

**UNIJUÍ - UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL
DETEC – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

RUÍDO URBANO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE SAPUCAIA DO SUL, RS

Rodrigo Silva da Rosa
Orientadora: Prof^ª. Arq^ª. Raquel Kohler

Ijuí (RS), Dezembro de 2007.

RODRIGO SILVA DA ROSA

RUÍDO URBANO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE SAPUCAIA DO SUL,RS

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, do Departamento de Tecnologia – DETEC, da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof. Raquel Kohler, M. Sc.

Ijuí

2007

RODRIGO SILVA DA ROSA

**RUÍDO URBANO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE
SAPUCAIA DO SUL/RS**

Trabalho de conclusão de curso defendido e
aprovado em sua forma final pelo professor
orientador e pelos membros da banca
examinadora.

Prof. Raquel Kohler, M. Sc. - Orientadora

Banca Examinadora

Prof. Luciano Pivoto Spetch, Eng. Dr.
UNIJUÍ/DeTec

Prof. Cristina Elisa Pozzobon, Eng. Ms.
UNIJUÍ/DeTec

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Carlos e Nilva, que me deram força e não mediram esforços para essa conquista.

Aos meus irmãos, Ana Paula e Maurício, que pelo apoio e incentivo.

A minha namorada, Gabrielle, pela compreensão e auxílio nos momentos difíceis.

Aos muitos amigos que fiz durante o curso, dividindo informações e amizades.

Aos professores, em especial a professora Raquel, pela disposição e dedicação em auxiliar e orientar esse trabalho.

A todos que de uma forma ou outra contribuíram para este momento.

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Faixa de banda audível de frequências.....	14
Figura 2 - Percepção da intