por parte de transportadoras, em estabelecimentos comerciais, tele-entregas, tele-mensagens, veículos de propaganda de rua e, até mesmo, o disparo de foguetes em horários inadequados. Essas fontes de ruído causam problemas específicos principalmente em função de sons excessivos nos estabelecimentos, aglomerações, algazaras nas ruas e perturbações na faixa de horário compreendida entre as 0:00 horas e 6:00 horas, com gritarias, buzinas, sons elevados em automóveis entre outros tipos de ruídos.

A tabela 4 demonstra dados provenientes de laudos de constatação e medição elaborados de acordo com as especificações da Legislação Municipal em vigor, que compreende a medição realizada no ambiente interno do prédio do reclamante, com janelas e portas abertas e a uma distância não inferior a 1 metro desses vãos:

Tabela 4 – Níveis de ruído das medições analisadas

	Local	Zona	Horário	Nível de Medição dB(A)**	
				Interna	Externa (calçada)
1	Igreja	Residencial	20:40	62 – 63	67 – 70
2	Boate*	Comercial	00:55	80 – 85	68 – 75
3	Rua	Comercial	02:25	-	77 – 79
4	Posto de Combustível	Comercial	00:55	55 – 58	60 – 64
5	Bar*	Comercial	22:55	73 – 78	60 – 68
6	Posto de Combustível	Comercial	23:10	62 – 66	62 – 64
7	Trânsito	Comercial	10:00	61 – 64	65 - 68

Fonte: adaptado de Prefeitura Municipal de Passo Fundo apud Barbisan et al., 2002, p. 70.

\*Medições realizadas no interior do ambiente gerador do ruído.

\*\*dB – decibel, onde a escala A deixa passar o ruído para o analisador do aparelho com característica da curva de sensibilidade da audição humana.

No trabalho realizado por Barbisan et al. (2002), é citado o fato de que, “entre outras fontes importantes de ruído analisadas em Passo Fundo, está o trânsito intenso de veículos, principalmente nas adjacências das principais vias de circulação da cidade. Conforme amostragem realizada, constatou-se que os níveis de ruído ainda estão dentro de padrões aceitáveis e de acordo com a legislação vigente, ocorrendo, isto sim, “picos” nos valores medidos em função dos horários coincidentes com a hora do “*rush*”, ou devido à passagem de veículos desregulados”.

Essas amostragens foram realizadas antes do ano de 2002, segundo metodologia descrita pela norma NBR 10.151 e NBR 10.152. Sabe-se que os levantamentos por amostragem fornecem uma idéia superficial, no que concerne especificamente ao ruído urbano, porque a coleta de dados efetuada sob esse prisma nos dá um intervalo de tempo muito limitado para que sejam feitas análises mais apuradas com relação aos níveis de ruído e sua distribuição nas 24 horas do dia. Para isso, é fundamental uma metodologia que leve em consideração essa distribuição no tempo, com medições de hora em hora, de maneira a

se obter subsídios para a utilização de análises estatísticas no estudo. No item seguinte será realizada uma análise mais precisa de alguns tipos de metodologias para esse caso.

Outro fator importante é que, efetuando-se uma comparação entre a Legislação Municipal de Passo Fundo e a NBR 10151, fica visível que a Municipal baseou-se na NBR somente para os processos de medição, mas não para o estabelecimento dos parâmetros máximos permissíveis. O município possui uma legislação ultrapassada e permissível, explicitada no quadro comparativo a seguir:

Tabela 5 – Comparação dos níveis de ruído entre a Legislação Municipal de Passo Fundo e a NBR 10151

Tipos de áreas	Legislação Municipal de Passo Fundo		NBR 10151	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	60	45	50	45
Área mista, com vocação comercial e administrativa	75	60	60	55
Área predominantemente industrial	85	65	70	60

Observa-se que a maior discrepância se dá na zona industrial no período diurno, com uma diferença de 15 dB em relação à NBR 10151, ao passo que a única coincidência se dá para a zona residencial no horário noturno com um nível máximo estabelecido em 45 dB. Como já visto durante esta revisão bibliográfica, o aumento da pressão sonora se dá em progressão geométrica, o que permite concluir que a diferença de 15 dB existente na zona industrial permitida por lei em Passo Fundo, é mais do que o dobro de intensidade sonora permissível pela NBR 10151.

Apesar da limitação técnica das medições realizadas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, pode-se tirar algumas conclusões mediante a análise dos dados obtidos na Tabela 4: observa-se que além do aspecto relativo ao trânsito, somente na medição de nº4 o valor medido internamente está de acordo com os padrões estabelecidos pela Legislação Municipal, sendo que nas demais, constata-se que os valores ultrapassam os parâmetros

máximos permitidos, caracterizando assim, o problema já evidenciado nas áreas analisadas e que são objeto de inúmeras denúncias por parte dos moradores das proximidades.

Comparando-se a Legislação Municipal com a norma NBR 10.152/ABNT (Tabela 5), a qual recomenda o nível de 40 dB para o descanso e o sono, permitindo, entretanto uma variação entre 35 e 45 dB conforme orientação da Organização Mundial da Saúde (conforme citado no item 2.1.4), é possível afirmar que os ruídos existentes nos locais avaliados, por possuírem intensidade maior do que 55 dB podem até não causar problemas graves às pessoas, mas dão início ao estresse auditivo cujas conseqüências são incômodo, fadiga, insônia e outros sintomas melhores descritos no próximo item.

Com a expansão urbana ocorrida nos últimos anos em função do desenvolvimento da cidade, existe um processo natural de verticalização das construções nesta região, o que cada vez mais determina um crescimento na densidade populacional e também a conseqüente característica da ocupação residencial na área. Aliados a estes fatores, a dificuldade de fiscalização por parte dos órgãos responsáveis e o descaso com a educação de uma forma geral, contribuem para agravar esta situação de conflito que somente será resolvida com a reorganização das responsabilidades dos vários segmentos sociais, com a adoção de novas posturas coletivas e melhoramentos na legislação pertinente. Os estudos que estão sendo realizados a respeito do 3º PDDI (Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado) de Passo Fundo, configuram um importante passo na busca de soluções para estes problemas, assim como para a garantia de um futuro com uma qualidade de vida digna para os cidadãos passofundenses.

Feitas estas considerações, no item seguinte serão abordadas as conseqüências da exposição a altos índices de ruído na saúde do ser humano.

## **2.6 POLUIÇÃO SONORA E SAÚDE**

Segundo Coube et al (1999) apud Luz

[...] no século XX, com o avanço tecnológico, a introdução do rádio, do amplificador, o aparecimento do automóvel e o desenvolvimento da aviação militar, houve um aumento do ruído nas zonas urbanas. A partir dos anos 50, aconteceu o crescimento descontrolado das cidades em função da industrialização. Algumas pesquisas indicam que o ruído que nos rodeia duplica a cada 10 anos.

No Brasil, o primeiro trabalho sobre os efeitos da exposição a níveis muito elevados de ruído foi publicado em 1938, pelo médico otorrinolaringologista Waldemir Salem, onde foi pesquisada a perda auditiva induzida pelo ruído, especificamente no que dizia respeito a audição de pilotos da aviação militar ou civil. Na época não se chegou ao parecer de surdez provocada pela exposição a níveis elevados em função das condições do ambiente de trabalho (LUZ, 2003). Hoje, a Portaria Brasileira 3214 estabelece o tempo máximo em que o ser humano pode ficar exposto, em função dos níveis de pressão sonora (Tabela 6), (COSTA, 2003). Na figura 20, vê-se uma tabela com alguns níveis de ruído e respectivos níveis de perturbação no ser humano, comparados a alguns fatores de referência.



Fonte: DGA/MA, 1999.

Figura 20 – Níveis de ruído



Segundo estudos realizados pela Comunidade Européia, os parâmetros meramente acústicos não servem por si sós para avaliar o impacto do ruído, pois a medição de uma energia acústica não significa quase nada se não relacioná-la com sua tradução biológica e psicológica nas pessoas (CE, 2002). Neste sentido, é a possibilidade de que o ruído ambiental provoque efeitos negativos sobre a saúde humana que tem estimulado, em grande parte, as investigações neste campo, de maneira que a maioria dos estudos tem se concentrado no conhecimento de quais são os níveis de contaminação acústica do meio ambiente e em que medida afetam a saúde e o bem estar das pessoas (SANZ & GARRIDO, 2003).

Portugal é um exemplo de país da Comunidade Européia que desenvolve vários estudos sobre o tema. Segundo a Direção Geral do Ambiente do ministério do ambiente de Portugal - DGA/MA (1999), a poluição sonora constitui a causa da maior parte das reclamações ambientais e a análise dos dados disponíveis indica que a situação se agravou nos últimos anos. Num levantamento recentemente efetuado pela DGA/MA, concluiu-se que 16% da população portuguesa encontra-se exposta a ruído incomodativo por residir em locais com níveis superiores a 65 dB (A). Como já comentado anteriormente, a Organização Mundial da Saúde indica que a um nível de 55dB o ser humano já começa a sentir alterações provocadas pelo ruído.

A perda auditiva típica observada com as pessoas que possuem uma longa história de exposição a ruído é caracterizada por perda de audição na faixa entre 3000 e 6000 Hz, ou seja, na faixa dos agudos. Na fase precoce à exposição, uma perda de audição temporária é observada ao fim de um período, desaparecendo após algumas horas. A exposição contínua ao ruído resultará em perda auditiva permanente, que será de natureza progressiva e se tornará notável subjetivamente ao trabalhador no decorrer do tempo. Estas mudanças nos limiares auditivos podem ser monitoradas através de testes audiométricos e isto alertará os médicos que as medidas preventivas deverão ser iniciadas. Nos estágios avançados, uma perda de audição nas freqüências altas afetará seriamente a habilidade para entender a fala normal. Em geral, pessoas com perdas auditivas nas freqüências altas não experimentarão dificuldades para detectar a fala, mas terão problemas para entender conversações.

Santos (1999), destaca três alterações de audição causadas pela exposição ao som intenso, que são:

- Trauma Acústico: perda auditiva provocada pela exposição a ruído abrupto e muito intenso (tiros, explosões). Normalmente é unilateral e acompanhada de zumbido;
- Alterações Transitórias da Audição: ocorre devido à exposição prolongada a sons intensos, causando uma redução na sensação auditiva, mas que cessada a exposição retorna ao normal;
- Alterações permanentes da função auditiva: exposições prolongadas e repetidas a sons de intensidade elevada, não havendo tempo de repouso entre uma exposição e outra;

O barulho é conhecido por ter efeitos nocivos não somente sobre a audição, causando estresse em todo o sistema circulatório, respiratório e digestivo. Exposição prolongada ao ruído pode causar dores de cabeça, cansaço e elevação da pressão arterial. O barulho pode interferir no aprendizado de crianças e até mesmo afetar uma criança por nascer.

Maia (2003) afirma que, um dos efeitos mais negativos do ruído ambiental em zonas urbanas é, provavelmente, a interferência no sono. A exposição ao ruído pode induzir a distúrbios do sono, tais como a dificuldade para seu início, alterações de seus padrões ou mesmo a intensidade e profundidade do mesmo; estes efeitos são referenciados como distúrbios primários do sono. Outros efeitos psicológicos primários, que podem ser induzidos por ruídos elevados durante o período do sono, são o aumento da pressão sanguínea, aumento do ritmo cardíaco, mudanças na respiração, movimentos do corpo, etc. A exposição ao ruído noturno pode também induzir a efeitos secundários (efeitos que podem ser medidos no dia seguinte à exposição ao ruído), incluindo redução na percepção da qualidade do sono, aumento da fadiga e diminuição da performance no decorrer do dia (GARCIA & ARANA, 1998 apud MAIA, 2003). Um projeto de conservação auditiva tem como objetivo prevenir danos no sistema auditivo, pela manutenção de níveis sonoros toleráveis no ambiente de trabalho. Estudos médicos mostraram que acima de 80 dB(A), a saúde é afetada profundamente. Os efeitos são cumulativos e variam com o tempo que as pessoas ficam expostas ao ruído. Para um nível de 120 dB(A), equivalente ao ruído

produzido ao lado de um martelo pneumático, ocorre dor e, até mesmo, a possibilidade de surdez irreversível conforme o tempo de exposição.

Tabela 6 – Tempo máximo de exposição por nível sonoro

<b>Nível sonoro dB(A)</b>	<b>Tempo permitido</b>
85	8h
86	7h
87	6h
88	5h
89	4h 30min
90	4h
91	3h 30min
92	3h
93	2h 30min
94	2h 15min
95	2h
96	1h 45min
98	1h 15min
100	1h
102	45min
104	35min
106	25min
108	20min
110	15min
112	10min
114	08min
116	06min

Fonte: adaptado de Costa, 2003, p. 77.

Medeiros (1999), comenta que “o excesso de ruído afeta o indivíduo sob vários aspectos”, causando perda auditiva e outras alterações orgânicas, emocionais e sociais são citadas com mais frequência na literatura:

- Vertigem;
- Náuseas e vômito;
- Desmaio;
- Diarréia ou prisão de ventre;
- Dor de cabeça;
- Distúrbios hormonais;
- Distúrbios cardiovasculares;
- Dilatação de pupilas;
- Distúrbios do sono, irritabilidade, cansaço e dificuldade de concentração;
- Cansaço, alterando o rendimento do trabalho;
- Estresse;
- Falta de atenção e concentração;
- Redução da potência sexual;
- Mudanças na conduta e no humor;
- Depressão;
- Ansiedade
- Distúrbios da comunicação.

Mesmo com a pouca bibliografia, direcionada especificamente à poluição sonora e ao ruído urbano no Brasil, alguns trabalhos relevantes têm sido realizados demonstrando a crescente preocupação com o assunto atualmente. Dentre esses trabalhos podemos citar:

- O trabalho de Cremonesi para a cidade de São Paulo em 1985;
- Os trabalhos de Sattler para a cidade de Porto Alegre;
- A dissertação de mestrado de Marco Antônio Lopes Maia em 2003, intitulada “Contribuição ao Mapeamento do Ruído Urbano na Cidade de Porto Alegre”, que continuou o trabalho de mapeamento iniciado por Rott no ano de 1995 em pontos determinados na capital gaúcha;
- O mapa acústico confeccionado para a cidade de Belo Horizonte em 1998 por Pimentel, Souza e Alvarez;

- O diagnóstico de poluição sonora realizado em Curitiba de forma simplificada por De Bortoli e Krüeger em 2002;
- O mapeamento de 1000 pontos também na cidade de Curitiba no intervalo de duas horas - compreendido entre as 18:00 e 19:00 h realizado por Zannin et al. (2002);
- A professora Stelamaris Rolla Bertoli, do Departamento de Arquitetura e Construção (FEC – UNICAMP), está desenvolvendo o trabalho intitulado “Mapeamento acústico do distrito de Barão Geraldo em Campinas: perspectivas futuras para o ambiente sonoro da região”;
- Também podemos citar a pesquisa que está traçando o mapa acústico de Belém, coordenada por Elcione Lobato - professora do curso de Arquitetura e Urbanismo e a coordenadora do curso de fonoaudiologia - professora Neyla Arroyo Lara, ambas da UNAMA (Universidade da Amazônia), trabalho iniciado em 2002;
- A recente tese de doutorado de Denise da Silva de Sousa a respeito do tema: Instrumentos de Gestão de Poluição Sonora Para a Sustentabilidade das Cidades Brasileiras, no ano de 2004.

Diante do exposto, o próximo item abordará algumas metodologias que utilizam índices para análise do ruído urbano.

## **2.7 ÍNDICES PARA DESCRIÇÃO DO RUÍDO URBANO**

Segundo Josse (1975), em todas as cidades e também em algumas aglomerações rurais, o tráfego rodoviário constitui uma verdadeira praga em função do ruído que produzem. O ruído de um veículo em circulação é o resultado da superposição dos diversos ruídos provocados pelo motor, pelas peças de transmissão, pneus, carroceria, etc.

Sabe-se que o ruído que impera ao longo de uma via raramente é produzido por um só veículo, com frequência, se deve à superposição dos ruídos provocados por numerosos veículos diferentes, distribuídos sobre a via com posições, velocidades e acelerações diferentes. Em conseqüência, esse ruído tem um caráter estatístico (JOSSE, 1975).

Maia (2003) comenta que muitas atividades sensíveis aos ruídos aparecem próximas a locais de tráfego extremamente pesado, devido à necessidade de exposição comercial e facilidade de acesso. Exemplos claros desse fato são: motéis, edifícios de escritórios, teatros e hospitais. O desenvolvimento de conjuntos habitacionais próximos às auto-estradas ocorre com grande frequência, pois locais isolados e silenciosos estão cada vez mais escassos nas grandes cidades, e o rápido acesso às vias expressas é considerado um benefício por muitas pessoas.

Baseando-se na dissertação de mestrado de Maia (2003), serão analisadas adiante algumas equações utilizadas em seu trabalho e que, segundo ele, adequam-se também à política de controle de ruído existente no Brasil.

Leland e Richards (1998) apud Maia (2003) relatam que o índice mais comum, usado no planejamento urbano para descrição de ruídos, é o **nível de ruído para dia e noite**,  $L_{dn}$ . O autor informa que  $L_{dn}$  é um único número, obtido através da média dos valores de  $L_{eq}$  horários com ponderação da curva “A”, com adição de 10 dB(A) para cada valor de  $L_{eq}$  contido no período de nove horas, entre às 22:00 h da noite e 7:00 h da manhã. Segue dizendo que este valor é compensado devido à alta sensibilidade ao ruído no período noturno. O  $L_{dn}$  é amplamente usado em diretrizes e normas sobre ruído nos Estados Unidos.

$$L_{dn} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{1}{24} \cdot (15 \cdot 10^{(L_{eqd} / 10)} + 9 \cdot 10^{(L_{eqn} + 10) / 10} \right] \text{ dB(A)} \quad (8)$$

Os níveis de ruído podem ser descritos de diversas formas. Uma delas é através da distribuição estatística no tempo  $L_x$  (GERGES, 1998).

Para Geipot apud Gelpi (1994), o clima de ruído (noise climate) é um dos primeiros índices propostos e baseia-se na simples análise estatística da amostragem de medições de ruído. Ele representa a média dos níveis de ruído medidos em 80% do tempo de observação. Para 10% deste tempo, o nível de ruído se encontra acima do limite mais alto do clima de ruído. Para os outros 10% do tempo, o nível de ruído se encontra abaixo do limite inferior do clima de ruído.

Dentro deste mesmo raciocínio, os índices  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ , são obtidos em função de uma série de medidas de ruído executadas em um certo ponto durante um determinado tempo, observados em dB(A). Considerando-se 100% a totalidade das observações, por

extensão, como 100% a totalidade do intervalo temporal, já que as medidas foram uniformemente distribuídas ao longo do mesmo, é possível definir três índices:  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ .

$L_{10}$ : corresponde ao nível de intensidade sonora superado por 10% dos valores observados, ou, equivalentemente, ocorre em 10% do tempo de duração da pesquisa, equivalendo aos maiores ruídos, podendo ser associados ao pico do ruído.

$L_{50}$ : corresponde ao nível de intensidade sonora, superado por 50% dos valores observados, equivalendo à situação mediana.

$L_{90}$ : é o nível de intensidade, superado por 90% dos valores observados, correspondendo ao ruído de fundo.

Realizando um apanhado sobre os vários procedimentos de predição de ruído, Maia (2003) menciona uma publicação do *Department of Transport* do Reino Unido (DOT, 1988) que fornece um procedimento de predição de ruído nas áreas onde há predominância de ruído de tráfego, para afastamento de 1m de fachadas relevantes, e a uma determinada altura em relação ao solo. Ele informa que isto pode ser aplicado para distâncias de até 300m da rodovia em questão. Segundo o autor, os cálculos utilizados incorporam as informações referentes à:

- a) **Volume de tráfego;**
- b) **Velocidade** dos veículos;
- c) Percentual de **veículos pesados;**
- d) **Gradiente** da via;
- e) **Rugosidade** da superfície da via;
- f) **Distância da fonte** sonora até o receptor (THERIVEL & MORRIS, 1995 apud MAIA, 2003).

Uma das equações, da qual o autor se utiliza para tal cálculo, é a seguinte:

$$L_{10} = 10 \log q + 33 \log(v + 40 + 500/v) + 10 \log (1 + 5p/v) - 26,6 \text{ dB(A)} \quad (9)$$

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

Maia (2003) segue informando que a partir da obtenção de uma previsão do  $L_{10}$ , na aplicação de tal equação, podemos encontrar o  $L_{eq}$  através da seguinte relação empírica entre ambos (ALEXANDRE et al., 1975 apud MAIA, 2003):

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

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

Maia (2003) ainda acrescenta que o índice de ruído de tráfego (TNI) é uma expressão empírica do clima de ruído de 24 horas, a qual é usada por propiciar a melhor correlação com o efeito de incômodo provocado pelo ruído:

$$TNI = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \text{ dB(A)} \quad (11)$$

Onde  $L_{10}$  e  $L_{90}$  são, respectivamente, o 10° e o 90° níveis percentuais de ruído, sendo que a diferença ( $L_{10} - L_{90}$ ) é tomada como uma indicação da variabilidade dos picos de ruído. Devido à complexidade desse índice, a legislação do Reino Unido está baseada no valor  $L_{10}$  (18h). A amostragem é feita entre as 06:00 e 24:00 h apenas. As medidas em dB(A) são analisadas e o 90° percentil ( $L_{10}$ ) é estabelecido para cada hora. A média dos 18 valores é então o resultado desejado (SZOKOLAY, 1980 apud MAIA, 2003).

Outro método de avaliação do ruído urbano é o cálculo do Nível de Poluição Sonora. Pode ser calculado em função da constante  $K$  baseada na distribuição normal Gaussiana e desvio padrão  $\sigma$  (equação 12), (GERGES, 1998):

$$L_{ps} = L_{eq} + K \times \sigma \text{ dB(A)} \quad [\text{cálculo do nível de poluição sonora}] \quad (12)$$

$$L_{ps} = L_{eq} + L_{10} - L_{90} \text{ dB(A)} \quad [\text{cálculo simplificado do nível de poluição sonora}] \quad (13)$$



Onde:

$L_{ps}$  = nível de poluição sonora

$L_{eq}$  = nível de pressão sonora equivalente

$L_{10}$  = nível de pressão sonora percentual 10%

$L_{90}$  = nível de pressão sonora percentual 90%

$K$  = constante igual a 2,56, baseada na distribuição norma Gaussiana

$\sigma$  = Desvio Padrão em dB(A)

Em função da limitação técnica referente ao equipamento utilizado no presente trabalho, os índices  $L_{10}$  e  $L_{90}$  não puderam ser fornecidos pelo equipamento, assim foram estimados através de um histograma de frequências a ser exemplificado mais adiante. Neste trabalho, será usada, mais especificamente no sub-item 4.2.5, página 93, a equação de número (12), a fim de comparar os resultados calculados com os valores do  $L_{eq}$  encontrados para o dia todo em cada um dos quatro pontos monitorados.

## 2.8 CRITÉRIOS E MEDIDAS DE CONTROLE PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS

A fim de que se consiga melhorar o controle sobre os níveis de ruído urbano, há a necessidade de saber que algumas medidas precisam ser tomadas em função de duas classes:

- a) **Índices:** medidas com uma base física, na qual outros fatores são sobrepostos e usualmente alcançados através de métodos de enquetes sociais;
- b) **Escalas:** nas quais os parâmetros físicos, que afetam a resposta das pessoas, são combinados ao longo de um período de tempo.

Souza (2003), refere que uma vez identificadas as possíveis fontes de ruído e suas formas de propagação, podem ser tomadas medidas para garantir a qualidade acústica dos projetos, a partir da estipulação de critérios acústicos para a sua implantação.

Levando em consideração todos os parâmetros do projeto e uma vez identificadas as fontes de ruídos, são tomadas decisões quanto à implantação e distribuição das áreas do projeto.

Sob esse aspecto é importante a utilização de “mapas de ruído” como ferramenta no auxílio das decisões arquitetônicas. A União Européia, por exemplo, lançou recentemente uma Diretiva chamada 2002/49/CE, que torna obrigatório o mapeamento acústico. Até 2006, todos os municípios serão obrigados a fazer os mapas de ruído de todas as zonas sob sua tutela (CE, 2002).

Para que as decisões de projeto sejam acertadas acusticamente, deve-se levar em conta que o objetivo acústico no espaço urbano é evitar a interferência das fontes de ruído sobre o projeto e cuidar para que este não seja fonte de ruído para o entorno.

Gerges (1998) afirma que quando se necessita controlar o ruído que incide sobre uma determinada área (edificada ou urbana), é necessário conhecer exatamente a fonte ou as fontes emissoras responsáveis por tal emissão, de forma a se estabelecer uma possível solução para o bloqueio dos sons indesejados presentes. O ruído presente no meio urbano possui diversas classificações e categorias. Pode-se destacar alguns grupos, e suas formas de controle, como os que incluem ruídos provocados por:

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

Souza (2003) ainda comenta que o isolamento acústico dos ruídos aéreos urbanos é alcançado tanto através do distanciamento entre fonte e receptor, promovendo-se assim a

queda da intensidade devido à distância, como através de tratamento acústico da fonte, do meio ou do receptor, para que a queda seja promovida através de barreiras acústicas.

Para o distanciamento entre a fonte e o receptor, o zoneamento das áreas do projeto pode corresponder a uma proposta de distribuição, em função da sua classificação quanto à capacidade de geração de ruídos das atividades e quanto à sensibilidade ao ruído para o desenvolvimento apropriado das atividades. Levando-se em consideração toda a área do entorno existente para classificação de atividades, é possível promover o agrupamento de áreas do projeto, que tenham classificação acústica semelhante às áreas do entorno e, dentro do próprio projeto, efetuar este mesmo tipo de agrupamento. Desta forma podem ser evitadas situações em que, por exemplo, um hospital, que é uma área sensível a ruídos, esteja próximo a uma indústria geradora de ruídos intensos. Por outro lado, clínicas silenciosas e áreas residenciais podem estar alocadas na mesma área de classificação.

A forma como essas áreas se interligam é um importante aspecto para a acústica urbana. A rede viária que possibilita a comunicação entre as áreas representa uma fonte de ruído, que deve ser controlada para que não venha a prejudicar toda a proposta do projeto. Quando esta rede viária faz parte da própria proposta de projeto, o seu planejamento pode prever que haja maior distanciamento entre edificações (receptor) e as vias (fonte), através da adoção de recuos maiores. Pode ser também considerada uma hierarquia de vias, de forma a permitir menor fluxo de automóveis e menores velocidades, em regiões mais sensíveis ao ruído, e maiores para aquelas mais geradoras de ruído ou menos sensíveis a ele.

Não se pode esquecer que, dependendo da abrangência do projeto, muitas medidas tomadas passam por questões de educação ambiental e, por isso mesmo, o seu sucesso depende de questões culturais e sociais.

Com este item está concluído o capítulo com o embasamento necessário para uma melhor compreensão do tema, assim como para a formação de subsídios que embasaram o desenvolvimento da metodologia utilizada no trabalho. Essa metodologia, bem como os materiais utilizados na pesquisa, estão descritos no capítulo seguinte.

### 3 MÉTODOS E MATERIAIS

#### 3.1 DADOS A RESPEITO DA ÁREA DE INTERVENÇÃO

O município de Passo Fundo integra a chamada zona fisiográfica do Planalto Médio, sobre a Serra Geral, entre as bacias do Uruguai e do Jacuí, ocupando considerável porção da parte norte do Estado, possuindo as seguintes características físicas:

- Latitude: 28° 3' sul;
- Longitude: 52° 4' oeste ;
- Área aproximada: 758,27 km<sup>2</sup>;
- População estimada em 01/07/2005: 185.279 habitantes (IBGE, 2005);
- Densidade demográfica: 221,8 habitantes por Km<sup>2</sup>;
- Altitude: 687m acima do nível do mar;
- Clima: temperado com característica subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano - clima tipo Cfa na classificação de Koeppen;
- Temperatura média anual: 17,5°C;
- Umidade relativa do ar: 72% (média anual);
- Vegetação: predominam campos abertos com matas nativas do tipo Floresta Subtropical com araucária;
- Relevo: solos derivados de derrame basáltico, profundos e bem drenados, pertencentes ao grupo Latossolo Vermelho, argiloso. O relevo é ondulado e suave ondulado, formado por elevações com longos pendentes que criam depressões fechadas (coxilhas). Possui terras facilmente corrigíveis com adubos e fertilizantes;
- Hidrografia: a hidrografia do município constitui-se dos seguintes cursos d'água: Rio Passo Fundo, Rio Taquari, Rio Jacuí, Rio da Várzea, Arroio Miranda, Arroio Pinheiro Torto, Arroio Passo Herval, Arroio Chifroso, Arroio Conceição, Arroio Engenho Velho, Arroio Antônio e as barragens de Capingüi e Ernestina;
- Fuso Horário: -3 horas em relação ao meridiano de Greenwich.

O município está dividido em seis distritos, a sede mais os distritos de Pulador (à 25Km da sede), São Roque (à 8Km), Bela Vista (à 12Km), Independência (à 20 KM) e Bom

Recreio (à 5Km). Possui como limites ao norte Coxilha e Pontão, ao sul Ernestina e Marau, ao leste Mato Castelhana e ao oeste Carazinho (Prefeitura Municipal de Passo Fundo, 2004).

A cidade de Passo Fundo está situada no “divisorum aquarum” da Coxilha Grande, em sítio excepcionalmente favorável sob duplo prisma: da altitude de 709m e clima subtropical, um dos melhores do sul do país. Possui a característica de ser um centro regional de educação e medicina, além de possuir localização estratégica no estado. Isso faz com que ela seja o núcleo polarizador, que lhe confere vários títulos de primazia, inclusive o de mais importante centro convergente e divergente de comunicações rodoviárias no norte do Estado.

Atualmente a cidade possui uma frota de 58.137 veículos (Tabela 7), sendo 39.753 automóveis, 2.438 caminhões, 6.066 motocicletas, 255 ônibus e 119 microônibus listados aqui como os mais significativos em termos de poluição sonora e do ar.

Sua estrutura viária se desenvolve através de duas grandes avenidas articuladoras, a Avenida Brasil, que corta a cidade no sentido leste/oeste e a Avenida Presidente Vargas, que forma um eixo perpendicular à Avenida Brasil no sentido norte/sul, sendo suas principais vias de acesso:

- BR 285 - Lagoa Vermelha/Carazinho (interliga os principais centros do eixo econômico Buenos Aires-Montevideú/São Paulo-Rio de Janeiro);
- RS 135 – Erechim;
- RS 153 - Soledade/Porto Alegre;
- RS 324 - Marau/Bento Gonçalves;
- BR 153 - Erechim (estrada de chão);
- BR 386 - Porto Alegre;
- Radiais Sul, Leste, Oeste.

Por fazer parte da rota de circulação de mercadorias que transitam pelo estado, vindas do centro do país em direção à Argentina e aos outros países do Mercosul, Passo Fundo possui um fluxo de veículos pesados que até pouco tempo utilizavam-se das avenidas centrais para circularem. A Prefeitura Municipal proibiu a circulação desses

veículos (caminhões de carga, frigoríficos, cegonhas, etc.), obrigando-os a utilizarem-se das radiais que circundam e delimitam fisicamente a cidade. Como em todo o lugar, ainda temos exemplos do descumprimento das leis diariamente, quando não raro, caminhões de grande porte atravessam a cidade muitas vezes ficando presos quando tentam manobrar, trancando o trânsito e provocando engarrafamentos e conseqüente aumento do ruído e do stress no trânsito.

A cidade cresceu dentro da perspectiva de desenvolvimento propiciada pelas atividades comerciais ligadas aos centros médicos, à Universidade de Passo Fundo e ao Mercosul. Nota-se atualmente uma grave conseqüência desse “desenvolvimento”, explicitada nos problemas cada vez mais recorrentes da falta de vagas para estacionar, nos cada vez mais freqüentes engarrafamentos na hora do *rush*, nos problemas de circulação entre carros e pedestres e do aumento da sensação de desconforto devido ao ruído.

Tabela 7 – Frota de veículos por tipo – jun/2005 – Município de Passo Fundo

<b>Tipo</b>	<b>QuantidadeMês: 06/2005 Município: PASSO FUNDO</b>
Ônibus	255
Reboque	814
Caminhão	2.438
Motoneta	799
Sem Tipo	25
Triciclo	3
Automóvel	39.753
Camioneta	4.238
Ciclomotor	26
Utilitário	27
Caminhonete	1.821
Microônibus	119
Motocicleta	6.066
Quadriciclo	2
Semi-Reboque	983
Caminhão Trator	766
Trator de rodas	2
<b>Total</b>	<b>58.137</b>

Fonte: adaptado de DETRAN (2005).

A seguir serão abordados os métodos e técnicas utilizadas para o desenvolvimento do trabalho.

### **3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS**

As medições exploratórias dos níveis de ruído urbano foram realizadas em quatro pontos do centro da cidade em um dia típico da semana, mais especificamente em uma quinta-feira, utilizando-se de um medidor de pressão sonora padrão do tipo 2, recomendado pela NBR 10151 e ANSI 2001, devidamente calibrado. Foram monitorados os horários diurnos de pico estabelecidos pela Legislação Municipal de Passo Fundo, sempre na escala de compensação (A). Os horários das medições foram os seguintes:

- 7:00 h às 8:00 h;
- 8:00 h às 9:00 h;
- 11:00h às 12:00 h;
- 12:00 h às 13:00 h;
- 13:00 h às 14:00 h;
- 17:00 h às 18:00 h;
- 18:00 h às 19:00 h.

O monitoramento forneceu 7 horas de medições por ponto, totalizando 3600 dados por hora e 25.200 por dia, amostrados a cada 1 segundo. Para a escolha do dia da semana mais indicado para as medições foram descartadas a segunda e a sexta-feira por possuírem uma característica diferente dos outros dias da semana, resultando em uma atipicidade no que concerne aos níveis de ruído. Da mesma maneira, os níveis são alterados no sábado e no domingo, onde os índices diurnos e noturnos tendem à inversão. Determinou-se então que as medições poderiam ser realizadas em qualquer dia entre terça e quinta-feira e que não fosse feriado, véspera ou pós-feriado. Assim, em função do exposto acima e por questões de cronograma, escolheu-se a quinta-feira para a realização das medições.

Outra questão importante a ser colocada é que, por limitações técnicas, não foi possível a realização de um levantamento das frequências predominantes nos pontos

analisados. Sabe-se que esse tipo de análise fornece uma descrição mais detalhada da qualidade acústica do ruído emitido naqueles pontos. Segundo Cremonesi (1985), a análise física perfeita do ruído incluiria a descrição completa das amplitudes e dos espectros de frequência que ele assume. Mesmo assim, os resultados adquiridos dos níveis de pressão sonora nas medições apontam uma visão muito satisfatória da realidade acústica dos pontos selecionados.

A escolha dos pontos foi intencional e baseou-se na importância e sensibilidade ao ruído dos equipamentos urbanos existentes nos locais como os hospitais São Vicente de Paulo e Hospital da Cidade, assim como da importância histórica da Avenida Brasil e da Rua Moron para a cidade.

Os dados referentes às medições dos níveis de pressão sonora foram coletados em locais onde o equipamento pudesse ser montado sem problemas de interferência de alguma barreira que porventura influenciasse significativamente no resultado das medições. Devido a limitações do equipamento e ao problema de segurança (em função de que as medições foram tomadas em áreas públicas e abertas), houve a necessidade de que uma pessoa ficasse junto ao medidor durante todo o período de monitoramento. O aparelho utilizado só fornecia dados completos de 60 minutos se ele fosse reprogramado a cada final de hora de medição. A montagem do equipamento seguiu a recomendação da NBR 10.151. Em um único ponto não foi possível encontrar um local que permitisse a montagem do equipamento dentro destas características, assim utilizou-se a marquise do edifício para o monitoramento, como será visto mais detalhadamente na caracterização dos pontos de medição.

As medições foram realizadas no período compreendido entre agosto e dezembro de 2005. Foram obtidos os seguintes parâmetros através das medições:

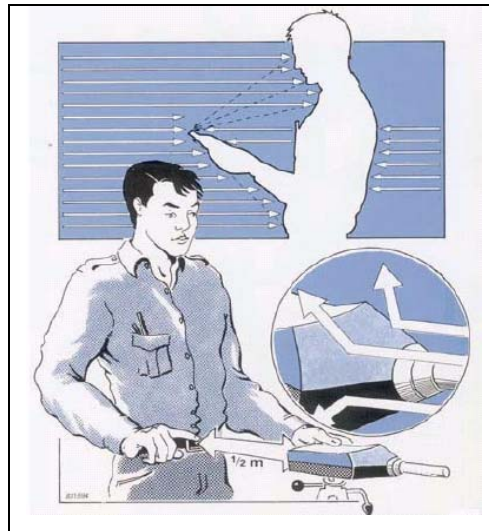
- Os valores horários de  $L_{eq}$ ;
- Os valores horários de  $L_{máx}$  e  $L_{mín}$ ;
- Os níveis estatísticos horários de  $L_{10}$  e  $L_{90}$ ;
- Os valores médios para o dia todo de  $L_{eq}$ ;
- Os valores médios para o dia todo de  $L_{10}$  e  $L_{90}$ .



A NBR 10.151 (ABNTa), determina que o medidor de nível de pressão sonora ou o sistema de medição, deve atender às especificações da IEC 60651 para tipo 0, tipo 1 ou tipo 2. Recomenda-se que o equipamento possua recursos para medição de nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A” ( $L_{Aeq}$ ), conforme a IEC 60804. O equipamento deve ser devidamente calibrado com um calibrador acústico padrão que atenda às especificações da IEC 60942, devendo ser classe 2, ou melhor. No caso de o medidor não possuir em seu integrador interno a possibilidade do cálculo instantâneo do  $L_{Aeq}$ , deve-se utilizar um método alternativo de cálculo descrito a seguir:

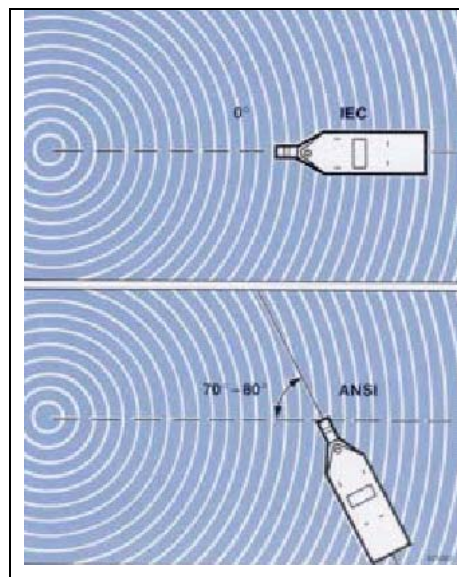
$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \quad (14)$$

Também é necessário acrescentar que, para uma maior precisão nas medições, o observador e o aparelho não devem interferir na medição, bloqueando as ondas sonoras captadas, provocando erros (figura 21). Os métodos de posicionamento nas medições podem variar, segundo padrões internacionais como os da IEC (International Electrotechnical Commission) que aconselha voltar o aparelho diretamente para a fonte (IEC, 2002/2003), ou como os da ANSI (American National Standard) que sugere uma orientação de 70 a 80 graus da fonte (ANSI, 2001), conforme figura 22, dependendo do tipo de análise que se pretende realizar com os dados obtidos. Maia (2003) acrescenta que é sempre necessário um aprendizado cuidadoso para a correta utilização dos recursos do equipamento utilizado e estar atento às necessidades de calibragem e cuidados especiais com o mesmo. Há que se considerar também a influência dos fatores naturais: vento (requerendo a utilização de filtros nas medições), temperatura (não ultrapassando os limites entre  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $+50^{\circ}\text{C}$ , para garantir a eficiência do equipamento), umidade (até 90% não afeta o equipamento, não comprometendo as medições), pressão atmosférica, vibrações, campos magnéticos (efeito normalmente desconsiderado).



Fonte: Brüel & Kjaer, 1984, p. 25.

Figura 21 – Influência do corpo e posição do operador nas medições acústicas



Fonte: Brüel & Kjaer, 1984, p. 23.

Figura 22 – Métodos de posicionamento do equipamento de medição sonora conforme padrões internacionais

### 3.2.1 Equipamentos utilizados

Neste item estão descritos os materiais, bem como os softwares utilizados para o processamento dos dados obtidos nas medições.

- **Sonômetro** digital padrão da marca Instrutherm, modelo DEC-5010, com display de cristal líquido (LCD) de 4 dígitos, fabricado conforme norma ANSI S1.4, IEC-651 Tipo 2 e IEC-804, com microfone omnidirecional e condensador elétrico de 0.5" (½ polegada);
- **Windscreen** para proteger o microfone dos ruídos do vento;
- **Calibrador** da marca Simpson, padrão, de ½ polegada, com frequência de 1000Hz a 94 dB e 114 dB, pertencente ao LABCONF (Laboratório de Conforto Ambiental) da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo;
- **Tripé** da marca Velbon® cx 300, para apoio do sonômetro;
- **Software** Estatística WHM para processamento dos dados estatísticos;
- **Software** Microsoft Excel®, para processamento dos gráficos e estatísticas;
- **Software** Data Logger para o armazenamento dos dados obtidos hora a hora nas medições;
- **Máquina** fotográfica digital para o registro de imagens nos pontos de medição.



Figura 23 – Sonômetro utilizado nas medições



Figura 24 – Equipamento preparado para as medições

### 3.3 OBTENÇÃO DOS NÍVEIS SONOROS PERCENTUAIS $L_{10}$ E $L_{90}$

Conforme explicitado nos itens 2.3 e 2.7, respectivamente nas páginas 24, 25, 46 e 47, alguns parâmetros estatísticos, no caso os parâmetros percentuais  $L_x$ , são muito importantes para a avaliação do clima acústico de um local. Para a obtenção desses parâmetros é necessário que o equipamento de medição contenha essa opção em seu integrador interno. Em função da limitação técnica do sonômetro utilizado nas medições, por não possuir essa opção em seu integrador, os parâmetros  $L_{10}$  e  $L_{90}$  foram estimados conforme procedimento adotado por De Bortoli (2002), que utilizou para tal, um histograma de frequências. Para a construção do histograma de frequências o intervalo de classe adotado foi de 5 dB, parâmetro sempre utilizado nas correções de ruídos e no nível critério de avaliação – NCA presentes na NBR 10151. Para exemplificar este procedimento consideremos uma amostra de 3.600 dados, no qual o menor e o maior valores medidos são, respectivamente 50,9 dB(A) e 85,9 dB(A).

Tabela 8 – Determinação estatística hipotética dos níveis sonoros percentuais  $L_{10}$  e  $L_{90}$ 

Classe	Frequência Absoluta	Frequência Simples Relativa (%)	Frequência Acumulada Relativa (%)	Classificação do nível sonoro
50,9 a <b>55,9</b>	428	11,88	11,88	$L_{90} = 55,9$ dB(A)
55,9 a 60,9	1558	31,38	43,27	
60,9 a 65,9	2659	30,58	73,86	
65,9 a <b>70,9</b>	3275	17,11	90,97	$L_{10} = 70,9$ dB(A)
70,9 a 75,9	3518	6,75	97,72	
75,9 a 80,9	3593	2,08	99,80	
80,9 a 85,9	3600	0,19	100	

Observando-se a tabela 8, que determina estatisticamente alguns valores hipotéticos para  $L_{10}$  e  $L_{90}$ , verifica-se que o intervalo de classe é igual a 5 dB(A) e que cada classe possui sua frequência absoluta, simples relativa e acumulada relativa. Através da coluna Frequência Acumulada Relativa conseguimos estimar os parâmetros desejados de  $L_{10}$  e  $L_{90}$ , buscando-se os valores mais próximos da diferença de 10 % dos limites inferior 50,9 dB(A) e superior 85,9 dB(A).

Podemos perceber analisando o gráfico da figura 25, que os valores de  $L_{90}$  e  $L_{10}$  foram estimados em função da primeira e quarta colunas, da esquerda para a direita respectivamente. O valor de  $L_{90}$  foi extraído da coluna que alcançou 11,88%, isto é, a porcentagem mais próxima dos 10% necessários. Estudos e simulações realizadas na dissertação de mestrado de De Bortoli (2002), concluem que essa diferença não configura erro significativo na obtenção dos índices, assim, da mesma maneira, estimamos também o índice  $L_{10}$ , obtido na quarta coluna. Todos os histogramas de frequências e as análises estatísticas estão disponíveis no Anexo A para apreciação.

Esclarecido como os índices estatísticos  $L_{10}$  e  $L_{90}$  foram estimados, pode-se passar ao estudo dos níveis de pressão sonora da área central, com uma pequena caracterização inicial de cada ponto monitorado.

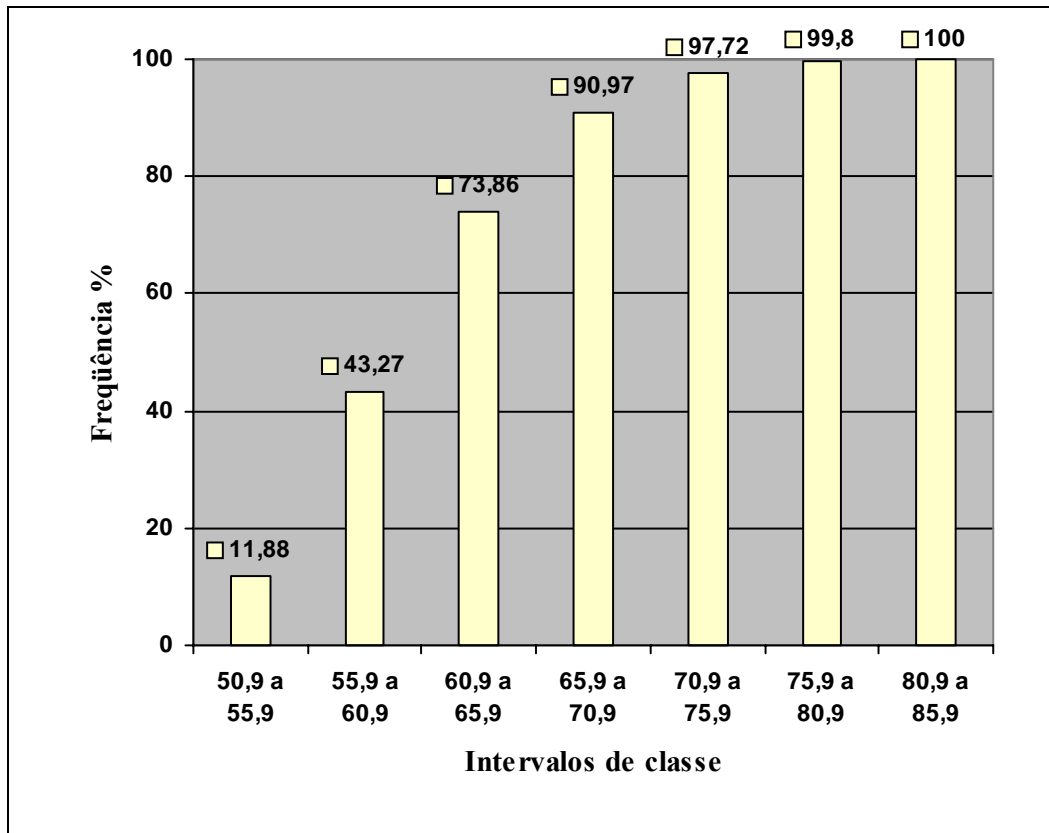


Figura 25 – Histograma contendo valores hipotéticos para determinação dos índices  $L_{10}$  e  $L_{90}$

## 4 ESTUDO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA DA ÁREA CENTRAL

O centro de Passo Fundo vem sofrendo forte adensamento nas últimas décadas, alavancado pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de 1979, que estabeleceu parâmetros para o uso e ocupação do solo. O processo teve início na década de 1940 e ocorreu concomitantemente ao processo de expansão das grandes capitais, como Porto Alegre, Curitiba, Rio de Janeiro e São Paulo, entre outras, caracterizando o fenômeno conhecido como *metropolização*.



Fonte: Arquivo Foto Czamanski.

Figura 26 – Passo Fundo na década de 80

Segundo Gosch (2002), acompanhando os índices do Estado e do país, os índices regionais relativos à concentração urbana seguem uma linha sempre ascendente, inversamente proporcional em relação à população rural, que em 1980 apresentava índices superiores a 20% em relação aos índices de 1970.

Além do ordenamento do crescimento urbano, o Plano Diretor de 1979 tinha como objetivo conter a expansão dentro da área formada pelas vias perimetrais sul e leste e, através da regulamentação de uso do solo, buscar uma nova imagem à cidade, que deveria consolidá-la como capital regional em nível estadual.

Para ordenar o crescimento físico-espacial da cidade de Passo Fundo, o plano de 1979 adota uma perspectiva baseada na industrialização, levando em conta o fato de que Passo Fundo é um grande pólo regional e um importante “nó rodo-ferroviário” do interior do Estado, para o escoamento das produções regionais, trigo e soja, e para a redistribuição de produtos importados para a região. Essa postura busca uma coerência no contexto da expansão da soja para outras regiões do Brasil, penetrando também na Argentina, Paraguai e Uruguai, prevendo as futuras relações incentivadas com o estabelecimento do Mercosul (GOSCH, 2002).



Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo.

Figura 27 – Vista aérea de Passo Fundo (2003)



Com a consolidação do centro de Passo Fundo, os aspectos relativos ao adensamento da área central começam a implicar diretamente na qualidade dos espaços abertos. O sombreamento das fachadas dos edifícios já está se fazendo presente em alguns locais do centro com a conseqüente criação de micro-climas, assim como o aumento da sensação de desconforto em função dos níveis elevados de ruído.

Analisando as figuras 26 e 27, constata-se a evolução da área central de Passo Fundo, com destaque na figura 27 para o eixo da Avenida Brasil, onde se pode flagrar sua importância para o desenvolvimento da cidade traduzida no modo de distribuição e adensamento dos prédios ao longo da via.

A seguir, será realizada uma breve caracterização do entorno dos pontos selecionados para as medições na área central da cidade.

#### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ENTORNO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO**

##### **4.1.1 Ponto de medição nº 1 – Avenida Brasil**

O primeiro ponto monitorado localiza-se na Avenida Brasil, na quadra entre a Avenida General Neto e a rua Coronel Chicuta. A área configura-se como sendo Zona Comercial 1 e possui movimento intenso de veículos leves, coletivos urbanos e caminhões. A história da Avenida Brasil explicita sua importância como eixo norteador urbano, caracterizado por constituir-se em via de ligação importante entre os dois extremos da cidade, assim como passagem de viajantes que a utilizam para dirigirem-se ao norte do país, rumo a cidades como São Paulo ou ao sul, oeste e leste do estado e cidades do Mercosul.

De vocação comercial, é na Avenida Brasil que ainda se desenvolve o comércio mais popular, que serve como um marco referencial para as pessoas oriundas de outras localidades da região e mesmo do país (GOSCH, 2002).

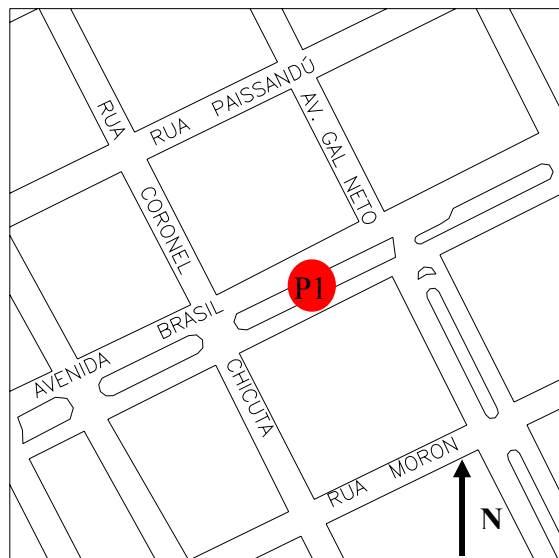


Figura 28 – Ponto de medição nº 1

No final da década de setenta e anos subsequentes, o mercado imobiliário sofreu importante expansão, contribuindo para a verticalização do centro e conseqüente aumento da densidade demográfica, fomentando a circulação cada vez maior de mercadorias e pessoas. Apesar do *boom* imobiliário, grande parcela dos edifícios centrais ainda possui baixo gabarito, tendo 4 ou 5 andares em média. Os edifícios mais recentes, construídos a partir da década de oitenta, possuem por volta de 6 a 9 pavimentos. Esse fato pode influenciar diretamente na distribuição do ruído através do espaço urbano, como já se viu anteriormente, contribuindo para uma maior ou menor sensação de incômodo. No item 4.3, este importante aspecto será analisado mais detalhadamente.

A Avenida Brasil caracteriza-se por possuir tanto edificações de cunho estritamente comercial (edifícios de escritórios), edificações de uso misto (comércio no térreo, sobreloja e apartamentos nos andares superiores) como edifícios residenciais. Em função dos índices de uso e ocupação do solo, essas edificações não possuem recuos frontais, característica semelhante aos centros da maioria das cidades brasileiras.



Figura 29 – Avenida Brasil (canteiro central)

A avenida possui duas vias asfaltadas, separadas por um canteiro central arborizado que varia de largura, tendo especificamente no ponto escolhido 11,5 metros. Cada via, com aproximadamente 9 metros de largura, possui duas faixas de rodagem. Especificamente no ponto escolhido para as medições, as duas vias que compõem a Avenida Brasil possuem 9 metros de largura cada e os passeios 4 metros.

A Avenida Brasil sempre se destacou no contexto urbano local, por ser um marco referencial físico-temporal importante e ainda por ter mantido, ao longo de todo o seu tempo, seu caráter de “passagem e de comércio”. Continua, como a 150 anos atrás, articulando o movimento e os elementos demandados pela dinâmica urbana da cidade de Passo Fundo (GELPI et al., 2005).

### **Ponto de medição nº 2 – Rua Moron**

O segundo ponto de medição localiza-se na Rua Moron, na quadra entre as ruas Fagundes dos Reis e Capitão Eleutério, também na Zona Comercial 1. De uso misto (comercial e residencial), esta zona ainda possui edifícios mais antigos de 4 pavimentos, com edificações mais recentes de 6 a 9 pavimentos em média, sem recuo frontal. Via

paralela à Avenida Brasil, é conhecida por possuir um comércio diferenciado, com lojas de roupas, celulares e eletrodomésticos direcionadas mais diretamente ao público de classe média/alta. Também concentram-se ali dois cafés, locadoras de vídeo, lojas de instrumentos musicais, relojarias e um posto de gasolina que, quase todas as noites, agrega um público jovem no entorno de sua loja de conveniência. Os passeios são arborizados, possuindo em média, 4 metros de largura.

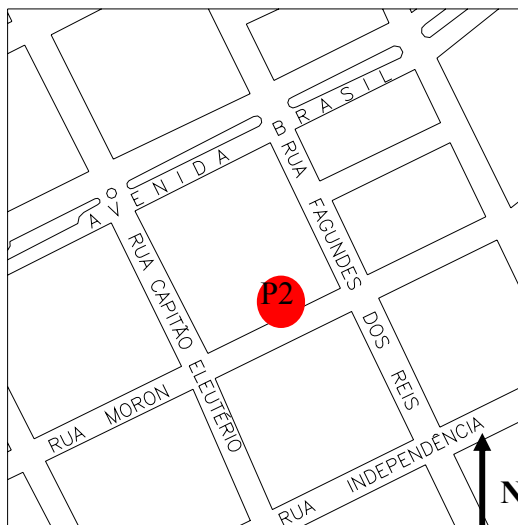


Figura 30 – Ponto de medição nº 2

Caminho para as agências bancárias e para a praça central possui grande movimento de veículos leves, sendo proibido o acesso de ônibus e caminhões de grande porte. O deslocamento dos veículos ocorre em baixa velocidade, transitando em mão única, no sentido leste/oeste.

O revestimento da via é asfáltico e encontra-se em bom estado de conservação. Outra característica importante da Rua Moron é o pequeno gabarito de sua caixa de rodagem, 6 metros em média.



Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo.

Figura 31 – Rua Moron em 1953



Figura 32 – Vista da Rua Moron no sentido oeste/leste, ano de 2005

Em função desse fator, da falta de recuo das edificações, da permissão para estacionar em um dos lados da mesma (situação que dificulta a fluência do trânsito) e também pelo fato de que, em alguns pontos os edifícios possuem por volta de 9 andares, a sensação de enclausuramento, especificamente nestes pontos, é bastante evidente. Podemos

verificar esta condição observando a figura 32, que retrata um pouco do clima da Rua Moron.

### Ponto de medição n° 3 – Rua Paissandu

O terceiro ponto de medição localiza-se na Zona Comercial 2, à Rua Paissandu, mais especificamente na praça Antonino Xavier de Oliveira, nas imediações do Hospital da Cidade, fato que torna esta área importante objeto de estudo em função da sensibilidade ao ruído.

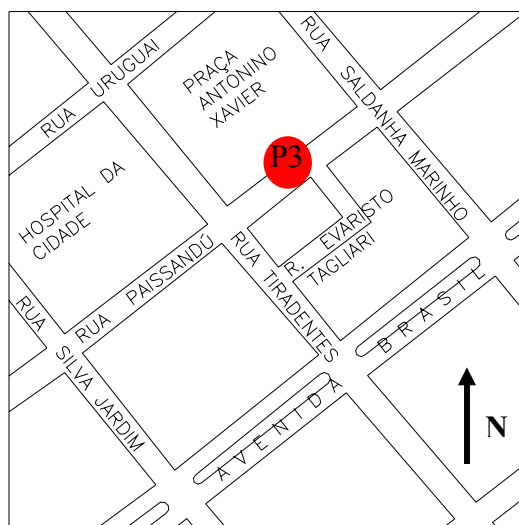


Figura 33 – Ponto de medição n° 3

Também paralela à Avenida Brasil, com mão única no sentido oposto à Rua Moron, possui tráfego igualmente intenso, diferenciando-se basicamente pela velocidade dos veículos, que é maior em relação à Rua Moron, permitindo também a circulação de caminhões mais pesados.

Outro fator característico dessa via é o tráfego de ambulâncias. O Hospital da Cidade agrega grande número de pacientes das cidades vizinhas, de onde se deslocam em ambulâncias cedidas pelas prefeituras de seus municípios. As mesmas estacionam no entorno da praça para a espera do término dos horários de consulta, que geralmente ocorre no final da tarde quando então retornam às suas cidades de origem.

A via é asfaltada estando em boas condições de uso, possuindo uma largura que varia entre 8 e 9 metros, o que permite aos motoristas a utilização das duas faixas de trânsito.

Apesar da área estar configurada como Zona Comercial 2, a predominância de usos é residencial, com edifícios de apartamentos de 4 a 9 andares em média, sem espaço comercial no térreo, salvo poucas exceções.



Figura 34 – Vista da Rua Paissandu com as ambulâncias estacionadas no entorno da praça

O pequeno comércio existente é caracterizado por duas imobiliárias, uma loja de instalação de som em automóveis e um restaurante que serve aos moradores da região. Existem algumas poucas casas térreas no local, sendo essas as únicas edificações que possuem recuo frontal de 4 metros, estabelecido pelo Código de Obras da cidade.

#### **Ponto de medição nº 4 – Rua Teixeira Soares**

O ponto de medição nº 4 localiza-se à Rua Teixeira Soares, em frente ao Hospital São Vicente de Paulo na Zona Comercial 3.

É um ponto importantíssimo no que diz respeito ao controle dos níveis de ruído, pois sendo o principal hospital de Passo Fundo, recebe pacientes de toda a região. Abriga

em seu entorno os principais estabelecimentos de serviços médicos, laboratórios, contando ainda com o prédio da Faculdade de Medicina da universidade de Passo Fundo (localizado bem em frente ao hospital) e outros edifícios comerciais. O movimento diário é muito intenso, sendo composto por veículos leves, ambulâncias, ônibus urbanos e caminhões. Existe um semáforo no cruzamento entre a Rua Teixeira Soares com a Rua Uruguai, exatamente na esquina do hospital, o que ocasiona o já citado “*stop and go*” dos veículos.

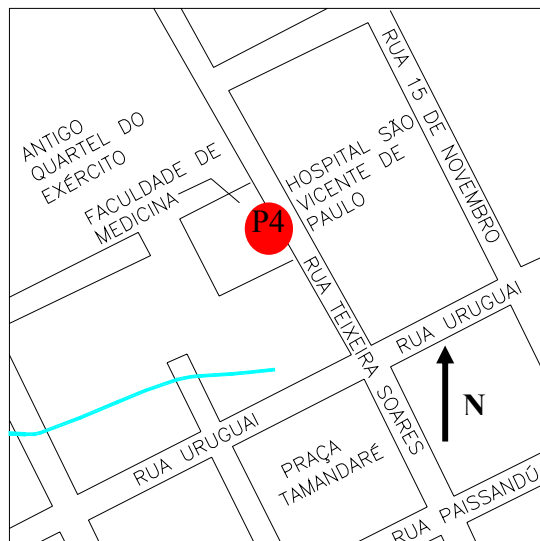


Figura 35 – Ponto de medição nº 4



Figura 36 – Vista da Rua Teixeira Soares em direção ao Hospital São Vicente



Igualmente às outras áreas, os edifícios possuem em média de 4 a 9 pavimentos, sem recuos frontais, os passeios 4 metros e a via 8 metros de largura, estando em bom estado de conservação. Existem alguns bares e restaurantes próximos à área, servindo de apoio aos familiares dos pacientes, assim como aos funcionários do hospital. Em diagonal ao Hospital São Vicente, mais precisamente na direção sudoeste, localiza-se a Praça Tamandaré, servindo igualmente de apoio às pessoas que transitam pela área. Esse local tem importância histórica por abrigar o primeiro núcleo residencial que deu origem à cidade. No sentido noroeste ao Hospital São Vicente localiza-se a antiga área que abrigava o quartel do exército, hoje pertencente à Prefeitura Municipal.

## **RESULTADOS E ANÁLISE DAS MEDIÇÕES**

A seguir estão descritos os resultados das medições realizadas ponto a ponto, nos horários estabelecidos conforme proposta metodológica já apresentada, com uma síntese dos dados para o melhor entendimento da dinâmica do ruído nos locais monitorados. As tabelas seguiram padrão semelhante ao adotado por Maia (2003), com adaptações para a realidade metodológica do presente trabalho. A montagem do equipamento seguiu o procedimento estabelecido pela NBR 10151 com o sonômetro devidamente calibrado. Todas as medições foram realizadas com tempo bom, temperatura, umidade relativa e ventos dentro do padrão necessário para uma boa tomada de dados.

### **4.2.1 Análise das medições no ponto nº 1 – Avenida Brasil**

Para a realização do monitoramento, o equipamento de medição foi instalado no centro do canteiro central da avenida, à 5,25 metros de cada via, para captar homoganeamente o ruído das mesmas, onde também procurou-se o ponto médio da quadra, ou seja, um local que ficasse equidistante às duas esquinas, a fim de se evitar a proximidade com os pontos de ônibus e dos semáforos ali localizados. Sabe-se que, especificamente nesses pontos, o ruído deve aumentar em função do *stop and go* dos veículos. Assim, buscou-se um ponto onde fosse possível monitorar níveis mais homogêneos de pressão

sonora. Na figura 37 pode-se ver as imagens do posicionamento do equipamento no canteiro e o entorno da área de medição.



Figura 37 – Ponto 1: posicionamento do equipamento de medição



Figura 38 – Vista oposta em direção ao ponto 1

Tabela 9 – Valores horários diurnos do ponto 1

<b>Hora</b>	<b>Leq (dB(A))</b>	<b>Lmín</b>	<b>Lmáx</b>	<b>L<sub>10</sub></b>	<b>L<sub>90</sub></b>
07-08	74,2	53,3	90,7	78,7	58,7
08-09	74,5	56,3	93,7	81,6	61,6
11-12	73,6	57,4	89,0	77,7	62,7
12-13	73,2	57,0	91,5	77,5	62,5
13-14	73,3	58,6	88,6	78,9	63,9
17-18	73,7	60,5	90,6	81,0	66,0
18-19	73,8	59,3	94,0	80,1	65,1

Tabela 10 – Compilação dos resultados diários do ponto 1

<b>Descrição</b>	<b>Horários</b>	<b>Valores em dB(A)</b>
Horário de maior Leq	08 - 09	74,5
Horário de menor Leq	12 - 13	73,2
Média logarítmica para o Leq do dia todo	-	73,7
Horário de menor pico	07 - 08	53,3
Horário de maior pico	18 - 19	94,0
Horário de menor L <sub>90</sub> (ruído de fundo)	07 - 08	58,7
Média logarítmica para o L <sub>90</sub> do dia todo	-	65,0
Horário de maior L <sub>10</sub> (ruído de atividade)	08 - 09	81,6
Média logarítmica para o L <sub>10</sub> do dia todo	-	80,1

Os valores horários obtidos no monitoramento do ponto 1 demonstram claramente que a Avenida Brasil está com indícios de descontrole dos níveis de ruído em função do trânsito. Analisando-se na tabela 10 o valor do  $L_{eq}$  para o dia todo, constata-se que o valor correspondente é de 73,7 dB(A), valor este já acima do nível recomendado pela NBR 10151, que é de 60 dB(A) no horário diurno para áreas mistas com vocação comercial e administrativa, e muito acima dos 55 dB(A) recomendados pela OMS (Organização Mundial da Saúde). O valor de menor  $L_{eq}$  foi encontrado igualmente em um horário de menor movimento, ou seja, entre às 12 e 13 horas, para depois voltar a aumentar. Mesmo assim, pode-se notar, em função da mesma tabela, que a diferença entre o maior  $L_{eq}$  medido no dia e o menor  $L_{eq}$  é de apenas 1,3 dB(A), diferença essa que aponta para uma estabilidade nos níveis de ruído equivalente durante o dia.

O nível estimado do ruído de fundo ( $L_{90}$ ) para o dia todo foi de 65,0 dB(A), o que demonstra seriamente a característica ruidosa da avenida. Mesmo quando o nível do ruído de fundo alcançou seu menor índice, 58,7 dB(A) entre 07 e 08 da manhã, ainda assim o valor ficou acima do recomendado pela OMS.

O horário de maior atividade ruidosa ( $L_{10}$ ) foi registrado entre 08 e 09 da manhã, com o valor de 81,6 dB(A). Também este índice demonstrou pouca variação (somente 1,5 dB(A)) se comparado ao índice para o dia todo que foi de 80,1 dB(A). Em resumo, em 10% do tempo de monitoramento, que foi de sete horas, os níveis se mantiveram iguais ou superiores a 80,1 dB(A). Concentrando-se esses valores juntos, tem-se 42 minutos ininterruptos de ruído alto e desconfortável.

Comparando os níveis obtidos com a Legislação de Passo Fundo, pode-se dizer que o nível equivalente de ruído obtido para o dia todo, 73,7 dB(A), ainda está abaixo do limite máximo permitido que é de 75 dB(A). Este fator peculiar já foi comentado anteriormente, onde constatou-se que a Legislação Municipal está defasada, com seus limites máximos muito acima do que a OMS e as normas da ABNT sugerem como aceitáveis.

Em função de que o equipamento necessitava de uma pessoa junto a ele durante o tempo de monitoramento, pôde-se fazer algumas análises *in loco* quanto a algumas fontes mais determinantes para o incremento do ruído no local. Os maiores níveis de ruído foram produzidos por ônibus urbanos, caminhões, ambulâncias com sirene ligada e carros de som, que geraram cerca de 85 dB(A) em média, incrementando os índices e chegando a picos

máximos de 94,0 dB(A) conforme tabela 10. Os menores picos foram produzidos em horário de pouco movimento, entre 07 e 08 horas da manhã, chegando a 53,3 dB(A), quando havia pouco trânsito de veículos na área.

### **Análise das medições no ponto nº 2 – Rua Moron**

Para a realização do monitoramento neste ponto, a busca de um lugar apropriado para a montagem do equipamento de medição foi particularmente problemática. Ao contrário dos outros pontos monitorados, não havia espaço para que se pudesse recuar o equipamento para fora do passeio. Teria de ser montado sobre o mesmo, onde possíveis interferências dos transeuntes poderiam afetar significativamente os resultados das medições. Assim, o equipamento foi montado sobre a marquise de um edifício conforme figura 39, ficando a aproximadamente 5 metros da via. Segundo Maia (2003), que realizou suas medições nos andares inferiores dos edifícios, tal condição não deve acrescentar diferenças muito significativas, pois na maioria dos centros urbanos, o ruído é confinado pelas edificações, como em uma sala fechada, e a atenuação do nível de ruído, em função da altura em relação ao solo, é geralmente muito pequena.



Figura 39 – Ponto 2: local da montagem do equipamento

Tabela 11 – Valores horários diurnos do ponto 2

<b>Hora</b>	<b>Leq (dB(A))</b>	<b>Lmín</b>	<b>Lmáx</b>	<b>L<sub>10</sub></b>	<b>L<sub>90</sub></b>
07-08	62,9	47,4	84,9	67,9	52,9
08-09	63,5	51,1	82,6	66,1	56,1
11-12	64,3	53,1	84,0	68,5	58,5
12-13	62,5	51,2	83,0	66,3	56,3
13-14	62,9	52,4	80,5	67,5	57,5
17-18	64,4	52,9	88,1	68,0	58,0
18-19	66,1	55,9	89,8	70,9	60,9

Tabela 12 – Compilação dos resultados diários do ponto 2

<b>Descrição</b>	<b>Horários</b>	<b>Valores em dB(A)</b>
Horário de maior Leq	18 - 19	66,1
Horário de menor Leq	12 - 13	62,5
Média logarítmica para o Leq do dia todo	-	65,1
Horário de menor pico	07 - 08	47,4
Horário de maior pico	18 - 19	89,8
Horário de menor L <sub>90</sub> (ruído de fundo)	07 - 08	52,9
Média logarítmica para o L <sub>90</sub> do dia todo	-	59,6
Horário de maior L <sub>10</sub> (ruído de atividade)	18 - 19	70,9
Média logarítmica para o L <sub>10</sub> do dia todo	-	69,6

Os valores horários obtidos no monitoramento do ponto 2 demonstram índices menores que o ponto anterior, mas mesmo assim elevados. Na análise da tabela 12, o valor do  $L_{eq}$  para o dia todo corresponde a 65,1 dB(A), valor esse, também acima do nível recomendado pela NBR 10151, que é de 60 dB(A) no horário diurno para áreas mistas com vocação comercial e administrativa, e igualmente acima dos 55 dB(A) recomendados pela OMS. O menor valor de  $L_{eq}$ , 62,5 dB(A), acontece no mesmo horário do ponto 1, entre às 12 e 13 horas e o maior valor de  $L_{eq}$ , 66,1 dB(A), no horário compreendido entre às 18 e 19 horas. Em função da tabela 12, nota-se que a diferença entre os dois índices é de 3,6 dB(A), um pouco maior que a do ponto 1, apontando para uma variabilidade maior dos níveis durante o dia.

O nível estimado do ruído de fundo ( $L_{90}$ ) para o dia todo foi de 59,6 dB(A) (tabela 12), o que demonstra que a Rua Moron já começa a apresentar níveis acima do recomendado. O menor nível do ruído de fundo se dá igualmente à Avenida Brasil, entre 07 e 08 horas da manhã com 52,9 dB(A), sendo o horário de maior atividade ruidosa ( $L_{10}$ ) registrado entre às 18 e 19 horas da tarde, com o valor de 70,9 dB(A). Também esse nível demonstrou pouca variação (somente 1,3 dB(A)) se comparado ao do dia todo que foi de 69,6 dB(A).

Segundo a Legislação de Passo fundo, o nível equivalente de ruído obtido para o dia todo, 65,1 dB(A), também está abaixo do limite máximo permitido de 75 dB(A) para a área comercial.

Constata-se através das medições que a Rua Moron já demonstra sinais da necessidade de um controle maior dos níveis de ruído. Comparando o nível equivalente de ruído para o dia todo da Avenida Brasil com o nível da Rua Moron, obtém-se uma diferença de 8,6 dB(A). Essa diferença demonstra-se pequena considerando o fato de que é proibido o trânsito de caminhões pesados e ônibus urbanos nessa rua. Se isto fosse permitido, certamente os níveis da Rua Moron seriam semelhantes ou maiores do que os da Avenida Brasil.

Também se deve lembrar que a caixa carroçável da Rua Moron é menor em largura do que a da Avenida Brasil, fazendo com que a via fique muito próxima das edificações, contribuindo assim para o aumento da sensação de desconforto em função do ruído.

No item 4.3 será mais aprofundadamente discutido o tema da qualidade acústica dos espaços monitorados em função dos resultados obtidos nas medições. Serão identificadas as principais fontes emissoras de ruído, assim como será analisada a contribuição do entorno para a distribuição do ruído nos pontos estudados e outras possíveis variáveis.

#### 4.2.3 Análise das medições no ponto n° 3 – Rua Paissandú

Neste lugar, o equipamento de medição foi instalado próximo ao hospital da Cidade, no ponto médio da quadra da Praça Antonino Xavier de Souza, entre as ruas Tiradentes e Saldanha Marinho. Consegui-se locar o equipamento fora do passeio, colocando-o no limite do gramado da praça (ver figura 40), a fim de que os transeuntes não interferissem diretamente nas medições, ficando o mesmo a aproximadamente 4 metros da Rua Paissandu.



Figura 40 – Ponto 3: equipamento instalado na praça, próximo ao Hospital da Cidade



Figura 41 – Vista oposta do equipamento, em direção à Rua Paissandu



Tabela 13 – Valores horários diurnos do ponto 3

<b>Hora</b>	<b>Leq (dB(A))</b>	<b>Lmín</b>	<b>Lmáx</b>	<b>L<sub>10</sub></b>	<b>L<sub>90</sub></b>
07-08	65,4	48,4	88,1	68,7	53,7
08-09	66,8	52,4	89,9	68,0	58,0
11-12	64,4	50,0	83,1	70,2	55,2
12-13	63,2	48,6	82,0	68,6	53,6
13-14	63,8	50,7	81,1	65,7	55,7
17-18	65,0	52,5	86,3	67,8	57,8
18-19	65,4	52,0	88,6	67,5	57,5

Tabela 14 – Compilação dos resultados diários do ponto 3

<b>Descrição</b>	<b>Horários</b>	<b>Valores em dB(A)</b>
Horário de maior Leq	08 - 09	66,8
Horário de menor Leq	12 - 13	63,2
Média logarítmica para o Leq do dia todo	-	65,0
Horário de menor pico	07 - 08	48,4
Horário de maior pico	18 - 19	89,9
Horário de menor L <sub>90</sub> (ruído de fundo)	12 - 13	53,6
Média logarítmica para o L <sub>90</sub> do dia todo	-	57,1
Horário de maior L <sub>10</sub> (ruído de atividade)	11 - 12	70,2
Média logarítmica para o L <sub>10</sub> do dia todo	-	67,7

O resultado dos valores monitorados no ponto 3 demonstram que os níveis de ruído são semelhantes aos níveis do ponto anterior, sendo igualmente elevados. Na análise da tabela 14, constata-se que o valor do  $L_{eq}$  para o dia todo corresponde a 65,0 dB(A), praticamente igual ao nível da Rua Moron. Esse nível está exatamente 5 dB(A) acima do que a NBR 10151 recomenda como máximo permissível, e 10 dB(A) acima do recomendado pela OMS. Também está 5 dB(A) acima do que permite a Legislação de Passo Fundo que fixa para essa área um nível máximo de 60 dB(A) diurno. O menor valor de  $L_{eq}$ , 63,2 dB(A) é sensivelmente maior do que o da Rua Moron, acontecendo no mesmo horário dos pontos 1 e 2, entre às 12 e 13 horas. Pode-se dizer também, que o maior valor de  $L_{eq}$ , 66,8 dB(A) é igual ao do ponto anterior, acontecendo no mesmo horário do ponto 1, entre às 08 e 09 horas. Em função da tabela 12, nota-se que a diferença entre os dois índices é de 3,6 dB(A), um pouco maior que a do ponto 1, apontando para uma variabilidade maior dos níveis durante o dia.

O nível estimado do ruído de fundo ( $L_{90}$ ) para o dia todo foi de 57,1 dB(A), menor que o da Rua Moron. O menor nível do ruído de fundo se dá em horário igual ao da Rua Moron, entre 12 e 13 horas com 53,6 dB(A), sendo o horário de maior atividade ruidosa ( $L_{10}$ ) registrado entre às 11 e 12 horas, com o valor de 70,2 dB(A). Esse índice demonstrou uma variação um pouco maior, 2,5 dB(A), se comparado ao do dia todo que foi de 67,7 dB(A), mas de valor desprezível.

É importante salientar que essa área é considerada zona sensível ao ruído em função do hospital existente. A NBR 10151 recomenda um nível máximo para conforto de 50 dB(A) em áreas estritamente residenciais urbanas ou de hospitais ou de escolas. A diferença entre o nível recomendável para o conforto e o nível monitorado do  $L_{eq}$  para o dia todo, que foi de 65,0 dB(A), é de 15 dB(A), ou seja, uma grande diferença. Levando-se em conta que o aumento dos níveis de ruído se dá em progressão geométrica, pode-se dizer que essa diferença implica em um acréscimo de mais que o dobro da pressão sonora exercida pelos 50 dB(A) recomendáveis.

Também não se pode deixar de comentar que em uma zona sensível o tráfego pesado deveria ser desviado, o que não acontece nesse caso. Outro aspecto importante, além do ruído de tráfego, é a presença de estabelecimentos com atividades ruidosas

instalados próximos a esse tipo de zona. No item 4.3 esse assunto será mais especificamente tratado, onde as questões relativas às fontes de maior contribuição para a poluição sonora serão discutidas.

#### 4.2.4 Análise das medições no ponto nº 4 – Rua Teixeira Soares

Para o monitoramento do ponto 4 o equipamento foi montado sobre a laje da casa de força da Faculdade de Medicina, que fica em frente ao Hospital São Vicente de Paulo, na Rua Teixeira Soares. Esse fato se deu pelo mesmo motivo da Rua Moron, ou seja, a falta de um espaço próximo ao passeio público (e não sobre o mesmo) para a montagem do equipamento, assim, buscou-se um ponto onde não houvesse interferências por parte dos transeuntes que pudessem ser significativas nos resultados das medições.

O monitor ficou a 4,5 metros de afastamento da via, mantendo o critério de distância utilizada nos outros pontos analisados. Também nesse local utilizou-se o ponto médio entre a esquina com o semáforo e a parada de ônibus existentes, logrando níveis mais homogêneos de pressão sonora.

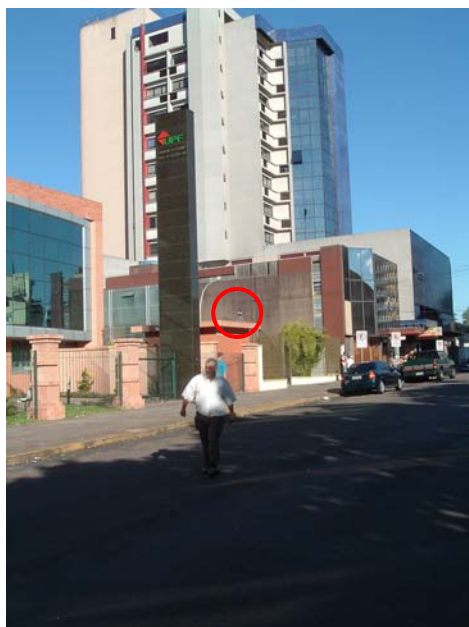


Figura 42 – Ponto 4: sonômetro sobre a laje da casa de força da Faculdade de Medicina na Rua Teixeira Soares



Figura 43 – Vista do equipamento sobre a laje



Figura 44 – Vista do Hospital São Vicente a partir do ponto de medição

Tabela 15 – Valores horários diurnos do ponto 4

<b>Hora</b>	<b>Leq (dB(A))</b>	<b>L<sub>mín</sub></b>	<b>L<sub>máx</sub></b>	<b>L<sub>10</sub></b>	<b>L<sub>90</sub></b>
07-08	70,2	49,1	90,6	69,1	54,1
08-09	68,2	51,8	89,0	72,1	57,1
11-12	67,9	52,6	87,5	73,1	58,1
12-13	67,2	50,1	85,5	70,9	55,9
13-14	67,6	52,4	84,8	71,5	56,5
17-18	75,8	51,5	96,5	71,5	56,5
18-19	68,6	51,5	86,6	71,9	56,9

Tabela 16 – Compilação dos resultados diários do ponto 4

<b>Descrição</b>	<b>Horários</b>	<b>Valores em dB(A)</b>
Horário de maior Leq	17 - 18	75,8
Horário de menor Leq	12 - 13	67,2
Média logarítmica para o Leq do dia todo	-	71,6
Horário de menor pico	07 - 08	49,1
Horário de maior pico	17 - 18	96,5
Horário de menor L <sub>90</sub> (ruído de fundo)	07 - 08	54,1
Média logarítmica para o L <sub>90</sub> do dia todo	-	56,7
Horário de maior L <sub>10</sub> (ruído de atividade)	11 - 12	73,1
Média logarítmica para o L <sub>10</sub> do dia todo	-	71,7

O monitoramento do ponto 4 demonstrou que os níveis de ruído estão próximos aos níveis do ponto 1 na Avenida Brasil, muito elevados para este tipo de zona também considerada sensível. Analisando a tabela 16, constat-se que o valor do  $L_{eq}$  para o dia todo corresponde a 71,6 dB(A), muito próximo ao nível encontrado no ponto 1 que foi de 73,7 dB(A), ou seja, a diferença entre o  $L_{eq}$  das duas vias é de somente 2,1 dB(A). Levando-se em conta que a característica da Rua Teixeira Soares é bem diferente da Avenida Brasil, chega-se à conclusão de que os níveis no ponto 4 estão muito acima do aceitável, o que nesse caso é extremamente importante. A presença do Hospital São Vicente e de outros estabelecimentos ligados à saúde requer níveis bem mais baixos de ruído.

Como já comentado, a NBR 10151 recomenda que o nível máximo diurno para essa área não exceda os 50 dB(A). Levando isto em consideração, constata-se que no ponto 4 o nível equivalente de ruído medido para o dia todo excede em 21,6 dB(A) o que preconiza a NBR e 16,6 dB(A) o que recomenda a OMS. Nesse caso, o nível equivalente encontrado para o dia também ultrapassa em 11,6 dB(A) a Legislação de Passo Fundo, que fixa o nível máximo para este tipo de área em 60 dB(A).

O menor valor de  $L_{eq}$  monitorado foi de 67,2 dB(A), medido entre as 12 e 13 horas, horário de almoço, e o maior valor de  $L_{eq}$  monitorado foi de 75,8 dB(A), entre as 17 e 18 horas. A diferença entre esses dois níveis denota uma variabilidade maior dos mesmos durante o dia.

O nível estimado do ruído de fundo ( $L_{90}$ ) para o dia todo foi de 56,7 dB(A), e o menor nível do ruído de fundo se dá entre as 07 e 08 horas da manhã com 54,1 dB(A), horário em que somente poucos veículos leves trafegavam pela área. O ruído de fundo diário também está excedendo a NBR e o recomendado pela OMS. O horário de maior atividade ruidosa ( $L_{10}$ ) foi registrado entre as 11 e 12 horas, coincidindo com a saída para o almoço, onde observou-se um nível igual 73,1 dB(A), ficando estabelecido em 71,7 dB(A) o  $L_{10}$  para o total do dia

O quadro geral deste ponto indica que, comparado ao ponto 3, onde está localizado o Hospital da Cidade, ocorre aqui um aumento significativo nos níveis de ruído, pois a diferença entre as duas áreas é de 6,6 dB(A). Essa diferença demonstra o caráter mais comercial do ponto 4 em relação ao ponto 3, que é predominantemente rodeado de

residências. Também reflete a importância que o Hospital São Vicente tem para a cidade e cidades da região, onde o movimento de veículos é bem mais intenso do que o ponto 3.

A seguir, serão realizadas algumas comparações para o melhor entendimento dos dados monitorados.

#### 4.2.5 Comparação dos resultados

Para a melhor visualização dos resultados obtidos, abaixo está um quadro comparativo entre os quatro pontos monitorados com os níveis totais diários de ruído para cada área.

Tabela 17 – Comparação dos resultados diários dos quatro pontos monitorados

<b>Pontos</b>	<b>L<sub>eq</sub> do dia*</b>	<b>L<sub>10</sub> do dia*</b>	<b>L<sub>90</sub> do dia*</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Ponto 1 – Av. Brasil	73,2	80,1	65,0	4,84
Ponto 2 – Rua Moron	65,1	69,6	59,6	4,04
Ponto 3 – Rua Paissandu	65,0	67,7	57,1	4,60
Ponto 4 – Rua Teixeira Soares	71,6	71,7	56,7	5,60

\* Todos os valores estão expressos em dB(A).

A partir desses resultados, pode-se agora utilizar a equação (12) descrita por Gerges (1998), nas páginas 56 e 57, para o cálculo do nível de poluição sonora ( $L_{ps}$ ) nos pontos monitorados.

Relembrando:

$$L_{ps} = L_{eq} + K \times \sigma \text{ dB(A)} \quad [\text{cálculo do nível de poluição sonora}] \quad (12)$$

Onde:

$L_{ps}$  = nível de poluição sonora

$L_{eq}$  = nível de pressão sonora equivalente

$L_{10}$  = nível de pressão sonora percentual 10%

$L_{90}$  = nível de pressão sonora percentual 90%

$K$  = constante igual a 2,56, baseada na distribuição norma Gaussiana

$\sigma$  = Desvio Padrão em dB(A)

Tabela 18 – Resultados dos cálculos da equação

<b>Pontos</b>	<b>dB(A)</b>
Ponto 1 – Av. Brasil	85,6
Ponto 2 – Rua Moron	75,4
Ponto 3 – Rua Paissandu	76,8
Ponto 4 – Rua Teixeira Soares	85,9

Comparando os valores da tabela 14 com os valores do  $L_{eq}$  da tabela 13, constata-se que existe uma inversão na ordem dos pontos mais ruidosos. Exemplificando, analisando o ruído em função do  $L_{eq}$  do dia, a ordem decrescente em função do nível de ruído (do ponto mais ruidoso ao menos ruidoso) é a seguinte: Ponto 1, Ponto 4, Ponto 2 e Ponto 3.

Analisando agora o nível de poluição sonora somente em função da equação (12), temos o seguinte resultado em ordem decrescente (do mais ruidoso ao menos ruidoso): Ponto 4, Ponto 1, Ponto 3 e Ponto 2. Nota-se que na utilização da equação (12) existe uma inversão entre os níveis mais extremos, ou seja, entre os dois mais ruidosos e os dois menos ruidosos. Esse fato dá-se em função de que a equação adota a variável do desvio padrão, a qual demonstra a variabilidade dos níveis durante o período de medições. Esse índice estatístico diz que quanto maior seu valor, maior é a oscilação desses níveis durante o dia, ou seja, maior a poluição sonora.

Pode-se concluir então que, no ponto 4, segundo a equação (12), existe uma grande situação de *stop and go* dos veículos, causada pela demanda do Hospital São Vicente localizado em frente ao local onde o equipamento estava montado. Da mesma maneira, o ponto 1 teve seu desvio padrão menor (mas mesmo assim elevado) do que o ponto 4, em função das características atuais da Avenida Brasil, onde o trânsito ora perde sua fluência



ora se comporta como se estivesse em uma via expressa. Para os outros dois pontos pode-se fazer a mesma análise: enquanto que o ponto 2 obteve o menor desvio padrão em função da característica dos veículos que trafegam pela Rua Moron serem de pequeno porte, influenciando diretamente nos níveis monitorados, o ponto 3 caracterizou um desvio padrão um pouco maior em função das mesmas características encontradas no ponto 4, ou seja, a demanda de um hospital próximo ao ponto de medição.

Mesmo assim, a diferença entre esses níveis mais extremos continua sendo desprezível, podendo-se concluir que o nível de poluição sonora entre a Avenida Brasil e a Rua Teixeira Soares é praticamente igual, sendo que ocorre o mesmo entre a Rua Moron e a Rua Paissandu.

Encerradas as análises objetivas dos resultados nos quatro pontos monitorados, serão realizadas as discussões sobre os fatores que podem estar contribuindo para o aumento dos níveis de ruído no centro da cidade.

#### **4.3 ENTENDENDO QUALITATIVAMENTE O CLIMA ACÚSTICO DOS ESPAÇOS**

Vários estudos já comprovaram que a qualidade de vida dos cidadãos, dentre outros fatores, está também diretamente ligada à qualidade acústica dos espaços. Segundo Niemeyer & Santos (2001), os espaços urbanos, a partir do seu desenho, podem contribuir para a qualidade acústica das cidades. A forma de ocupação do espaço urbano pelo homem, construindo edifícios cada vez mais altos em função dos custos elevados do solo interfere diretamente na distribuição do som, provocando muitas vezes corredores sonoros (Niemeyer & Santos, 2001).

As características físicas do espaço urbano afetam nossa percepção sonora, influenciando no modo em que sentimos a qualidade daquele espaço. Assim, em função dos resultados obtidos pode-se, a seguir, traçar algumas considerações quanto à contribuição do entorno sobre os níveis de ruído monitorados.

### 4.3.1 Influência do entorno no comportamento do ruído urbano

Para avaliar a influência do entorno no comportamento do ruído urbano, serão analisados alguns elementos de composição urbana ponto a ponto, organizados da seguinte forma: largura da via, tipo de tráfego, tipo de pavimentação da via, tipo de pavimentação das calçadas, uso e ocupação do solo, composição das fachadas e vegetação. Posteriormente, serão traçadas algumas considerações sobre as análises realizadas.

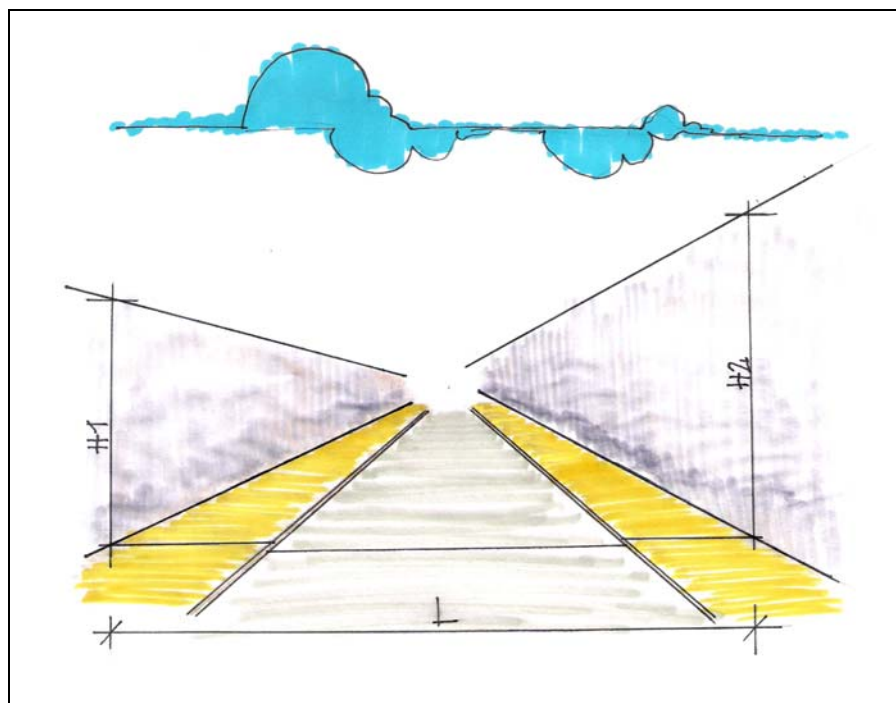
#### 4.3.1.1 Elementos do ponto 1

Analisando-se o ponto 1 (Avenida Brasil), o mais ruidoso segundo os resultados baseados no  $L_{eq}$  para o dia todo, tem-se:

- Largura da via: a Avenida Brasil possui uma largura de aproximadamente 40 metros no ponto onde foram monitorados os níveis de ruído diários. Essa largura inclui as duas vias, o canteiro central e os passeios, que possuem em média 4 metros cada;
- tipo de tráfego: o tráfego é composto de veículos leves (carros de passeio e motocicletas) e pesados (caminhões de pequeno, médio e eventualmente grande porte, micro-ônibus, ônibus urbanos e intermunicipais). Não é raro algum motorista descumprir a sinalização e trafegar com caminhões de grande porte pelo centro da cidade;
- tipo de pavimentação da via e estado de conservação: a via é asfaltada e seu estado de conservação é satisfatório, o que contribui para minimizar o ruído provocado pelo atrito dos pneus dos veículos sobre o asfalto;
- tipo de pavimentação das calçadas: os passeios são revestidos com basalto irregular, padronização adotada pela Prefeitura Municipal que está se estendendo para todos os bairros da cidade;
- uso e ocupação do solo (disposição e configuração dos edifícios): os índices urbanísticos do então Pano Diretor de Desenvolvimento Urbano propiciaram um

forte adensamento na área central. Um exemplo disso é a falta de recuos laterais dos edifícios, formando paredões contínuos de prédios no centro da cidade. Mesmo que a maioria dos edifícios ainda possua baixo gabarito, a área pode ser caracterizada segundo Niemeyer & Santos (2001), como um Espaço Acústico Fechado. Os autores comentam que

[...] Espaço Acústico Fechado é aquele no qual se estabelece um campo sonoro semi-reverberante. O ruído sofre diversas reflexões: o nível sonoro decai lentamente, sendo mais ou menos o mesmo em todos os pontos do espaço. A atenuação se processa pela perda de energia a cada reflexão ou quando a onda sonora encontra um ângulo de escape. Ao contrário do que ocorre no espaço aberto, o nível sonoro não depende apenas da distância fonte/receptor. Pode, porém, se modificar em função de outras variáveis, como a capacidade de absorção dos planos refletores. Para uma mesma fonte, a mesma distância, o nível sonoro percebido em um espaço acústico fechado é superior ao do espaço aberto por ser um somatório do som direto com as múltiplas reflexões. (NIEMEYER & SANTOS, 2001, P. 3).



Fonte: adaptado de Niemeyer & Santos, 2001, p. 6.

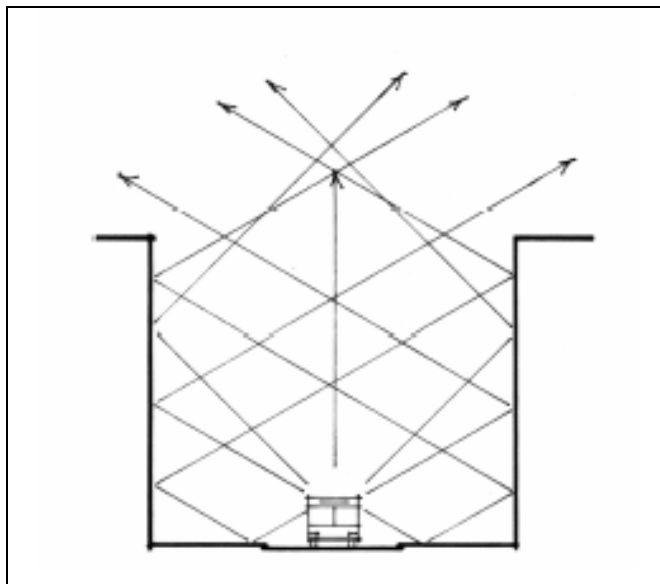
Figura 45 – Característica da Avenida Brasil, a Rua em “U”

Também se pode classificar, segundo os mesmos autores, o ponto 1 como uma rua em “U”, que é limitada, de ambos os lados, por edificações altas, coladas nas

divisas, formando barreiras contínuas. A relação entre a altura dos prédios e a distância entre

fachadas é superior a 0,2 ( $H/L > 0,2$ ). O campo acústico é semi-reverberante e as reflexões sobre as fachadas tem grande peso no nível sonoro total (ver figura 46). Quanto aos usos, pode-se dizer que existe um relativo descontrole, quase tudo é permissível. Na mesma área encontram-se residências próximas a estabelecimentos comerciais mais ruidosos como casas de som, que por sua vez ficam próximas a escritórios e consultórios médicos. A permissibilidade no que diz respeito à diferentes atividades comerciais na área, determina um grau maior de incomodidade sofrido pelos moradores da região;

- composição das fachadas: a predominância de materiais não porosos como o reboco liso pintado, o aço e o vidro são constantes e contribuem para o aumento da reverberação no ponto 1. O uso destes materiais propicia o aumento das reflexões entre os edifícios, prolongando o tempo de extenuação do som pelo ar. Quando o edifício possui características mais comerciais, as fachadas tendem a ser mais lisas com muito aço e vidro. Quando o edifício possui conotação mais residencial, sua fachada é mais recortada em função das sacadas que predominam neste tipo de edificação. Isto pode influenciar na distribuição do som pelo espaço, promovendo pequenas absorções das ondas sonoras em função dos elementos que compõem o interior destas sacadas;
- uso de vegetação: somente há vegetação no canteiro central, onde o gramado e as árvores, em sua maioria Ipês, influenciam pouco na absorção do ruído.



Fonte: Niemeyer & Santos, 2001, p. 3.

Figura 46 – Reflexões sucessivas entre os edifícios

#### 4.3.1.2 Elementos do ponto 2

Segundo as medições realizadas, este ponto foi considerado o menos ruidoso de todos os quatro pontos monitorados. Seguindo a metodologia de análise tem-se:

- Largura da via: a via possui em média 6 metros de largura, o que determina um fluxo mais lento de veículos, também ocasionado pelo já citado estacionamento paralelo em um dos lados da rua. Contando com os passeios que possuem 4 metros no ponto onde o equipamento foi montado, temos em média uma largura total de 14 metros de rua;
- tipo de tráfego: o tráfego é composto exclusivamente por veículos leves, e caminhões de pequeno porte. Esse fator foi determinante nos resultados das medições, pois o maior incremento nos níveis de ruído nos outros pontos se dá pelo tráfego de veículos pesados (caminhões de grande porte e ônibus municipais);

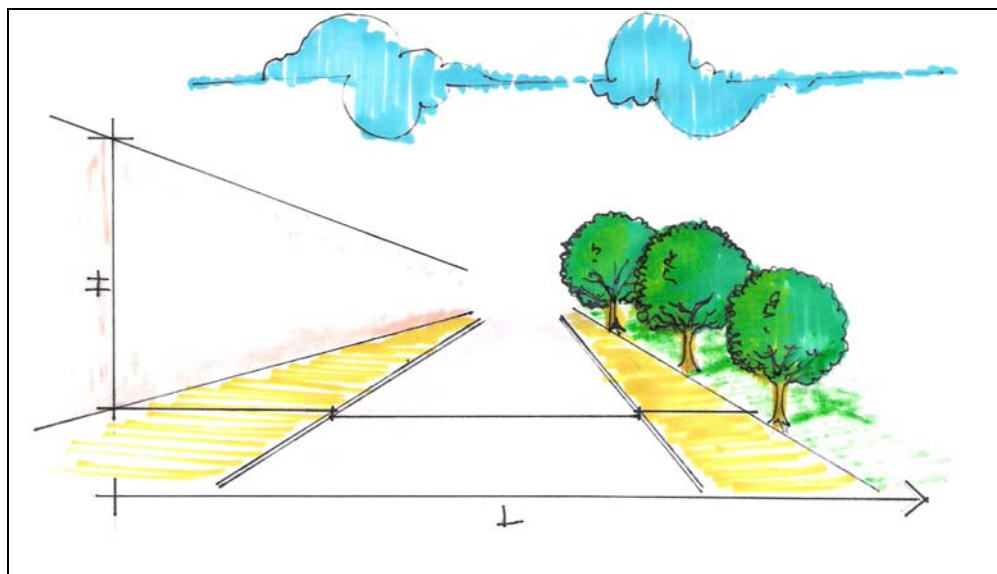
- tipo de pavimentação da via e estado de conservação: a via possui cobertura asfáltica e está em razoável estado de conservação, o que minimiza o nível de ruído de rolagem dos pneus dos veículos;
- tipo de pavimentação das calçadas: do mesmo modo que o ponto anterior, os passeios são revestidos com basalto irregular;
- uso e ocupação do solo (disposição e configuração dos edifícios): da mesma forma, a configuração das edificações segue o padrão da Avenida Brasil, sem recuos frontais e laterais, o que influi diretamente na qualidade acústica do espaço em questão. A distância do eixo da via onde os veículos trafegam, com as fachadas dos edifícios alinhadas na testada dos lotes, altera significativamente os níveis de ruído recebidos nas fachadas e, conseqüentemente nos espaços interiores das edificações. Os usos também se assemelham aos da Avenida Brasil, com a predominância de edificações mistas, espaço comercial no térreo e moradias nos andares superiores. Igualmente aqui, a característica da rua é seu formato em “U”, o que propicia a formação do campo semi-reverberante. Salienta-se que, em função do pouco distanciamento entre as fachadas opostas, a construção de edifícios mais altos nessa área certamente propiciará um incremento nos níveis de ruído.
- composição das fachadas: os materiais utilizados são similares aos do ponto 1, podendo influenciar no aumento dos níveis de ruído através das sucessivas reflexões dos raios sonoros. Nesse caso específico, a combinação desses materiais com a situação de pouco gabarito da rua constitui-se em conjunto fundamental no que diz respeito ao aumento do tempo de atenuação do ruído pelo ar;
- uso de vegetação: a vegetação existente no local é composta por árvores de pequeno porte, existentes nos dois passeios. Vários estudos realizados demonstraram que para um maciço vegetal funcionar como barreira sonora é necessária uma grande quantidade de árvores, arranjas adequadamente. Segundo CETUR apud Sousa (2004), dados indicam que uma plantação densa, composta de folhagens de todos os níveis, atenua, no máximo, 1 dB(A) para cada 10 metros de espessura de plantação,

ou seja, para 100 metros de floresta densa, a atenuação obtida é de apenas 10 dB(A). No presente caso, a vegetação poderá servir como barreira psicológica para os moradores dos andares superiores dos edifícios, pois o fato da não visualização direta das fontes de ruído, em dados momentos, pode significar uma sensação subjetiva de incômodo menor;

#### 4.3.1.3 Elementos do ponto 3

Esse ponto mostra-se particularmente diferente dos dois pontos anteriormente analisados no que diz respeito à configuração do entorno da área de monitoramento. Seguindo metodologia de análise dos itens:

- Largura da via: a via possui em média 9 metros de largura, com passeios de 4 metros em média, totalizando um gabarito de rua de 25 metros. Aqui, deve-se fazer algumas considerações importantes. O tipo dessa rua difere-se das anteriores em



Fonte: adaptado de Niemeyer & Santos, 2001, p. 6.

Figura 47 – Rua em “L”

função de abrigar a Praça Antonino Xavier de Oliveira em um dos lados da via. Utilizando-se dos conceitos estabelecidos por Niemeyer & Santos (2001), pode-se

classificar a via analisada como sendo uma Rua em “L” (ver figura 50). Os autores comentam que quando os edifícios formam barreira apenas em um dos lados, ou se a relação entre a altura dos prédios e a distância entre fachadas é inferior a 0,2 ( $H/L < 0,2$ ), a propagação sonora aproxima-se do campo direto ou livre.

- tipo de tráfego: o tráfego é composto por veículos leves e caminhões de pequeno, médio e eventualmente grande porte, fator que influencia negativamente na qualidade acústica do espaço. A diferença principal para com os outros pontos já analisados está no fato de que a rua possui configuração em “L”, o que caracteriza o campo de propagação do ruído como sendo direto ou livre, propiciando uma extenuação mais rápida do ruído de tráfego no ambiente. Apesar das medições apontarem esta área como a terceira em ordem decrescente de contaminação acústica, já constatou-se anteriormente que os níveis monitorados estão acima do recomendado pelas normas vigentes para esse tipo de área, considerada sensível;
- tipo de pavimentação da via e estado de conservação: igualmente às outras vias analisadas, é revestida de asfalto em bom estado de conservação;
- tipo de pavimentação das calçadas: segue o padrão dos pontos anteriores, sendo revestidas de basalto irregular;
- uso e ocupação do solo (disposição e configuração dos edifícios): os edifícios possuem seu alinhamento nas testadas dos terrenos, sem recuos laterais, formando de um dos lados da via o já citado paredão, tendo ao outro lado a Praça Antonino Xavier de Oliveira. A área caracteriza-se pelo forte caráter residencial, fator que contribui para a redução dos níveis de ruído nesse local. Uma exceção se dá pelo fato de que existe no local uma loja de instalação de som e alarmes em automóveis, o que demonstra novamente a permissibilidade existente nos usos de uma área configurada como sensível ao ruído. Esse fato será detalhado no próximo item.
- composição das fachadas: em função da conotação predominantemente residencial, a maioria dos edifícios possui as fachadas típicas deste tipo de edificação, com



recortes em função das sacadas, o que pode contribuir com uma pequena parcela na absorção dos ruídos. Outra característica importante dessas edificações é o fato de que atualmente as esquadrias, em sua maioria de alumínio, possuem baixa qualidade de isolamento térmico e acústico, gerando desconforto aos usuários. Atualmente, com o aumento de produtos diferenciados no mercado, os edifícios residenciais estão utilizando cada vez mais revestimentos rústicos nas fachadas. Os espatulados e rebocos rústicos possuem maior rugosidade superficial, o que teoricamente, dependendo do tipo de produto, poderia contribuir para uma maior absorção sonora pela envoltória das edificações. É claro que disso ainda dependem estudos mais aprofundados e conclusivos.

- uso de vegetação: esse ponto é o mais privilegiado entre os quatro monitorados em função de sua vegetação. A praça Antonino Xavier abriga espécies variadas de árvores de pequeno, médio e grande porte, não conformando, porém, maciços arbóreos significantes a ponto de exercerem sobre o ruído de tráfego uma absorção relevante nos níveis de ruído, mas provavelmente suficiente para distorcer o espectro sonoro, tornando a ambiência acústica do entorno mais agradável.

#### **4.3.1.4 Elementos do ponto 4**

O último ponto a ser analisado foi considerado como o segundo mais ruidoso, equiparando-se aos níveis do ponto 1 (Avenida Brasil). A seguir serão complementadas as análises do entorno:

- Largura da via: a via possui em média 8 metros de largura, com tráfego em mão única no sentido centro-bairro. Somados os passeios que possuem em média 4,00 metros de largura, o total da rua é de 14,5 metros;
- tipo de tráfego: o tráfego é composto basicamente por veículos leves, caminhões de pequeno porte, ambulâncias e ônibus urbanos. Eventualmente caminhões maiores trafegam pela área. Aqui também o ruído de tráfego foi o maior contribuinte para a poluição sonora no ponto medido;

- tipo de pavimentação da via e estado de conservação: com a mesma cobertura asfáltica dos outros três pontos analisados, a pavimentação encontra-se em bom estado de conservação;
- tipo de pavimentação das calçadas: também é usado aqui o basalto irregular como material principal no revestimento dos passeios;
- uso e ocupação do solo (disposição e configuração dos edifícios): a configuração das edificações segue o padrão da Avenida Brasil e Rua Moron, sem recuos frontais e laterais, salvo o prédio do Hospital São Vicente (que possui recuo onde abriga um estacionamento) e o prédio da Faculdade de Medicina (de onde foram realizadas as medições) que possui recuo frontal para abrigar uma área de convivência para os alunos. As edificações existentes abrigam os mais variados serviços médicos, clínicas, consultórios, além de laboratórios e edifícios comerciais. Com formato em “U”, a rua como um todo propicia a reflexão dos raios sonoros, tornando a área bastante ruidosa;
- composição das fachadas: a característica principal dos edifícios do entorno é a utilização do vidro e dos perfis metálicos nas fachadas. Essa composição deve-se ao caráter comercial da área, o que pode ter alguma influência na distribuição do som pelo espaço, uma vez que os raios sonoros sofrem maior número de reflexões entre os prédios. O próprio prédio da Faculdade de Medicina possui essa característica de fachada envidraçada;
- uso de vegetação: a vegetação existente não configura representatividade no que diz respeito a alguma influência na atenuação dos níveis de ruído na área. Uma linha mais espessa de árvores encontra-se do lado de dentro do terreno do hospital (figura 44, pág. 90), no alinhamento da testada do terreno, servindo mais como barreira visual entre a rua e o hospital.

As análises do entorno demonstram uma homogeneidade no que diz respeito aos elementos compositivos do meio urbano nos quatro pontos monitorados. Pode-se dizer que,

basicamente, os espaços estudados possuem pouca qualidade acústica em função de 5 aspectos, a saber:

1. Os materiais utilizados nas vias e nos passeios são, em sua maioria, pouco absorventes, promovendo maior número de reflexões, aumentando assim o tempo de permanência do som no ar. O revestimento asfáltico pode ser considerado semi-absorvente devido à sua rugosidade, mas funciona mais efetivamente no controle do ruído absorvendo o atrito dos pneus dos veículos. Sabemos que uma via de paralelepípedos torna-se muito mais ruidosa neste quesito do que as vias revestidas com materiais betuminosos como o asfalto;
2. salvo o ponto 3, onde a vegetação da praça pode influir mais significativamente na absorção do som, determinando uma ambiência acústica menos reverberante, os outros pontos não apresentam vegetação representativa que possa promover o mesmo efeito sobre o campo acústico destes lugares;
3. de uma maneira geral, a forma das edificações, seus afastamentos frontais e laterais e o gabarito dos edifícios acabam sendo determinantes para a má qualidade do campo sonoro nos pontos estudados. A forma do lote acaba condicionando estas características construtivas que favorecem o aumento da reverberação entre os edifícios, mantendo o som por mais tempo no espaço. De mesmo modo os materiais utilizados nas fachadas são, em sua grande maioria, reflexivos, não promovendo a absorção necessária para um bom equilíbrio acústico;
4. não existe uma hierarquização aparente nas vias estudadas. Salvo a Rua Moron, que não permite o tráfego de ônibus e caminhões mais pesados, as outras vias comportam a circulação de, praticamente, todos os tipos de veículos;
5. existem problemas flagrantes no ordenamento do trânsito em Passo Fundo que acabam gerando maiores níveis de ruído, estas questões serão abordadas a seguir.

Concluídas as análises do entorno, a seguir serão identificadas as fontes que mais contribuem para o aumento dos níveis de ruído nos pontos monitorados.

#### **4.3.2 Identificação das fontes de maior contribuição para o ruído**

De uma maneira geral, o trânsito é, sem dúvida alguma, o principal agente identificado no processo de poluição sonora da cidade. Durante o monitoramento foi realizado um apanhado de dados buscando verificar mais pontualmente a contribuição individual de algumas fontes de ruído nos pontos medidos. Constatou-se que os veículos de maior contribuição para o aumento dos níveis de ruído são, em primeiro lugar, os veículos pesados como ônibus e caminhões, chegando a níveis entre 80 dB(A) e 85 dB(A). Dentre esses, os ônibus têm uma contribuição maior na poluição sonora em função da maior frequência nas vias, como também no número de paradas e arrancadas, aumentando a sensação de desconforto. A Prefeitura Municipal de Passo Fundo, através de convênio firmado entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS e a Universidade de Passo Fundo – UPF, está realizando o primeiro estudo sobre os problemas no trânsito da cidade. O estudo foi proposto com o objetivo de desenvolver o projeto de implantação da política municipal de tráfego, transporte e trânsito, mais especificamente na Avenida Brasil, onde constatou-se previamente alguns problemas que estão diretamente ligados ao aumento da poluição sonora na área central. Esses problemas, felizmente, são de fácil solução e começarão a ser resolvidos em janeiro de 2006. Em primeiro lugar, os semáforos não estão sincronizados, o que não permite que o trânsito ande mais fluentemente, obrigando assim o aumento no número de frenagens e arrancadas por parte dos veículos. Eles serão substituídos por sinalizadores eletrônicos, assim como as lombadas físicas serão substituídas por lombadas eletrônicas. O segundo ponto diz respeito à distância entre as paradas de ônibus no centro da cidade, onde algumas delas não estão a mais de 200 metros umas das outras, obrigando os ônibus urbanos a fazerem muitas frenagens e arrancadas, aumentando o nível de incômodo em função do ruído, além de dificultar a fluência do trânsito no centro da cidade. Esses aspectos ratificam os resultados encontrados nas medições quando se percebe que nos pontos onde os maiores níveis de ruído foram

encontrados, também foram obtidos os maiores desvios padrão, evidenciando a oscilação dos níveis durante o dia e a sensação de desconforto gerada por essa variabilidade.

Segundo Sousa (2004), os ônibus e caminhões diferem dos veículos leves em função do tipo de motor, movido a diesel, que impulsiona estes veículos, embora os de gasolina também sejam utilizados. Comenta a autora que uma importante característica de diferenciação é o processo de combustão, fazendo com que os caminhões movidos a diesel tenham maior flutuação de pressão nos cilindros, resultando em nível de ruído maior. Outra característica é que esses tipos de caminhão alcançam velocidades médias menores, o que determina uma contribuição maior de ruído de baixa frequência. Como o ruído de baixa frequência se propaga a grandes distâncias no tecido urbano, há a necessidade da regulamentação da circulação desses veículos na cidade, principalmente, durante a noite. No Brasil, os ônibus são montados sobre chassis de caminhões, fazendo com que sejam tão ruidosos quanto esses. Outra questão importante é a idade da frota, quanto maior a idade da frota, maiores são os níveis de ruído emitidos por ela.

Em segundo lugar estão os veículos leves, que dividem-se entre carros de passeio e motocicletas. As motocicletas emitem níveis de ruído que variam em função das classes desses veículos. Configuram-se em incômodo gerado em função dos escapamentos abertos sem silenciador, prática bastante comum entre os jovens, chegando a níveis entre 80 dB(A) e 90 dB(A) em média.

Os carros de passeio com motor desregulado e som alto certamente são agentes poluidores, enquanto que os carros de som com propagandas itinerantes têm uma contribuição, hoje na cidade, muito grande na degradação do clima acústico do centro. Os níveis de som desses carros chegaram nas medições a picos de 94 dB(A), o que provocava reações de incomodidade aparente muito grande nos transeuntes que desafortunadamente encontravam-se na trajetória de passagem dos mesmos. Também é interessante notar que os níveis de ruído em função dos carros de som aumentam na primeira quinzena do mês, quando a população recebe seus salários e conseqüentemente há mais dinheiro na praça. As lojas colocam estes veículos com mais frequência neste período contribuindo em grande parte para a degradação da qualidade do ambiente sonoro no centro de Passo Fundo.

Outra fonte identificada no entorno dos pontos de medição foram as lojas direcionadas ao público mais popular. Elas utilizam sistemas de som com as caixas voltadas

para a rua, onde o nível de ruído medido foi compatível muitas vezes com o ruído dos ônibus e caminhões, ultrapassando em determinadas situações os 80 dB(A). Essa atitude dos lojistas busca eliminar o efeito de mascaramento promovido pelo ruído dos veículos sobre o sistema de som das lojas.

Outro caso particular foi constatado no ponto 3, a 50 metros do Hospital da Cidade, onde existe uma loja de instalação de som e alarmes para automóveis (ver figura 48). Foi realizada uma medição dentro de um apartamento, próximo ao hospital, no momento em que os funcionários da loja aparentemente testavam um equipamento de som para um automóvel. A medição, em caráter expedito, foi somente com o intuito de verificar o nível de ruído emitido por essa fonte dentro do mesmo raio de distância do hospital. A tomada de dados foi feita com as janelas abertas seguindo o procedimento padrão da NBR 10152 e constatou-se, naquele momento, um nível de 82 dB(A) dentro do quarto da residência, ou seja, um nível extremamente alto para uma região que abriga um hospital em suas imediações.



Figura 48 – Fonte sonora relevante a 50 metros do hospital

Esse fato demonstra um descontrole na liberação de alvarás para áreas consideradas sensíveis ao ruído como essa. Como já comentado anteriormente, o corpo técnico das prefeituras tem pouco ou nenhum conhecimento sobre a área de controle de ruído, fato este que se expressa na Legislação Municipal e no Plano Diretor, que não contempla estes fatores como importantes instrumentos de gestão urbana. A maioria dos municípios relega estas questões a segundo plano por total falta de conhecimento técnico, o que acaba refletindo diretamente sobre a qualidade de vida dos cidadãos.



Figura 49 – Distância entre fonte e receptor

Uma gestão urbana consciente começa por um estudo sistematizado das questões fundamentais que compõem o meio ambiente urbano. A falta de subsídios para a tomada de decisões, muitas vezes acarreta soluções equivocadas, onde quase sempre, quem paga a conta é a população.

A seguir, serão abordadas as questões de zoneamento, usos e índices dos pontos estudados.

### 4.3.3 Considerações sobre o zoneamento, usos e índices da área central

Falando-se especificamente sobre o zoneamento do centro da cidade, os pontos monitorados localizam-se dentro de três áreas consideradas comerciais pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Passo Fundo de 1984, a saber: Zona Comercial 1 (ZC1), Zona Comercial 2 e Zona Comercial 3 (ZC3). De uma maneira geral, nessas três zonas encontra-se uma similaridade no que diz respeito à permissibilidade dos usos, ou seja, quase tudo é permissível. Dentro da classificação do Plano Diretor, existem três tipos de usos: conforme, permissível e desconforme. Há uma gama variada de usos com atividades diametralmente opostas no que concerne à emissão de ruídos que, segundo o Plano Diretor, podem conviver lado a lado. Não está explicitado no mesmo a preocupação direta com o nível de incômodo que uma atividade possa causar em relação à outra. Exemplificando, nas três zonas abrangidas pelo estudo, os usos conforme são praticamente os mesmos, a seguir descritos: usos 3, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 23, 24, 27 e 28. Os usos permissíveis comuns à ZC1 e ZC2 são os seguintes: 1, 21, 22 e 29. Os usos permissíveis comuns à ZC2 e ZC3 são: 1, 9, 16, 21, 22, 29, 31 e 35. E finalmente os usos permissíveis comuns às três áreas são: usos 1, 21, 22 e 29 (No Anexo B pode-se ver a relação completa dos usos com as respectivas descrições existentes no Plano Diretor).

Para que se entenda melhor, abaixo está a comparação de alguns tipos de usos conflitantes que podem conviver lado a lado na mesma zona, segundo o Plano Diretor:

Na ZC1, ZC2 e ZC3, por exemplo, podem conviver as seguintes atividades:

- Uso conforme tipo 3: Residencial Multifamiliar Vertical - edificações destinadas ao uso de uma família, em residências agrupadas verticalmente. Devem ser satisfeitas as exigências à Cota Ideal Máxima por dormitório ou, quando for o caso, à cota ideal máxima de terreno por unidade, segundo a zona;
- Uso permissível tipo 20: Serviços de diversões - estabelecimentos como: boliches, jogos eletrônicos, salões de festas e casas noturnas, boates, discotecas, e similares;



- Uso permissível tipo 21: Serviços de Educação e Cultura Tipo A - estabelecimentos de ensino de primeiro, segundo e terceiro grau.

Na ZC2 e ZC3 podem conviver os seguintes usos:

- Uso conforme tipo 3: Residencial Multifamiliar Vertical - edificações destinadas ao uso de uma família, em residências agrupadas verticalmente. Devem ser satisfeitas as exigências à Cota Ideal Máxima por dormitório ou, quando for o caso, à cota ideal máxima de terreno por unidade, segundo a zona;
- Uso permissível tipo 16: Serviços de reparação e conservação e oficinas Tipo A - estabelecimentos de prestação de serviços, como lavagem, lubrificação, reparação de artigos de madeira e de mobiliários, reparação de artigos de borracha, reparação e manutenção de veículos automotores, exclusive caminhões, máquinas de terraplenagem, tratores e demais máquinas de uso agrícola, funilaria;
- Uso permissível tipo 20: Serviços de diversões - estabelecimentos como: boliches, jogos eletrônicos, salões de festas e casas noturnas, boates, discotecas, e similares;
- Uso permissível tipo 21: Serviços de Educação e Cultura Tipo A - estabelecimentos de ensino de primeiro, segundo e terceiro grau.

Existem outras atividades conflitantes em termos de ruído passíveis de conviverem lado a lado, como no caso dos usos 22 e 23 que podem abrigar creches, escolas maternas e bibliotecas ao lado das atividades já descritas anteriormente. No item anterior, na página 106, comentou-se a respeito de um exemplo flagrante desta natureza onde coexistem a menos de 50 metros um hospital e uma loja de instalação de som em automóveis.

Outra questão importante são os índices urbanísticos, que acabam por definir diretamente qual o tipo de qualidade acústica que os espaços possuirão. Segundo Niemeyer e Santos (2001), 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 alterando a propriedade do campo sonoro gerado pela fonte. A característica de fita dos terrenos no centro da cidade são um exemplo claro deste aspecto. Em Passo Fundo, a maior taxa de ocupação para usos conformes, que é de 100% (para os pavimentos caracterizados como sub-solo, loja e sobreloja, até um limite de 7m contados a partir da soleira de entrada do prédio até a laje de forro da sobre loja), podendo o uso 12 ficar localizado acima do referido limite com até três pavimentos, localiza-se na mesma região que abriga o Hospital da Cidade. Da mesma maneira, há um grande número de usos conforme, que podem construir até 100% do terreno, o que acaba determinando os paredões já referidos nos itens anteriores. A segunda maior taxa de ocupação para usos conforme, que é de 75%, também está localizada em uma zona sensível, a ZC3, que abriga o Hospital São Vicente de Paulo. Igualmente aqui, o número de usos conforme que podem construir até 75% do terreno é bastante elevado (vide anexo B).

Conclui-se que, na ocasião dos estudos para o desenvolvimento do Plano Diretor de 1984, não houve uma preocupação em hierarquizar os usos em função das atividades ruidosas, o que na verdade, não era prática comum na maior parte dos países do mundo naquele tempo e muito menos no Brasil.

Feitas essas considerações, serão traçadas, a seguir, as conclusões do trabalho com algumas recomendações importantes formuladas a partir dos resultados obtidos e das análises elaboradas.

## CONCLUSÕES

### 5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O trabalho realizado constatou que a degradação sonora no centro de Passo Fundo já se faz presente, estando os níveis de ruído urbano ultrapassando os índices recomendáveis pela NBR 10151 e NBR 10152, assim como os valores recomendados pela Organização Mundial da Saúde – OMS. Mesmo nas áreas menos ruidosas, o  $L_{eq}$  do dia já ultrapassa o máximo recomendável para os tipos de área monitorados. Os valores de ruído de fundo ( $L_{90}$ ) apontam claramente para esta questão, se levarmos em conta que os resultados em todos os quatro pontos já estão acima dos 55 dB(A) recomendados pela OMS. Pode-se assim, associar o ruído de tráfego como agente direto na degradação sonora existente hoje no centro da cidade. Mesmo sabendo que os dados monitorados foram tomados em horários de pico, os resultados mostraram-se satisfatórios no que diz respeito à caracterização de um dia típico da semana na cidade, por abranger um número relevante de horas de contraste frente aos horários de pico, ou seja, aquelas horas imediatamente anteriores ou posteriores aos horários mais ruidosos, a saber, o horário das 07 às 08 da manhã ou o meio dia, por exemplo.

Outro fator importante a ser colocado é o fato de que a Legislação Municipal referente ao controle de ruído possui níveis máximos permissíveis acima das normas vigentes, tanto em nível nacional quanto internacional, havendo a necessidade de uma revisão da Lei Municipal 2.427 neste sentido.

Conclui-se então, que a metodologia utilizada para a tomada de dados referentes à poluição sonora no centro da cidade de Passo Fundo mostrou-se satisfatória, podendo ser adotada para uma futura ampliação do número de pontos a serem monitorados.

A seguir, serão traçadas algumas recomendações para contribuir com o processo de desenvolvimento da cidade de Passo Fundo, que servirão como elementos norteadores para o planejamento consciente desta e de outras cidades de porte médio.

## **5.2 RECOMENDAÇÕES PARA A CIDADE**

A falta de uma política clara de controle do ruído na cidade de Passo Fundo requer algumas recomendações para fins de contribuição com o desenvolvimento urbano do município. Essas recomendações são gerais, passando por questões urbanas, construtivas e educacionais, que podem ser aplicadas para cidades com as mesmas características, adaptando-as à realidade de cada município. Tais recomendações dividem-se em ações de controle de curto, médio e longo prazos, e estão listadas a seguir, não estando descritas, porém, em ordem de viabilidade:

### **a) Ações de curto prazo:**

- Abordar a questão da poluição sonora em Passo fundo como um problema de saúde pública;
- incluir o tema nas discussões do novo Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da cidade;
- realizar uma revisão da Legislação Municipal no que se refere aos parâmetros acústicos vigentes, para adequá-los a parâmetros que levem em conta a saúde e o bem estar da população;

- capacitar o corpo técnico dos órgãos públicos através de cursos de atualização e adquirir equipamentos que estejam dentro de padrões internacionais para instrumentação adequada de trabalho;
- fiscalizar mais efetivamente os estabelecimentos que estejam descumprindo as normas vigentes, assim como o trânsito, no que concerne aos níveis abusivos de som ;
- promover campanhas educacionais relativas à poluição sonora nas escolas e para a população em geral.

b) Ações de médio e longo prazo:

- Estabelecer um monitoramento constante do ruído na cidade, em diversos pontos, nas 24 horas do dia, a fim de se obter um levantamento mais completo dos níveis de pressão sonora. Uma boa solução para isto seria a instalação de relógios acústicos Relacus, iguais aos existentes em Curitiba –PR;
- confeccionar um mapa de ruídos para auxiliar na busca de soluções urbanísticas em nível municipal, servindo como ferramenta de planejamento;
- iniciar a construção de um banco de dados urbanísticos, a ser atualizado permanentemente, compreendendo estudos que abranjam as mais diversas áreas do conhecimento dentro do ambiente urbano. Esse banco serviria como subsídio para a tomada de decisões por parte do poder público;
- realizar um estudo criterioso do meio urbano com uma hierarquização dos usos em função das fontes de ruído;
- estabelecer parcerias entre a Prefeitura Municipal e a Universidade para o desenvolvimento de pesquisas relativas ao controle mais efetivo do ruído na cidade.

### 5.2.1 Recomendações construtivas

Neste momento não se pode deixar de traçar alguns comentários a respeito das técnicas construtivas utilizadas nas edificações atuais. Segundo Niemeyer e Slama (1998), quase todo o conhecimento relativo ao controle de ruído urbano é originário de países de clima temperado ou frio. Dizem os autores que existe uma enorme carência de estudos sistemáticos do ruído em cidades de clima tropical, tanto no âmbito da legislação sonora quanto no das soluções arquitetônicas.

Em função da grande concorrência no mercado imobiliário, as construtoras necessitam baratear os custos das edificações tornando-as mais acessíveis para o público, o que implica no uso de materiais mais baratos e leves, de pouca massa, assim como esquadrias de má qualidade que não funcionam nem térmica nem acusticamente. Em função desses fatores, os edifícios estão cada vez mais permeáveis ao ruído, tanto no âmbito do isolamento ao ruído exterior, quanto no âmbito do isolamento àqueles propagados no interior da edificação. É crescente a reclamação de usuários quanto à permeabilidade térmica e acústica dos seus apartamentos, o que acaba por definir o baixo padrão de conforto existente hoje nas unidades em geral.

De acordo com os dados obtidos nas medições dos quatro pontos centrais, pôde-se estabelecer um parâmetro referencial mínimo de isolamento acústico para os fechamentos externos das edificações nessas áreas, como se vê a seguir.

Nas residências utilizou-se como parâmetro o ambiente mais crítico em relação ao conforto acústico, ou seja, o quarto. Segundo a NBR 10152, o nível sonoro limite aceitável para o conforto no quarto de uma residência é de 45 dB(A), devendo, portanto, haver um isolamento que proporcione uma permeabilidade de ruído não superior a estes 45 dB(A). Levando-se em conta que o ruído na Avenida Brasil teve o maior  $L_{eq}$  entre 08 e 09 horas, com um valor de 74,5 dB(A), pode-se dizer que, para que se alcance um isolamento satisfatório, seria necessário um fechamento com um índice de isolamento de 29,5 dB(A).

Esse índice, que pode ser arredondado para 30 dB(A) por questões práticas, pode ser utilizado para os outros dois pontos que obtiveram índices menores de ruído, a saber, a Rua Moron e a Rua Paissandu.

Para a Rua Teixeira Soares, onde o Hospital São Vicente de Paulo requer o mesmo índice dos dormitórios, 45 dB(A) segundo a NR 10152, foi encontrado o maior  $L_{eq}$  entre às 17 e 18 horas, com um nível de 75,8 dB(A). Necessita-se, portanto, de um índice de isolamento mínimo de 30,8 dB(A) para atingir o nível de conforto necessário, obtendo, enfim, um índice global de 31 dB(A) que poderia ser utilizado como parâmetro para todos os quatro pontos. Segundo a NBR 10152, utilizando o Nível Critério de correção, seria necessário o acréscimo de mais 5 dB neste valor, o que levaria a um índice final de isolamento de 36 dB(A). Esse índice é considerado bem alto, o que leva à conclusão que seriam necessários fechamentos com massa considerável e esquadrias estanques para o alcance de níveis satisfatórios de conforto.

É claro que essas colocações exigem maior grau de aprofundamento, pois existem outras variantes que podem intervir no isolamento de um fechamento como o tipo de frequência do ruído a ser isolado, o tipo de material do fechamento, assim como as condições de execução e de estanqueidade do fechamento e das esquadrias, entre outras.

### **5.3 OBJETIVOS ALCANÇADOS**

A pesquisa cumpriu sua proposição inicial constante no item 1.4 Objetivos, que visava identificar a situação de importantes pontos na área central da cidade de Passo Fundo quanto à adequação dos níveis de ruído gerados à Legislação Municipal e Federal, por meio do monitoramento dos níveis de pressão sonora de um dia típico da cidade durante os horários diurnos de pico. O trabalho iniciou uma tomada de dados em caráter exploratório, não existentes anteriormente, mas fundamentais a projetistas, que servirão como subsídios para futuras intervenções arquitetônicas e urbanísticas na cidade.

Também logrou êxito ao cumprir os objetivos, no sub-item 1.4.1 Objetivos específicos, quando caracterizou os níveis de pressão sonora no centro da cidade de Passo Fundo através dos indicadores ( $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{máx}$  e  $L_{mín}$ ), por meio do monitoramento dos quatro pontos selecionados. Os dados foram comparados com a Legislação Municipal e com as normas atuais, sendo analisados segundo sua adequação ao zoneamento, uso e ocupação do solo na área central. Através dos dados de  $L_{eq}$  par o dia todo, foi possível analisar o nível de poluição sonora no centro de Passo Fundo e compará-los com os

resultados dos dados obtidos na equação de  $L_{ps}$ , concluindo que os pontos estão com níveis de poluição acima do que as normas vigentes recomendam. Por fim, foram apontadas soluções urbanísticas e traçados alguns parâmetros para o controle de ruído baseados nas conclusões formuladas.

#### 5.4 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

A título de contribuição, em futuros trabalhos nessa área seria muito interessante um estudo mais abrangente no que diz respeito ao ruído, aumentando o número de pontos monitorados e levando em conta as frequências do ruído urbano para uma avaliação qualitativa, o que não foi possível realizar em função das limitações do equipamento.

Também não foi possível avaliar o ruído em função de parâmetros como a declividade e classificação das vias e dos tipos de veículos, em função da falta destes dados na cidade. Uma pesquisa neste sentido seria muito positiva e contribuiria com mais subsídios para novas pesquisas nessa área.

Seria interessante também, uma pesquisa que avaliasse a percepção subjetiva dos transeuntes e moradores da área estudada, através de questionários, que pudessem fornecer mais subsídios para a avaliação do nível de incomodidade nessas pessoas.

Outra sugestão seria a aquisição por parte da Universidade do software SOUNDPLAN 6.1, que serve não somente para o monitoramento acústico como da poluição do ar, assim como da aquisição de um sonômetro mais moderno como os da marca Brüel & Kjaer, com a opção de leitura de bandas de oitavas e de terços de oitavas.

De uma maneira mais geral, seria extremamente importante a realização de uma pesquisa para o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação do ambiente urbano, que pudesse ser utilizada por pesquisadores das mais diversas áreas e que fornecesse dados passíveis de comparação, pois os diferentes métodos de abordagem acabam dificultando essa questão. Isso possibilitaria a implementação de um banco de dados nacional, de livre acesso, onde os pesquisadores pudessem basear suas pesquisas ao mesmo tempo em que esse banco pudesse ser alimentado periodicamente com novos dados, elevando o grau de troca de informações no país.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNTa. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-1015: Acústica-Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade-Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ABNTb. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-10152: Acústica-Avaliação do ruído em recintos de edificações visando o conforto dos usuários - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABNTc. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-12.179: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ANSI, 2001– AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE. Specification of Sound Level Meters - ANSI S1.4-1983 (R 2001) with Amd.S1.4A-1985.

ARozTEGUI, José Miguel. Notas de aula da disciplina de Conforto Ambiental III, UFRGS, 1979.

BARBISAN, A.; ALVES, G. M.; CORAZZA, J.; MTIOTTI, L. M. L. V. M. Poluição Sonora, capítulo 6. Primeira coletânea de trabalhos da disciplina (DHDP17), Gases, ruídos e vibrações. Organizado por: PIRES, M. Universidade de Passo Fundo, 2002.

BECHTEL, Robert B. Environment and Behavior: An Introduction. Thousand Oaks: SAGE Publications. Inc., 1997.

BISHOP, D. E.; SCHOMER, P. D. Community noise measurements, Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control. Editado por: C. M. Harris. New York: McGraw-Hill, 1991.

BRASIL, 1990a. CONAMA - Resolução n.º 001 de 08 de março de 1990. "Dispõe sobre critérios e padrões de emissão de ruídos, das atividades industriais" - Data da legislação: 08/03/1990 - Publicação DOU: 02/04/1990. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0190.html> Acesso em 23/10/2004.

BRASIL, 1990b. CONAMA - Resolução n.º 002 de 08 de março de 1990. "Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora - SILÊNCIO" - Data da legislação: 08/03/1990 - Publicação DOU: 02/04/1990. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0190.html>. Acesso em 23/10/2004.

BRASIL, 1993a. CONAMA - Resolução n.º 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" - Data da legislação: 31/08/1993 - Publicação DOU: 01/10/1993. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0190.html>. Acesso em 23/10/2004.

BRASIL, 1994a. CONAMA - Resolução n.º 020 de 07 de dezembro de 1994. "Institui o Selo Ruído, como forma de indicação do nível de potência sonora, de uso obrigatório para aparelhos eletrodomésticos" - Data da legislação: 07/12/1994 - Publicação DOU: 30/12/1994 Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0190.html>. Acesso em 23/10/2004.

BRASIL, 1995a. CONAMA - resolução n.º 017 de 13 de dezembro de 1995. "Ratifica os limites máximos de emissão de ruído por veículos automotores e o cronograma para seu atendimento previsto na Resolução CONAMA n.º 008/93 (art. 20), que complementa a Resolução n.º 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados" - Data da legislação: 13/12/1995 - Publicação DOU: 29/12/1995. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0190.html>. Acesso em 23/10/2004.

BRASIL, 2004a. Ministério do Trabalho - Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego. NR-15, anexos 1 e 2. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/empregador/segsau/legislacao/normasregulamentadoras/normas/conteudo/nr15/default.asp> Acesso em 07/06/2004.

BRASIL, 2005a. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. PPA/2004/2007 – Órgão/Programas/Objetivo. Disponível em: [http://www.planobrasil.gov.br/emconstrucao/pdf/Rel\\_OrgaoProgramas.pdf](http://www.planobrasil.gov.br/emconstrucao/pdf/Rel_OrgaoProgramas.pdf). Acesso em: 18/08/2005.

BRÜEL & KJAER SOUND & VIBRATION MEASUREMENT A/S. Measurement Sound. Denmark: KLarsen & Son, 1984.

BRÜEL & KJAER SOUND & VIBRATION MEASUREMENT A/S. Environmental Noise. Denmark: KLarsen & Son, 2001.

CADERNO DE MEIO AMBIENTE. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 1999.

CE, 1996. Política Futura de Luta contra o Ruído - Livro Verde da Comissão Européia. Bruxelas, 1996.

CE, 2002. DIRECTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Bruxelas, 2002.

CONTRAN - CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Resolução n.º 448/71

COSTA, Ennio Cruz da. Acústica Técnica. São Paulo: Edgar Blücher, 2003.

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

CUNHA, Eduardo Grala da. Curso de Acústica arquitetônica. ABC do Conforto Acústico In: Programa de Atualização Profissional – PAP- CREA – RS, 2003.

DE BORTOLI, Paulo Sérgio. Análise da Poluição Sonora Urbana em Zoneamentos Distintos da Cidade de Curitiba. Dissertação de mestrado, PPGTE/CEFET, Paraná, 2002.

DE MARCO, C. S. Elementos de acústica arquitetônica. São Paulo: Nobel, 1982.

DETRAN, 2005 – DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO. Frota de Veículos por Tipo. Disponível em: <http://www.detran.rs.gov.br/>. Acesso em 17/07/2005.

DGA/MA, 1999. Relatório de Estado do Ambiente 1998. Direção Geral do Ambiente, Ministério do Ambiente, Lisboa. Disponível em: <http://www.iamambiente.pt/rea99/rea99.htm>. Acesso em: 23/05/2005.

DOELLE, Leslie L. Environment acoustics. London: McGraw-Hill, 1972.

DOT - DEPARTMENT OF TRANSPORT – Welsh Office. Calculation of Road Traffic Noise. London: HMSO, 1988.

GELPI, Adriana. Impactos do Transporte no Meio Ambiente Urbano – O caso de Porto Alegre. Dissertação de mestrado, PROPAR/UFRGS, Rio Grande do Sul, 1994.

GELPI, Adriana ; GOSCH, L. R. M. ; KALIL, R. M. L. . Avenida Brasil: do comércio tropeiro ao shopping center. In: I Colóquio Internacional sobre o comércio e cidade: uma relação de origem, 2005, São Paulo. Anais do I Colóquio Internacional sobre o Comércio e Cidade, 2005.

GERGES, Samyr N.Y. Ruído: fundamentos y control. Florianópolis: UFSC, 1998.

GOSCH, Luiz Roberto Medeiros; Passo Fundo: De Saturnino de Brito ao Mercosul. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRJ. Rio de Janeiro, 2002.

IA, 2004 – INSTITUTO DO AMBIENTE, PORTUGAL. O Ruído e a Cidade - Tradução a partir do original em francês: Le bruit et la ville. - Paris: Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire, 1978.

IBGE, 2005 – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados Populacionais da cidade de Passo Fundo - RS. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 09/09/2005.

IEC, 2002 - INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Electroacoustics – Sound Level Meters – Part 1: Specifications. IEC 61672-1 Ed. 1.0 b:2002

IEC, 2003 - INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Electroacoustics – Sound Level Meters – Part 2: Pattern Evaluation Tests. IEC 61672-2 Ed. 1.0 b:2003

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.

JOSSE, R. La Acústica en la Construcción. Barcelona: Gustavo Gili, S.A. 1975.

KALIL, Rosa Maria Locatelli et al. Migração e urbanização: o caso da região de Passo Fundo. In: DAL MORO, S. M.; KALIL, R.M.L. ; TEDESCO, J. C. Urbanização, exclusão e resistência. Passo Fundo: Ediupf, 1998.

LUZ, Sabrina Vieira da. Ruído em Ambientes de Lazer. Disponível em: [www.eps.ufsc.br/ergon/revista/artigos/sabrina.pdf](http://www.eps.ufsc.br/ergon/revista/artigos/sabrina.pdf). Acesso em: 13/09/2003.

MAIA, Marco Antônio Lopes. Contribuição ao Mapeamento do Ruído Urbano na cidade de Porto Alegre. Dissertação de mestrado, PPGEC/UFRGS, Rio Grande do Sul, 2003.

MEDEIROS, Luana Bernardines. Ruído: Efeitos extra-auditivos no corpo humano. 1999.36 p. Monografia (Especialização em Audiologia Clínica) – Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica, CEFAC. 1999.

MOSCI, A. S.; DINIZ, J. L. C. P. Estudo da Exposição ao ruído: Impacto no policial militar do Batalhão de Trânsito. In: Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais – QOS/97. Belo Horizonte, 1997. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/lpf/2-21.html>> Acesso em: 16/09/2003.

NUDELMANN, A.; COSTA, E. A.; SELIGMAN, J.; IBÁÑEZ, R. N. PAIR: Perda auditiva inducida pelo ruído. Porto Alegre: Bagagem, 1997.

NYEMEYER, M. L.; SANTOS, M. J. de Oliveira. Qualidade Acústica no Espaço Urbano. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Pedro: em *Anais*, p. 1.

NYEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. O Ruído na Cidade: Elementos do Ruído Urbano. In: Arquitetura: Pesquisa & Projeto. Rio: Pró-Editores. UFRJ, 1998.

OLIVEIRA, Francisco Antônio Xavier. Annaes do município de Passo Fundo – Aspecto Geográfico. Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo: Gráfica da UPF, 1990.

OLIVEIRA, Maria da Piedade Gomes de. Et al. Planejando o Meio Ambiente Acústico Urbano: uma abordagem baseada em SIG. Disponível em : <<http://www.ip.pbh.gov.br/revista0201/ip0201piedade.pdf>> Acesso em: 27/10/2003.

PARMA, Leonardo. Manual Practico de Control de Ruído.

PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO – II PDDU. Prefeitura Municipal de Passo Fundo – RS, 1984.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE (SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE – SMAM). Cadernos de Meio Ambiente, 1999.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO (SECRETARIA MMUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE – SMAM). Dados de arquivo, 2001.

RELACUS. Acústica Urbana de Curitiba. Disponível em: <http://geocities.com/relacus/>. Acesso em: 16/07/2003.

SALIBA, Tuffi Messias. Manual prático de avaliação e controle de ruído – PPRA. São Paulo: LTr, 2000.

SANTOS, Ubiratan de Paula (org.). Ruído e Prevenção. São Paulo: Hucitec, 1999.

SANZ, Benjamín Garcia; GARRIDO, Francisco Javier. La Contaminación Acústica en Nuestras Ciudades. Fundación “La Caixa”, España, 2003.

SILVA, Pérides. Acústica Arquitetônica e Condicionamento de Ar. 3. ed. Belo Horizonte: EDTAL, 1997.

SOUSA, Denise da Silva de. Instrumentos de Gestão de poluição Sonora para a Sustentabilidade das Cidades Brasileiras. Tese de doutorado, COOPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; Et al. Bê-a-Bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura. Bauru, SP: L.C.L. de Souza, 2003.

UM, 2004 – UNIVERSIDADE DO MINHO. Apostila do Curso de Física II, capítulo 7 – Acústica. Portugal – PT, 2004. Disponível em: <http://www.arauto.uminho.pt/pessoas/lanceros/Material%20LEGI/Material%20%20LEGI/Acustica.pdf>. Acesso em: 08/03/2004.

UNAMA – Universidade da Amazônia. Comunicado Online. Disponível em: [http://www.unama.br/comunicado/comunicados\\_Anteriores/28.10.2002/noticias/mapaAcustico.html#](http://www.unama.br/comunicado/comunicados_Anteriores/28.10.2002/noticias/mapaAcustico.html#). Acesso em: 22/01/2004.

WHITE, Frederick A. Our acoustic environment. Chichester: Wiley, 1975.

WHO. Environmental Health Criteria 12 - Noise. World Health Organization, Genève, 1980.

ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J. A.; SCHUHLLI, R. B. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba. Disponível em: [www.demec.ufpr.br/laboratorios/laaica/artpublic.htm](http://www.demec.ufpr.br/laboratorios/laaica/artpublic.htm). Acesso em: 10/07/2004.

## **ANEXO A**

### **Análises estatísticas dos pontos monitorados**

Análises do ponto 1 – Avenida Brasil:

## ESTATÍSTICA DESCRITIVA

(das 07 às 08 horas):

Número de dados = 3600  
 Menor valor (min) = 53.7  
 Maior valor (max) = 87.9  
 Range (max - min) = 34.2  
 Soma dos dados = 254313.3  
 Média aritmética(M) = 70.64258  
 Lim.conf.inf.M(95%) = 70.44929  
 Lim.conf.sup.M(95%) = 70.83588  
 Desvio padrão = 5.91713  
 Variância = 35.01241  
 Coef.de variação(%) = 8.37615  
 Coef.de assimetria = -.21555  
 Coef.de curtose = -.35028

(das 08 às 09 horas):

Número de dados = 3600  
 Menor valor (min) = 56.6  
 Maior valor (max) = 91.9  
 Range (max - min) = 35.3  
 Soma dos dados = 256117.1  
 Média aritmética(M) = 71.14364  
 Lim.conf.inf.M(95%) = 70.96719  
 Lim.conf.sup.M(95%) = 71.32009  
 Desvio padrão = 5.40155  
 Variância = 29.17678  
 Coef.de variação(%) = 7.59246  
 Coef.de assimetria = .07173  
 Coef.de curtose = -.45643

(das 11 às 12 horas):

Número de dados = 3601  
 Menor valor (min) = 57.7  
 Maior valor (max) = 87.5  
 Range (max - min) = 29.8  
 Soma dos dados = 254883.8  
 Média aritmética(M) = 70.78139  
 Lim.conf.inf.M(95%) = 70.62149  
 Lim.conf.sup.M(95%) = 70.94130  
 Desvio padrão = 4.89568

Variância = 23.96770  
Coef.de variação(%) = 6.91662  
Coef.de assimetria = .10165  
Coef.de curtose = -.28122

(das 12 às 13 horas):

Número de dados = 3600  
Menor valor (min) = 57.5  
Maior valor (max) = 90.9  
Range (max - min) = 33.4  
Soma dos dados = 252628.5  
Média aritmética(M) = 70.17458  
Lim.conf.inf.M(95%) = 70.00799  
Lim.conf.sup.M(95%) = 70.34118  
Desvio padrão = 5.09981  
Variância = 26.00806  
Coef.de variação(%) = 7.26732  
Coef.de assimetria = .12111  
Coef.de curtose = -.36472

(das 13 às 14 horas):

Número de dados = 3600  
Menor valor (min) = 58.9  
Maior valor (max) = 87.2  
Range (max - min) = 28.3  
Soma dos dados = 254818.9  
Média aritmética(M) = 70.78303  
Lim.conf.inf.M(95%) = 70.63423  
Lim.conf.sup.M(95%) = 70.93182  
Desvio padrão = 4.55495  
Variância = 20.74757  
Coef.de variação(%) = 6.43509  
Coef.de assimetria = .20542  
Coef.de curtose = -.41942

(das 17 às 18 horas):

Número de dados = 3600  
Menor valor (min) = 61  
Maior valor (max) = 89.8  
Range (max - min) = 28.8  
Soma dos dados = 258124.8  
Média aritmética(M) = 71.70133  
Lim.conf.inf.M(95%) = 71.57113



Lim.conf.sup.M(95%) = 71.83154  
Desvio padrão = 3.98591  
Variância = 15.88748  
Coef.de variação(%) = 5.55905  
Coef.de assimetria = .31868  
Coef.de curtose = .10118

(das 18 às 19 horas):

Número de dados = 3601  
Menor valor (min) = 60.1  
Maior valor (max) = 92.7  
Range (max - min) = 32.6  
Soma dos dados = 257882.5  
Média aritmética(M) = 71.61413  
Lim.conf.inf.M(95%) = 71.47933  
Lim.conf.sup.M(95%) = 71.74894  
Desvio padrão = 4.12740  
Variância = 17.03542  
Coef.de variação(%) = 5.76339  
Coef.de assimetria = .24759  
Coef.de curtose = .29599

## Histograma de frequências do ponto 1

(07 às 08 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [53.7, 58.7)	56,2	103	0,0286111111111111	103	0,0286111111111111
2 [58.7, 63.7)	61,2	354	0,0983333333333333	457	0,1269444444444444
3 [63.7, 68.7)	66,2	868	0,2411111111111111	1325	0,3680555555555556
4 [68.7, 73.7)	71,2	1044	0,29	2369	0,6580555555555555
5 [73.7, 78.7)	76,2	986	0,2738888888888889	3355	0,9319444444444444
6 [78.7, 83.7)	81,2	214	0,0594444444444444	3569	0,9913888888888889
7 [83.7, 88.7)	86,2	31	0,0086111111111111	3600	1

(08 às 09 horas)

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [56.6, 61.6)	59,1	96	0,0266666666666667	96	0,0266666666666667
2 [61.6, 66.6)	64,1	669	0,1858333333333333	765	0,2125
3 [66.6, 71.6)	69,1	1164	0,3233333333333333	1929	0,5358333333333333
4 [71.6, 76.6)	74,1	1037	0,2880555555555556	2966	0,8238888888888889
5 [76.6, 81.6)	79,1	556	0,1544444444444444	3522	0,9783333333333333
6 [81.6, 86.6)	84,1	69	0,0191666666666667	3591	0,9975
7 [86.6, 91.6)	89,1	7	0,0019444444444444	3598	0,9994444444444444
8 [91.6, 96.6)	94,1	2	0,0005555555555556	3600	1

(11 às 12 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simple Absoluta	Simple Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [57.7, 62.7)	60,2	164	0,0455429047486809	164	0,0455429047486809
2 [62.7, 67.7)	65,2	849	0,235767842266037	1013	0,281310747014718
3 [67.7, 72.7)	70,2	1293	0,359066925853929	2306	0,640377672868648
4 [72.7, 77.7)	75,2	1009	0,280199944459872	3315	0,92057761732852
5 [77.7, 82.7)	80,2	254	0,0705359622327131	3569	0,991113579561233
6 [82.7, 87.7)	85,2	32	0,00888642043876701	3601	1

(12 às 13 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simple Absoluta	Simple Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [57.5, 62.5)	60	227	0,0630555555555556	227	0,0630555555555556
2 [62.5, 67.5)	65	917	0,2547222222222222	1144	0,3177777777777778
3 [67.5, 72.5)	70	1209	0,3358333333333333	2353	0,6536111111111111
4 [72.5, 77.5)	75	965	0,2680555555555556	3318	0,9216666666666667
5 [77.5, 82.5)	80	258	0,0716666666666667	3576	0,9933333333333333
6 [82.5, 87.5)	85	21	0,0058333333333333	3597	0,9991666666666667
7 [87.5, 92.5)	90	3	0,0008333333333333	3600	1

(13 às 14 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [58.9, 63.9)	61,4	195	0,0541666666666667	195	0,0541666666666667
2 [63.9, 68.9)	66,4	1112	0,308888888888889	1307	0,363055555555556
3 [68.9, 73.9)	71,4	1350	0,375	2657	0,738055555555556
4 [73.9, 78.9)	76,4	786	0,218333333333333	3443	0,956388888888889
5 [78.9, 83.9)	81,4	150	0,041666666666667	3593	0,998055555555556
6 [83.9, 88.9)	86,4	7	0,0019444444444444	3600	1

(17 às 18 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [61.0, 66.0)	63,5	225	0,0625	225	0,0625
2 [66.0, 71.0)	68,5	1375	0,381944444444444	1600	0,444444444444444
3 [71.0, 76.0)	73,5	1477	0,410277777777778	3077	0,854722222222222
4 [76.0, 81.0)	78,5	473	0,131388888888889	3550	0,986111111111111
5 [81.0, 86.0)	83,5	46	0,012777777777778	3596	0,998888888888889
6 [86.0, 91.0)	88,5	4	0,0011111111111111	3600	1

(18 às 19 horas):

Intervalo	Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1	[60.1, 65.1)	62,6	177	0,04915301305193	177	0,04915301305193
2	[65.1, 70.1)	67,6	1105	0,306859205776173	1282	0,356012218828103
3	[70.1, 75.1)	72,6	1595	0,442932518744793	2877	0,798944737572896
4	[75.1, 80.1)	77,6	648	0,179950013885032	3525	0,978894751457928
5	[80.1, 85.1)	82,6	65	0,0180505415162455	3590	0,996945292974174
6	[85.1, 90.1)	87,6	9	0,00249930574840322	3599	0,999444598722577
7	[90.1, 95.1)	92,6	2	0,000555401277422938	3601	1

Análises do ponto 2 – Rua Moron

## ESTATÍSTICA DESCRITIVA

(das 07 às 08 horas):

Número de elementos: 3601  
 Menor elemento: 47,9  
 Maior elemento: 84,5  
 Amplitude: 36,6  
 Número de classes: 8  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 57,9  
 Mediana (classe): 57,9415282392026  
 Moda (s): 56.1  
 Variância: 27,5137888117498  
 Desvio médio: 4,1227740975096  
 Desvio padrão: 5,24535878770459  
 Coeficiente de variação: 0,0900673482935432  
 Média aritmética: 58,2381838378228  
 Média aritmética (classe): 58,3005831713413  
 Média harmônica: 57,7894733792997  
 Média harmônica (classe): 57,8024842685963  
 Média geométrica: 58,0101403071693  
 Média geométrica (classe): 58,0480504013434

(das 08 às 09 horas):

Número de elementos: 3601  
 Menor elemento: 51,1  
 Maior elemento: 81,6  
 Amplitude: 30,5  
 Número de classes: 7  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 59,9  
 Mediana (classe): 59,9152369526095  
 Moda (s): 57.4; 58.8; 59.6  
 Variância: 18,9549284365453  
 Desvio médio: 3,38055969056084  
 Desvio padrão: 4,35372581090556  
 Coeficiente de variação: 0,0720961380997337  
 Média aritmética: 60,3877811718967  
 Média aritmética (classe): 60,4578172729797  
 Média harmônica: 60,0896429717453  
 Média harmônica (classe): 60,1201765615934  
 Média geométrica: 60,2362614706154

Média geométrica (classe): 60,2866749097333  
 Média quadrática: 60,5444776962003  
 Média quadrática (classe): 60,6338773406937

(das 11 às 12 horas):

Número de elementos: 3601  
 Menor elemento: 53,5  
 Maior elemento: 83,5  
 Amplitude: 30  
 Número de classes: 7  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 61,3  
 Mediana (classe): 61,4495614035088  
 Moda (s): 61.0; 61.3  
 Variância: 15,9297578542997  
 Desvio médio: 3,10120833324015  
 Desvio padrão: 3,99121007393744  
 Coeficiente de variação: 0,0646013818763106  
 Média aritmética: 61,782116078867  
 Média aritmética (classe): 61,8372674257151  
 Média harmônica: 61,5363658534024  
 Média harmônica (classe): 61,555080570045  
 Média geométrica: 61,6573568558034  
 Média geométrica (classe): 61,6943753102783  
 Média quadrática: 61,9108649699951  
 Média quadrática (classe): 61,9839450327399

(das 12 às 13 horas):

Número de elementos: 3601  
 Menor elemento: 51,3  
 Maior elemento: 80,2  
 Amplitude: 28,9  
 Número de classes: 6  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 58,9  
 Mediana (classe): 59,1352810239288  
 Moda (s): 59.7  
 Variância: 16,8658091980622  
 Desvio médio: 3,14575396803058  
 Desvio padrão: 4,10680036014197  
 Coeficiente de variação: 0,0690354840641705  
 Média aritmética: 59,4882532629825  
 Média aritmética (classe): 59,5289641766176  
 Média harmônica: 59,2215748336063  
 Média harmônica (classe): 59,2241443613862

Média geométrica: 59,3523161819554  
 Média geométrica (classe): 59,3741244340437  
 Média quadrática: 59,6298029665773  
 Média quadrática (classe): 59,6890173715335

(das 13 às 14 horas):

Número de elementos: 3601  
 Menor elemento: 52,5  
 Maior elemento: 78,5  
 Amplitude: 26  
 Número de classes: 6  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 60,6  
 Mediana (classe): 60,7187344294968  
 Moda (s): 59.6  
 Variância: 12,4158491545556  
 Desvio médio: 2,72911148674259  
 Desvio padrão: 3,52361308241351  
 Coeficiente de variação: 0,0577518971113018  
 Média aritmética: 61,012940849764  
 Média aritmética (classe): 61,0913635101361  
 Média harmônica: 60,8177022811491  
 Média harmônica (classe): 60,8582426355802  
 Média geométrica: 60,9140291873857  
 Média geométrica (classe): 60,9737305192957  
 Média quadrática: 61,1145756133683  
 Média quadrática (classe): 61,2112761481637

(das 17 às 18 horas):

Número de elementos: 3600  
 Menor elemento: 53  
 Maior elemento: 88,1  
 Amplitude: 35,1  
 Número de classes: 8  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 61,5  
 Mediana (classe): 61,4556895647614  
 Moda (s): 61.3  
 Variância: 14,9328913309252  
 Desvio médio: 2,956405277777777  
 Desvio padrão: 3,86430994239919  
 Coeficiente de variação: 0,0624318005444442  
 Média aritmética: 61,8965  
 Média aritmética (classe): 61,94861111111111  
 Média harmônica: 61,6670606887826



Média harmônica (classe): 61,6813238316801

Média geométrica: 61,7799691479689

Média geométrica (classe): 61,813155554346

Média quadrática: 62,0169771559011

Média quadrática (classe): 62,0880646966692

(das 18 às 19 horas):

Número de elementos: 3599

Menor elemento: 55,9

Maior elemento: 87,5

Amplitude: 31,6

Número de classes: 7

Intervalo de classe: 5

Mediana: 63,7

Mediana (classe): 63,8662132514261

Moda (s): 62.6; 63.0; 63.6

Variância: 10,4427986713003

Desvio médio: 2,4211017833131

Desvio padrão: 3,2315319387715

Coefficiente de variação: 0,0503813967117242

Média aritmética: 64,141372603501

Média aritmética (classe): 64,2168935815504

Média harmônica: 63,9870365883229

Média harmônica (classe): 64,0318033184592

Média geométrica: 64,0628989276785

Média geométrica (classe): 64,123250457294

Média quadrática: 64,2227029682576

Média quadrática (classe): 64,3129816678022

## Histograma de frequências do ponto 2

(07 às 08 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [47.9, 52.9)	50,4	575	0,159677867259095	575	0,159677867259095
2 [52.9, 57.9)	55,4	1215	0,337406276034435	1790	0,49708414329353
3 [57.9, 62.9)	60,4	1204	0,334351569008609	2994	0,831435712302138
4 [62.9, 67.9)	65,4	425	0,118022771452374	3419	0,949458483754513
5 [67.9, 72.9)	70,4	126	0,0349902804776451	3545	0,984448764232158
6 [72.9, 77.9)	75,4	49	0,013607331296862	3594	0,99805609552902
7 [77.9, 82.9)	80,4	6	0,00166620383226881	3600	0,999722299361289
8 [82.9, 87.9)	85,4	1	0,000277700638711469	3601	1

(08 às 09 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [51.1, 56.1)	53,6	528	0,146625937239656	528	0,146625937239656
2 [56.1, 61.1)	58,6	1667	0,462926964732019	2195	0,609552901971674
3 [61.1, 66.1)	63,6	1051	0,291863371285754	3246	0,901416273257428
4 [66.1, 71.1)	68,6	271	0,0752568730908081	3517	0,976673146348237
5 [71.1, 76.1)	73,6	64	0,017772840877534	3581	0,994445987225771
6 [76.1, 81.1)	78,6	19	0,00527631213551791	3600	0,999722299361289
7 [81.1, 86.1)	83,6	1	0,000277700638711469	3601	1

(11 às 12 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [53.5, 58.5)	56	724	0,201055262427104	724	0,201055262427104
2 [58.5, 63.5)	61	1824	0,506525965009719	2548	0,707581227436823
3 [63.5, 68.5)	66	830	0,230491530130519	3378	0,938072757567342
4 [68.5, 73.5)	71	179	0,049708414329353	3557	0,987781171896695
5 [73.5, 78.5)	76	38	0,0105526242710358	3595	0,998333796167731
6 [78.5, 83.5)	81	5	0,00138850319355735	3600	0,999722299361289
7 [83.5, 88.5)	86	1	0,000277700638711469	3601	1

(12 às 13 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [51.3, 56.3)	53,8	781	0,216884198833657	781	0,216884198833657
2 [56.3, 61.3)	58,8	1797	0,49902804776451	2578	0,715912246598167
3 [61.3, 66.3)	63,8	811	0,225215217995001	3389	0,941127464593169
4 [66.3, 71.3)	68,8	156	0,0433212996389892	3545	0,984448764232158
5 [71.3, 76.3)	73,8	41	0,0113857261871702	3586	0,995834490419328
6 [76.3, 81.3)	78,8	15	0,00416550958067204	3601	1

(13 às 14 horas):

Intervalo	Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1	[52.5, 57.5)	55	508	0,141071924465426	508	0,141071924465426
2	[57.5, 62.5)	60	2007	0,557345181893918	2515	0,698417106359345
3	[62.5, 67.5)	65	910	0,252707581227437	3425	0,951124687586781
4	[67.5, 72.5)	70	145	0,040266592613163	3570	0,991391280199944
5	[72.5, 77.5)	75	30	0,00833101916134407	3600	0,999722299361289
6	[77.5, 82.5)	80	1	0,000277700638711469	3601	1

(17 às 18 horas):

Intervalo	Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1	[53.0, 58.0)	55,5	482	0,133888888888889	482	0,133888888888889
2	[58.0, 63.0)	60,5	1907	0,529722222222222	2389	0,663611111111111
3	[63.0, 68.0)	65,5	954	0,265	3343	0,928611111111111
4	[68.0, 73.0)	70,5	216	0,06	3559	0,988611111111111
5	[73.0, 78.0)	75,5	30	0,0083333333333333	3589	0,996944444444444
6	[78.0, 83.0)	80,5	7	0,0019444444444444	3596	0,998888888888889
7	[83.0, 88.0)	85,5	3	0,0008333333333333	3599	0,999722222222222
8	[88.0, 93.0)	90,5	1	0,0002777777777777	3600	1

(18 às 19 horas):

Intervalo	Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1	[55.9, 60.9)	58,4	447	0,124201166990831	447	0,124201166990831
2	[60.9, 65.9)	63,4	2279	0,633231453181439	2726	0,75743262017227
3	[65.9, 70.9)	68,4	738	0,205056960266741	3464	0,962489580439011
4	[70.9, 75.9)	73,4	114	0,0316754654070575	3578	0,994165045846068
5	[75.9, 80.9)	78,4	16	0,00444567935537649	3594	0,998610725201445
6	[80.9, 85.9)	83,4	4	0,00111141983884412	3598	0,999722145040289
7	[85.9, 90.9)	88,4	1	0,000277854959711031	3599	1



Análises do ponto 3 – Rua Paissandu

## ESTATÍSTICA DESCRITIVA

(das 07 às 08 horas):

Número de elementos: 3601  
Menor elemento: 48,7  
Maior elemento: 88,7  
Amplitude: 40  
Número de classes: 9  
Intervalo de classe: 5  
Mediana: 60,9  
Mediana (classe): 60,8105308964317  
Moda (s): 61.0; 61.5; 64.5; 64.6  
Variância: 34,6526621416889  
Desvio médio: 4,73169253719443  
Desvio padrão: 5,88665118226729  
Coeficiente de variação: 0,0967712568510081  
Média aritmética: 60,8305748403222  
Média aritmética (classe): 60,8917522910303  
Média harmônica: 60,2740963224733  
Média harmônica (classe): 60,2977518775007  
Média geométrica: 60,5503149030044  
Média geométrica (classe): 60,5932865669833  
Média quadrática: 61,1146616981499  
Média quadrática (classe): 61,1928211081914

(das 08 às 09 horas):

Número de elementos: 3601  
Menor elemento: 53  
Maior elemento: 89,7  
Amplitude: 36,7  
Número de classes: 8  
Intervalo de classe: 5  
Mediana: 62,9  
Mediana (classe): 62,9264190609671  
Moda (s): 60.1  
Variância: 22,7797835246382  
Desvio médio: 3,75496920268295  
Desvio padrão: 4,77281714762238  
Coeficiente de variação: 0,0753240833972316  
Média aritmética: 63,3637600666482  
Média aritmética (classe): 63,4450152735351  
Média harmônica: 63,0200914547468  
Média harmônica (classe): 63,0713612367637

Média geométrica: 63,1894481518316  
 Média geométrica (classe): 63,2559987813662  
 Média quadrática: 63,5432100806054  
 Média quadrática (classe): 63,6386072060927

(das 11 às 12 horas):

Número de elementos: 3601  
 Menor elemento: 50,2  
 Maior elemento: 82,5  
 Amplitude: 32,3  
 Número de classes: 7  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 60,9  
 Mediana (classe): 61,0081180811808  
 Moda (s): 61.3  
 Variância: 21,4264533617202  
 Desvio médio: 3,68458403629279  
 Desvio padrão: 4,6288717158418  
 Coeficiente de variação: 0,0756786673995143  
 Média aritmética: 61,1648153290752  
 Média aritmética (classe): 61,210136073313  
 Média harmônica: 60,8247532760535  
 Média harmônica (classe): 60,8292075184741  
 Média geométrica: 60,993195173058  
 Média geométrica (classe): 61,0182400531549  
 Média quadrática: 61,3396701773152  
 Média quadrática (classe): 61,4049824212034

(das 12 às 13 horas)

Número de dados = 3600  
 Menor valor (min) = 48.6  
 Maior valor (max) = 80  
 Range (max - min) = 31.4  
 Soma dos dados = 218398.8  
 Média aritmética(M) = 60.66633  
 Lim.conf.inf.M(95%) = 60.52507  
 Lim.conf.sup.M(95%) = 60.80760  
 Desvio padrão = 4.32442  
 Variância = 18.70058  
 Coef.de variação(%) = 7.12820  
 Coef.de assimetria = .32385  
 Coef.de curtose = .21568



(das 13 às 14 horas):

Número de dados = 3600  
 Menor valor (min) = 50.7  
 Maior valor (max) = 78.2  
 Range (max - min) = 27.5  
 Soma dos dados = 222502.3  
 Média aritmética(M) = 61.80619  
 Lim.conf.inf.M(95%) = 61.68096  
 Lim.conf.sup.M(95%) = 61.93143  
 Desvio padrão = 3.83371  
 Variância = 14.69734  
 Coef.de variação(%) = 6.20279  
 Coef.de assimetria = .46407  
 Coef.de curtose = .47965

(das 17 às 18 horas)

Número de elementos: 3601  
 Menor elemento: 52,8  
 Maior elemento: 85,3  
 Amplitude: 32,5  
 Número de classes: 7  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 61,2  
 Mediana (classe): 61,3623409669211  
 Moda (s): 59.7; 60.3  
 Variância: 19,9494638696041  
 Desvio médio: 3,5240628721649  
 Desvio padrão: 4,46648227015446  
 Coeficiente de variação: 0,0722730135117064  
 Média aritmética: 61,8001388503193  
 Média aritmética (classe): 61,8273535129131  
 Média harmônica: 61,4915183569376  
 Média harmônica (classe): 61,48193032828  
 Média geométrica: 61,6436043523573  
 Média geométrica (classe): 61,6524957674276  
 Média quadrática: 61,9612869928434  
 Média quadrática (classe): 62,0066422658692

(das 18 às 19 horas):

Número de elementos: 3601  
 Menor elemento: 52,5  
 Maior elemento: 88,6  
 Amplitude: 36,1  
 Número de classes: 8

Intervalo de classe: 5  
Mediana: 62,3  
Mediana (classe): 62,2661623108666  
Moda (s): 61.6  
Variância: 18,9619889583141  
Desvio médio: 3,39703714008904  
Desvio padrão: 4,35453659512859  
Coeficiente de variação: 0,0696541090974504  
Média aritmética: 62,5165787281311  
Média aritmética (classe): 62,5798389336295  
Média harmônica: 62,2228661505018  
Média harmônica (classe): 62,2496227608896  
Média geométrica: 62,3682577887549  
Média geométrica (classe): 62,413331205242  
Média quadrática: 62,668008896665  
Média quadrática (classe): 62,7493083722372

## Histograma de frequências do ponto 3

(07 às 08 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [48.7, 53.7)	51,2	456	0,12663149125243	456	0,12663149125243
2 [53.7, 58.7)	56,2	859	0,238544848653152	1315	0,365176339905582
3 [58.7, 63.7)	61,2	1149	0,319078033879478	2464	0,68425437378506
4 [63.7, 68.7)	66,2	823	0,228547625659539	3287	0,912801999444599
5 [68.7, 73.7)	71,2	237	0,0658150513746182	3524	0,978617050819217
6 [73.7, 78.7)	76,2	62	0,0172174396001111	3586	0,995834490419328
7 [78.7, 83.7)	81,2	10	0,00277700638711469	3596	0,998611496806443
8 [83.7, 88.7)	86,2	4	0,00111080255484588	3600	0,999722299361289
9 [88.7, 93.7)	91,2	1	0,000277700638711469	3601	1

(08 às 09 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [53.0, 58.0)	55,5	394	0,109414051652319	394	0,109414051652319
2 [58.0, 63.0)	60,5	1427	0,396278811441266	1821	0,505692863093585
3 [63.0, 68.0)	65,5	1211	0,336295473479589	3032	0,841988336573174
4 [68.0, 73.0)	70,5	438	0,121632879755623	3470	0,963621216328798
5 [73.0, 78.0)	75,5	101	0,0280477645098584	3571	0,991668980838656
6 [78.0, 83.0)	80,5	26	0,0072202166064982	3597	0,998889197445154
7 [83.0, 88.0)	85,5	3	0,000833101916134407	3600	0,999722299361289
8 [88.0, 93.0)	90,5	1	0,000277700638711469	3601	1

(11 às 12 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [50.2, 55.2)	52,7	319	0,0885865037489586	319	0,0885865037489586
2 [55.2, 60.2)	57,7	1262	0,350458206053874	1581	0,439044709802833
3 [60.2, 65.2)	62,7	1355	0,376284365454041	2936	0,815329075256873
4 [65.2, 70.2)	67,7	536	0,148847542349347	3472	0,964176617606221
5 [70.2, 75.2)	72,7	99	0,0274923632324354	3571	0,991668980838656
6 [75.2, 80.2)	77,7	27	0,00749791724520966	3598	0,999166898083866
7 [80.2, 85.2)	82,7	3	0,000833101916134407	3601	1

(12 às 13 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [48.6, 53.6)	51,1	151	0,0419444444444444	151	0,0419444444444444
2 [53.6, 58.6)	56,1	1023	0,2841666666666667	1174	0,3261111111111111
3 [58.6, 63.6)	61,1	1530	0,425	2704	0,7511111111111111
4 [63.6, 68.6)	66,1	753	0,2091666666666667	3457	0,9602777777777778
5 [68.6, 73.6)	71,1	125	0,0347222222222222	3582	0,995
6 [73.6, 78.6)	76,1	17	0,0047222222222222	3599	0,9997222222222222
7 [78.6, 83.6)	81,1	1	0,0002777777777778	3600	1

(13 às 14 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [50.7, 55.7)	53,2	148	0,0411111111111111	148	0,0411111111111111
2 [55.7, 60.7)	58,2	1298	0,3605555555555556	1446	0,4016666666666667
3 [60.7, 65.7)	63,2	1630	0,4527777777777778	3076	0,8544444444444444
4 [65.7, 70.7)	68,2	454	0,1261111111111111	3530	0,9805555555555555
5 [70.7, 75.7)	73,2	62	0,0172222222222222	3592	0,9977777777777778
6 [75.7, 80.7)	78,2	8	0,0022222222222222	3600	1

(17 às 18 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [52.8, 57.8)	55,3	680	0,188836434323799	680	0,188836434323799
2 [57.8, 62.8)	60,3	1572	0,436545404054429	2252	0,625381838378228
3 [62.8, 67.8)	65,3	1005	0,279089141905026	3257	0,904470980283255
4 [67.8, 72.8)	70,3	274	0,0760899750069425	3531	0,980560955290197
5 [72.8, 77.8)	75,3	55	0,0152735351291308	3586	0,995834490419328
6 [77.8, 82.8)	80,3	13	0,0036101083032491	3599	0,999444598722577
7 [82.8, 87.8)	85,3	2	0,000555401277422938	3601	1

(18 às 19 horas):

Intervalo	Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1	[52.5, 57.5)	55	414	0,114968064426548	414	0,114968064426548
2	[57.5, 62.5)	60	1454	0,403776728686476	1868	0,518744793113024
3	[62.5, 67.5)	65	1299	0,360733129686198	3167	0,879477922799222
4	[67.5, 72.5)	70	347	0,0963621216328798	3514	0,975840044432102
5	[72.5, 77.5)	75	72	0,0199944459872258	3586	0,995834490419328
6	[77.5, 82.5)	80	13	0,0036101083032491	3599	0,999444598722577
7	[82.5, 87.5)	85	1	0,000277700638711469	3600	0,999722299361289
8	[87.5, 92.5)	90	1	0,000277700638711469	3601	1

Análises do ponto 4 – Rua Teixeira Soares

## ESTATÍSTICA DESCRITIVA

(das 07 às 08 horas):

Número de dados = 3600  
 Menor valor (min) = 49.1  
 Maior valor (max) = 89.5  
 Range (max - min) = 40.4  
 Soma dos dados = 23042  
 Média aritmética(M) = 64.00  
 Lim.conf.inf.M(95%) = 63.7  
 Lim.conf.sup.M(95%) = 64.  
 Desvio padrão = 6.87097  
 Variância = 47.21019  
 Coef.de variação(%) = 10.73  
 Coef.de assimetria = .40858  
 Coef.de curtose = -.12373

(das 08 às 09 horas):

Número de elementos: 3600  
 Menor elemento: 52,1  
 Maior elemento: 89,1  
 Amplitude: 37  
 Número de classes: 8  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 63,25  
 Mediana (classe): 63,3289562289562  
 Moda (s): 60.5  
 Variância: 31,7484257779938  
 Desvio médio: 4,51543402777776  
 Desvio padrão: 5,63457414344632  
 Coeficiente de variação: 0,0885921918743157  
 Média aritmética: 63,60125  
 Média aritmética (classe): 63,63611111111111  
 Média harmônica: 63,117614097499  
 Média harmônica (classe): 63,1251753668843  
 Média geométrica: 63,3569919704672  
 Média geométrica (classe): 63,3782330226649  
 Média quadrática: 63,8502827584446  
 Média quadrática (classe): 63,8986871713514

(das 11 às 12 horas):

Número de elementos: 3600  
 Menor elemento: 53,1  
 Maior elemento: 87,4  
 Amplitude: 34,3  
 Número de classes: 7  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 63,7  
 Mediana (classe): 63,9421913327882  
 Moda (s): 63.7  
 Variância: 25,8675515297458  
 Desvio médio: 4,0503207407407  
 Desvio padrão: 5,08601528996382  
 Coeficiente de variação: 0,0792400731388392  
 Média aritmética: 64,1848888888889  
 Média aritmética (classe): 64,2736111111111  
 Média harmônica: 63,7941525144837  
 Média harmônica (classe): 63,8537788065376  
 Média geométrica: 63,9875968809153  
 Média geométrica (classe): 64,0620207654194  
 Média quadrática: 64,3860258734593  
 Média quadrática (classe): 64,4884593465287

(das 12 às 13 horas):

Número de elementos: 3600  
 Menor elemento: 50,9  
 Maior elemento: 84,9  
 Amplitude: 34  
 Número de classes: 7  
 Intervalo de classe: 5  
 Mediana: 61,7  
 Mediana (classe): 61,9990009082652  
 Moda (s): 59.4  
 Variância: 33,9340890864748  
 Desvio médio: 4,68606370370369  
 Desvio padrão: 5,82529733888965  
 Coeficiente de variação: 0,0932214958597132  
 Média aritmética: 62,4887777777778  
 Média aritmética (classe): 62,5236111111111  
 Média harmônica: 61,9669640824275  
 Média harmônica (classe): 61,9757165290332  
 Média geométrica: 62,2244570839172  
 Média geométrica (classe): 62,2465495096227  
 Média quadrática: 62,7596367987508  
 Média quadrática (classe): 62,8065526482353



(das 13 às 14 horas):

Número de dados = 3600  
Menor valor (min) = 2.2  
Maior valor (max) = 84.3  
Range (max - min) = 82.1  
Soma dos dados = 231280.  
Média aritmética(M) = 64.  
Lim.conf.inf.M(95%) = 64  
Lim.conf.sup.M(95%) = 64  
Desvio padrão = 4.87746  
Variância = 23.78965  
Coef.de variação(%) = 7.5  
Coef.de assimetria = .1231  
Coef.de curtose = 7.69299

(das 17 às 18 horas):

Número de dados = 3601  
Menor valor (min) = 51.5  
Maior valor (max) = 107.4  
Range (max - min) = 55.9  
Soma dos dados = 233980.  
Média aritmética(M) = 64.  
Lim.conf.inf.M(95%) = 64  
Lim.conf.sup.M(95%) = 65  
Desvio padrão = 5.60495  
Variância = 31.41543  
Coef.de variação(%) = 8.6  
Coef.de assimetria = .6607  
Coef.de curtose = 2.11379

(das 18 às 19 horas)

Número de dados = 3600  
Menor valor (min) = 51.9  
Maior valor (max) = 85.8  
Range (max - min) = 33.9  
Soma dos dados = 232904  
Média aritmética(M) = 64  
Lim.conf.inf.M(95%) = 6  
Lim.conf.sup.M(95%) = 6  
Desvio padrão = 5.36549  
Variância = 28.78849  
Coef.de variação(%) = 8.  
Coef.de assimetria = .399  
Coef.de curtose = .24396

## Histograma de frequências do ponto 4

(07 às 08 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [49.1, 54.1)	51,6	252	0,07	252	0,07
2 [54.1, 59.1)	56,6	666	0,185	918	0,255
3 [59.1, 64.1)	61,6	990	0,275	1908	0,53
4 [64.1, 69.1)	66,6	862	0,2394	2770	0,7694444444444445
5 [69.1, 74.1)	71,6	536	0,1488	3306	0,9183333333333333
6 [74.1, 79.1)	76,6	212	0,0588	3518	0,9772222222222222
7 [79.1, 84.1)	81,6	63	0,0175	3581	0,9947222222222222
8 [84.1, 89.1)	86,6	18	0,005	3599	0,9997222222222222
9 [89.1, 94.1)	91,6	1	0,0002	3600	1

(08 às 09 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [52.1, 57.1)	54,6	439	0,1219444444444444	439	0,1219444444444444
2 [57.1, 62.1)	59,6	1069	0,2969444444444444	1508	0,4188888888888889
3 [62.1, 67.1)	64,6	1188	0,33	2696	0,7488888888888889
4 [67.1, 72.1)	69,6	629	0,1747222222222222	3325	0,9236111111111111
5 [72.1, 77.1)	74,6	214	0,0594444444444444	3539	0,9830555555555556
6 [77.1, 82.1)	79,6	51	0,0141666666666667	3590	0,9972222222222222
7 [82.1, 87.1)	84,6	7	0,0019444444444444	3597	0,9991666666666667
8 [87.1, 92.1)	89,6	3	0,0008333333333333	3600	1

(11 às 12 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [53.1, 58.1)	55,6	369	0,1025	369	0,1025
2 [58.1, 63.1)	60,6	1225	0,340277777777778	1594	0,442777777777778
3 [63.1, 68.1)	65,6	1223	0,339722222222222	2817	0,7825
4 [68.1, 73.1)	70,6	592	0,164444444444444	3409	0,946944444444444
5 [73.1, 78.1)	75,6	162	0,045	3571	0,991944444444444
6 [78.1, 83.1)	80,6	24	0,00666666666666667	3595	0,998611111111111
7 [83.1, 88.1)	85,6	5	0,00138888888888889	3600	1

(12 às 13 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [50.9, 55.9)	53,4	428	0,118888888888889	428	0,118888888888889
2 [55.9, 60.9)	58,4	1130	0,313888888888889	1558	0,432777777777778
3 [60.9, 65.9)	63,4	1101	0,305833333333333	2659	0,738611111111111
4 [65.9, 70.9)	68,4	616	0,171111111111111	3275	0,909722222222222
5 [70.9, 75.9)	73,4	243	0,0675	3518	0,977222222222222
6 [75.9, 80.9)	78,4	75	0,0208333333333333	3593	0,998055555555556
7 [80.9, 85.9)	83,4	7	0,00194444444444444	3600	1

(13 às 14 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [51.5, 56.5)	54	71	0,0337612933903947	71	0,0337612933903947
2 [56.5, 61.5)	59	551	0,262006657156443	622	0,295767950546838
3 [61.5, 66.5)	64	921	0,437945791726106	1543	0,733713742272943
4 [66.5, 71.5)	69	402	0,191155492154066	1945	0,924869234427009
5 [71.5, 76.5)	74	136	0,0646695197337137	2081	0,989538754160723
6 [76.5, 81.5)	79	17	0,00808368996671422	2098	0,997622444127437
7 [81.5, 86.5)	84	5	0,00237755587256301	2103	1

(17 às 18 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simples Absoluta	Simples Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [51.5, 56.5)	54	162	0,044987503471258	162	0,044987503471258
2 [56.5, 61.5)	59	792	0,219938905859483	954	0,264926409330741
3 [61.5, 66.5)	64	1325	0,367953346292697	2279	0,632879755623438
4 [66.5, 71.5)	69	862	0,239377950569286	3141	0,872257706192724
5 [71.5, 76.5)	74	364	0,101083032490975	3505	0,973340738683699
6 [76.5, 81.5)	79	79	0,0219383504582061	3584	0,995279089141905
7 [81.5, 86.5)	84	12	0,00333240766453763	3596	0,998611496806443
8 [86.5, 91.5)	89	1	0,000277700638711469	3597	0,998889197445154
9 [91.5, 96.5)	94	1	0,000277700638711469	3598	0,999166898083866
10 [96.5, 101.5)	99	1	0,000277700638711469	3599	0,999444598722577
11 [101.5, 106.5)	104	1	0,000277700638711469	3600	0,999722299361289
12 [106.5, 111.5)	109	1	0,000277700638711469	3601	1

(18 às 19 horas):

Intervalo Classe	Ponto Médio	Simple Absoluta	Simple Relativa	Acumulada Absoluta	Acumulada Relativa
1 [51.9, 56.9)	54,4	221	0,0613888888888889	221	0,0613888888888889
2 [56.9, 61.9)	59,4	916	0,2544444444444444	1137	0,3158333333333333
3 [61.9, 66.9)	64,4	1265	0,3513888888888889	2402	0,6672222222222222
4 [66.9, 71.9)	69,4	871	0,2419444444444444	3273	0,9091666666666667
5 [71.9, 76.9)	74,4	256	0,0711111111111111	3529	0,9802777777777778
6 [76.9, 81.9)	79,4	55	0,0152777777777778	3584	0,9955555555555556
7 [81.9, 86.9)	84,4	16	0,0044444444444444	3600	1

## **ANEXO B**

### **Zoneamento, usos e índices dos pontos monitorados**

## **2.1 Usos extraídos do II PDDU – Plano Diretor de desenvolvimento Urbano da cidade de Passo Fundo**

### **2.1 Seção II**

#### **Dos Usos**

Art. 9º - O zoneamento urbano visa atribuir a cada setor usos específicos compatíveis com sua destinação.

§ 1º - Os usos serão considerados, para cada zona, como conformes permissíveis e desconformes.

§ 2º - Define-se como:

- uso conforme: é o que predomina na zona, dando-lhe a característica;
- uso permissível: é o que pode desenvolver-se na zona sem comprometer sua característica;
- uso desconforme: é o que não é permitido, por não estar conforme com as características da zona.

Art. 10 - Os usos conforme e permissíveis, segundo as diferentes zonas, serão os estabelecidos no Capítulo III desta Lei e no Quadro Anexo II.

Art. 11 - Para efeito desta Lei, consideram-se por definição, os seguintes usos (Quadro Anexo II):

Uso 1 - Residencial Unifamiliar - Edificações destinadas ao uso de uma família.

Uso 2 - Residencial Multifamiliar - condomínio horizontal e loteamento fechado - edificações destinadas ao uso residencial e dispostas horizontalmente, com espaços e instalações comuns às habitações do conjunto residencial devendo ser satisfeitas as exigências quanto a Cota Ideal Máxima de Terreno por unidade, segundo a Zona. A exigência com relação aos espaços e instalações comuns obedecerá aos seguintes critérios:

- a) conjunto compreendido até 06 (seis) unidades deve ser servido de espaço de utilização comum destinado ao lazer com, no mínimo, 15% da área total do conjunto;
- b) conjunto compreendido entre 7 a 25 unidades deve ser servido de espaço de destinação comum destinado ao lazer com, no mínimo, 20% da área total do conjunto;

- c) conjunto formado por mais de 25 unidades, deve ser servido de espaço de utilização comum destinado ao lazer com, no mínimo, 25% da área do total do conjunto; quanto aos espaços de circulação e a infraestrutura a ser implantada deve obedecer a Lei n.º 2.101, de 12 de junho de 1984.

Uso 3 - Residencial Multifamiliar Vertical - edificações destinadas ao uso de uma família, em residências agrupadas verticalmente. Devem ser satisfeitas as exigências à Cota Ideal Máxima por dormitório ou, quando for o caso, à cota ideal máxima de terreno por unidade, segundo a zona.

Uso 4 - Residencial Popular - edificações destinadas ao uso de uma ou mais famílias que por suas características de construção, materiais e dimensões destinam-se a habitação popular, conforme específica o Código de Obras vigente no Município de Passo Fundo.

Uso 5 - Comércio Varejista de utilização diária - estabelecimentos de venda diária ao consumidor de produtos alimentícios e de produtos de uso doméstico, como: açougues, fruteiras, padaria, armazém, mercados, mini-mercados e congêneres.

Uso 6 - Comércio Varejista de utilização periódica tipo A – estabelecimentos de venda direta periódica ao consumidor de produtos alimentícios como: bares, cafés, lancherias, restaurantes, confeitarias, bombonieres e congêneres.

Uso 7 - Comércio Varejista de utilização periódica tipo B – estabelecimentos de venda direta ao consumidor de gêneros de bens duráveis, como : perfumaria, calçados, artefatos de couro, artigos de vestuário, ferragens, material elétrico, tabacaria, revisteira, artigos lotéricos, supermercados, armarinhos, bijuterias, bazar, lazer, floricultura, e floristas.

Uso 8 - Comércio Varejista de utilização ocasional tipo A – estabelecimentos de venda direta ao consumidor, de bens duráveis, como: livraria, móveis e artigos de decoração, óticas, joalheiras, artigos fotográficos, eletrodomésticos, presentes, artesanatos e souvenirs, discos e fitas, funerária, artigos religiosos, artigos desportivos, artigos de plásticos e borracha, equipamento de som, instrumentos médico-hospitalares, material odontológico aparelhos ortopédicos e auditivos, equipamentos científicos e de laboratórios, antiguidades e brinquedos.

Uso 9 – Comércio Varejista de utilização ocasional Tipo B – estabelecimentos de venda direta ao consumidor de bens duráveis, como: peças e acessórios para veículos, artigos sanitários, materiais de construção, máquinas, aparelhos e equipamentos diversos, veículos, produtos agrícolas e veterinários, vidraçarias, equipamentos de segurança.



Uso 10 – Comércio Atacadista e Depósito Tipo A – estabelecimentos de venda por atacado, abastecedores do comércio varejista ou depósito das seguintes produtos: alimentícios, bebidas e fumo, vestuários e têxteis, peles e couros, papel, artigos para papelarias e gráficas, materiais ótico e cirúrgico, instrumentos musicais, mobiliários, objetos em geral, máquinas, veículos e equipamentos, produtos farmacêuticos, materiais de construção e outros.

*\*Lei Complementar N.º 62 de 06 de Novembro de 1998, modifica*

*disposições do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Lei Nº 2.133, de 13 de Dezembro de 1984 e revoga a lei complementar Nº 49, de 23 de Dezembro de 1996.*

*O uso 11, 12 e 29, passam a Ter a seguinte redação respectivamente:*

Uso 11 – O Comércio Atacadista e Depósitos Tipo B – estabelecimento de venda por atacado, abastecedores do comércio varejista ou depósitos dos seguintes produtos: minérios, metais, resinas, plásticos, borracha e depósitos de gás.

Uso 12 – Garagens coletivas – espaço de uma edificação destinado à guarda de veículos, exceto de transporte de carga e coletivo.

Uso 13 – Serviços Domiciliares e de Reparação – estabelecimentos de prestação de serviços pessoais como: conserto de calçados e artigos de couro, consertos de máquinas e aparelhos elétricos ou não, de uso pessoal ou doméstico, reparação de instalações elétricas, hidráulicas e de gás, reparação de artigos diversos, encadernação, pintura de placas e letreiros.

Uso 14 – Serviços Profissionais – escritórios de profissionais liberais, técnicos e universitários, profissionais autônomos.

Uso 15 - Serviços Pessoais - estabelecimentos de prestação de serviços pessoais, como: barbearias, salões de beleza, manicures, pedicures, massagistas, alfaiatarias, atelier de costura, bordado e tricô, confecções sob medida de calçados e demais artigos de couro, sauna, duchas, termas, laboratórios de análises clínicas, radiologia, ótica e prótese, estúdios fotográficos.

Uso 16 - Serviços de reparação e conservação e oficinas Tipo A - estabelecimentos de prestação de serviços, como lavagem, lubrificação, reparação de artigos de madeira e de mobiliários, reparação de artigos de borracha, reparação e manutenção de veículos automotores, exclusive caminhões, máquinas de terraplenagem, tratores e demais máquinas de uso agrícola, funilaria.

Uso 17 - Serviços de reparação e conservação, oficinas Tipo B - estabelecimentos de prestação de serviços, como serralheria, tornearia, niquelagem e cromagem, esmaltação, galvanização, retificação de motores, reparação e manutenção de veículos, caminhões, máquinas de terraplenagem, veículos de transportes, tratores e demais máquinas de uso agrícola.

Uso 18 - Serviços Domiciliares - estabelecimentos de prestação de serviços tais como: tinturarias e lavanderias, empresas de detetização, empresas de limpeza e vigilância, agência de locação de móveis, louças e semelhantes, serviços de biffet, serviços de ajardinamento.

Uso 19 - Serviços de alojamento - estabelecimentos de prestação de serviços, como: hotéis, motéis, casas de cômodos e pensão.

Uso 20 - Serviços de diversões - estabelecimentos como: boliches, jogos eletrônicos, salões de festas e casas noturnas, boates, discotecas, e similares.

Uso 21 - Serviços de Educação e Cultura Tipo A - estabelecimentos de ensino de primeiro, segundo e terceiro grau.

Uso 22 - Serviços de Educação e Cultura tipo B - estabelecimentos de ensino informal, como creches, escolas maternas centro de cuidados, jardim de infância ou pré-primário grau, escolas especiais.

Uso 23 - Serviços de Educação e Cultura Tipo C - estabelecimentos culturais, como: arquivos, auditorias, bibliotecas, cinemas, ligas e associações assistenciais e beneficentes, museus, teatros e salas de espetáculos.

Uso 24 - Serviços Médicos: ambulatórios, farmácias, drogarias e clínicas.

Uso 25 - Serviços Hospitalares: Hospitais.

Uso 26 - Serviços Veterinários: Clínicas veterinárias.

Uso 27 - Serviços Bancários - Escritórios, bancos, financeiras e similares.

Uso 28 - Serviço de comunicação - Rádio, jornal, televisão, etc.

*\*Lei Complementar N.º 62 de 06 de Novembro de 1998, modifica*

*disposições do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Lei Nº 2.133, de 13 de Dezembro de 1984 e revoga a lei complementar Nº 49, de 23 de Dezembro de 1996.*

*O uso 11, 12 e 29 , passam a Ter a seguinte redação respectivamente:*

Uso 29 - Postos de Serviços Tipo A - edificações destinadas a postos de abastecimento, lavagem, lubrificação, exceto de veículos destinados a transporte coletivo ou frota de veículos transportadores, e postos de revenda de gás, a varejo.

Uso 30 - Postos de Serviços Tipo B - edificações destinadas a postos de abastecimento, lavagem e lubrificação de veículos destinados a transporte coletivo ou de mercadorias componentes de frotas transportadoras.

Uso 31 - Serviços de Transporte - edificações destinadas a garagem e estacionamento de veículos de transporte coletivo ou de mercadorias componentes de frotas.

Uso 32 - Recreação Tipo A - áreas para atividades recreativas que não requeiram instalações permanentes.

Uso 33 - Recreação Tipo B - áreas para atividades recreativas com instalações permanentes.

Uso 34 - Hortifrutícola - atividades hortifrutícolas caracterizadas, como unidades produtivas com finalidades comerciais.

Uso 35 - Industrial Tipo A- indústrias cuja instalação não exceda a 200m<sup>2</sup>, de área construída e que não prejudique a segurança, o sossego e a saúde da vizinhança; que não ocasione movimento excessivo de pessoas e veículos e que não emitam gases e poeiras.

Uso 36 - Industrial Tipo B- indústrias cuja instalação seja superior a 200m<sup>2</sup> de área construída e que não prejudiquem a segurança, o sossego e a saúde da vizinhança; que não ocasione o movimento excessivo de pessoas e veículos, e que não emitam gases e poeiras.

Uso 37 - Indústria Tipo C - indústrias cuja área construída seja inferior a 200m<sup>2</sup> e que, por suas características ocasione demasiado movimento de pessoas e veículos; e prejudique a segurança, e o sossego da vizinhança, podendo emitir efluentes líquidos e atmosféricos dentro dos limites aceitáveis especificados pelos órgãos técnicos componentes.

Uso 38 - Indústria Tipo D - indústrias cuja área construída seja superior a 200m<sup>2</sup> e que, por suas características, ocasione demasiado movimento de pessoas e veículos, e prejudique a segurança e o sossego da vizinhança, podendo emitir efluentes líquidos e atmosféricos dentro dos limites aceitáveis especificados pelos órgãos técnicos componentes.

Uso 39 - Indústrias Tipo E- indústrias que, com qualquer área construída, possam determinar poluição hídrica, atmosférica e geração de resíduos sólidos, e que de um modo geral possam vir a ser prejudiciais à saúde pública.

Uso 40 - Industrial Tipo F - indústrias que, com qualquer área construída, possam emitir efluentes líquidos e atmosféricos dentro dos limites aceitáveis especificados pelos órgãos técnicos componentes, que possam determinar ruídos e trepidações.

§ 1º - Todo o uso ou atividade que, por sua natureza, possa constituir-se em perigo para a vida da vizinhança ou que apresente um grau de nocividade elevado, devera localizar-se fora da área urbana da sede municipal, sede dos distritos ou de núcleos urbanizáveis ou de expansão urbana, em área previamente designada pelo Executivo Municipal, aprovado pelo Conselho Diretor de Desenvolvimento Integrado, pelo Conselho Municipal do Meio Ambiente e pelo órgão de Controle Ambiental do Estado, o qual será transformado em área Industrial Especial, com limitações de usos e intensidade de ocupação constantes do Decreto que a regulamentar:

I - As indústrias classificadas como Tipo V, no quadro anexo III, estão enquadradas neste parágrafo.

II - As indústrias referidas já instaladas na área urbana poderão permanecer na

sua atual localização e ter sua área construída ampliada até o dobro da atual, desde que implantem projetos de prevenção de poluição aprovados pelo Órgão de Controle Ambiental do Estado.

§ 2º - Para os usos 35, 36, 37, 38, 39 e 40 deverão ser consideradas, além das especificações anteriores, as classificações constantes no quadro anexo III que definem que:

- nos usos 35 e 36 somente serão admitidas as indústrias do tipo I;
- nos usos 37 e 38 somente serão admitidas as indústrias do tipo II;
- no uso 39 somente serão admitidas indústrias do tipo III;
- no uso 40 somente serão admitidas indústrias do tipo IV.

§ 3º - As indústrias não referidas no quadro anexo III, deverão ser classificadas em um dos tipos constantes no referido quadro pelo Executivo Municipal, ouvidos o Conselho Diretor de Desenvolvimento, Integrado, o Conselho Municipal do Meio Ambiente e Órgão de Controle do Estado.

§ 4º - Todo uso não definido na presente Lei somente poderá ter sua implantação permitida pelo Executivo Municipal, ouvido o Conselho Diretor de Desenvolvimento Integrado e os Órgãos técnicos competentes, sendo respeitados para cada zona os seus índices máximos.

*\* Lei Complementar Nº40 de 19 de Dezembro de 1995 altera o Artigo 11, incluindo o Parágrafo 5º .*

§ 5º - Os usos 35, 36, 37, 38, 39 e 40 que pretenderam se implantar no Município fora do perímetro urbano, deverão Ter seus projetos aprovados pelo Poder Público.

### 1.4.1 CAPITULO III

#### **Dos índices Urbanos**

*\*Lei Complementar N.º 62 de 06 de Novembro de 1998, modifica disposições do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Lei Nº 2.133, de 13 de Dezembro de 1984 e revoga a lei complementar Nº 49, de 23 de Dezembro de 1996. O Artigo nº 14 da , Lei Nº 2.133, de 13 de Dezembro de 1984, passa a ter a seguinte redação:*

Art. 14 - Para cada zona será fixada a intensidade de ocupação própria através de índices urbanísticos.

Parágrafo Único - Para efeitos desta Lei serão considerados os seguintes índices:

Taxa de ocupação (TO) – área correspondente à projeção horizontal da edificação que incide sobre o lote, sendo considerada igualmente quando incidir sobre o passeio público;

Índice de Aproveitamento (IA) - o quociente entre a área construída máxima e a área do lote;

Cota Ideal por Dormitório (CID) - a porção mínima do lote que corresponde teoricamente a cada dormitório, que não se caracterize como de serviço, para fins dos Usos 3 e 4, conforme a fórmula que segue:

$$n.^{\circ} \text{ de dormitórios} = \text{área total do lote} / \text{CID}$$

Cota Ideal (CI) - a porção mínima do lote que corresponde teoricamente a cada economia residencial, para fins dos usos 1, 2, 3, e 4, conforme a fórmula que segue:

$$n.^{\circ} \text{ de economias} = \text{área total do lote} / \text{CI}$$

Quando houver fração no resultado dos cálculos do n.º de dormitórios ou n.º de economias, serão desprezados as casas decimais, após a virgula permitindo-se no entanto uma unidade residencial para cada lote.

*\* Lei Complementar Nº40 de 19 de Dezembro de 1995 altera o Artigo 14, Parágrafo Único.*

Parágrafo Único - Quando houver fração no resultado dos cálculos do número de dormitório ou número de economias, será considerado o arredondamento da fração para menos, quando até 0,5, e para mais, quando acima de 0,5 inclusive, para todas as Zonas, permitindo-se no entanto duas unidades residenciais para cada lote, executadas as Zonas residenciais Cinco (ZR5).

*\*Lei Complementar N.º 104 de 19 de Novembro de 2002, modifica disposições do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Lei Nº 2.133, de 13 de Dezembro de 1984 e revoga a lei complementar Nº 49, de 23 de Dezembro de 1996.*

*\*Lei Complementar N.º 118 de 19 de dezembro de 2003.*

Modifica a cota ideal de terreno, em diversas zonas, constante da Lei nº 2.133 de 13 de dezembro de 1984, conforme especifica o Artigo nº 15 da , Lei Nº 2.133, de 13 de Dezembro de 1984, passa a ter a seguinte redação:

Art.15 - Na Zona Comercial Central – ZCI - as edificações obedecerão aos seguintes critérios de intensidade de ocupação:

Para Uso conforme 3:

TO - 66%

IA – 6

CID - 8m<sup>2</sup>

Para os usos conformes 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 23, 24, 27 e 28:

TO - 100% (para os pavimentos caracterizados como sub-solo, loja e sobre-loja, até um limite de 7m contados a partir da soleira de entrada do prédio até a laje do forro da sobreloja), podendo o uso 12 ficar localizado acima do referido limite em até três pavimentos.

TO - 66% (para os demais pavimentos)

IA – 7

Para os usos permissíveis 1, 21, 22 e 29:

TO - 66%

IA - 1,5%

CI - 150m<sup>2</sup>

Parágrafo Único – Os prédios de uso misto (Uso 3 e outros) terão um IA máximo = 7, não podendo o IA referente ao uso 3 ser maior do que 6.

*\*Lei Complementar N.º 62 de 06 de Novembro de 1998, modifica disposições do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Lei Nº 2.133, de 13 de Dezembro de 1984 e revoga a lei complementar Nº 49, de 23 de Dezembro de 1996.*

*\*Lei Complementar N.º 118 de 19 de dezembro de 2003.*

*Modifica a cota ideal de terreno, em diversas zonas, constante da Lei nº 2.133 de 13 de dezembro de 1984, conforme especifica o Artigo nº 16 da , Lei Nº 2.133, de 13 de Dezembro de 1984, passa a ter a seguinte redação:*

Art. 16 - Na Zona Comercial Dois as edificações obedecerão os seguintes critérios de intensidade de ocupação.

Para uso conforme 3:

TO - 66%

IA - 4

CID - 10m<sup>2</sup>

Para os usos conforme 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 23, 24, 27 e 28:

TO 100% (para os pavimentos caracterizados como sub-solo, loja e sobreloja, até um limite de 7m contados a partir da soleira de entrada do prédio até a laje de forro da sobre loja), podendo o uso 12 ficar localizado acima do referido limite com até três pavimentos.

TO 66% (para os demais pavimentos de usos conformes)

IA – 4

Para os usos permissíveis 1, 9, 16, 21, 22, 29, 31 e 35:

TO - 66%

IA - 1, 5

CI - 150m<sup>2</sup>

*\*Lei Complementar N.º 118 de 19 de dezembro de 2003.*

*Modifica a cota ideal de terreno, em diversas zonas, constante da Lei nº 2.133 de 13 de dezembro de 1984, conforme especifica*

*Art. 17 - Na Zona Comercial três as edificações obedecerão aos seguintes critérios de intensidade de ocupação:*

Para uso conforme 3:

TO - 75%

IA - 3

CID - 15m<sup>2</sup>

Para os usos conformes 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 23, 24, 27 e 28:

TO - 75%

IA - 3

Para os usos permissíveis 1, 9, 16, 21, 22, 29, 31, 32 e 35:

TO - 60%

IA - 1, 5

CI - 150m<sup>2</sup>

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)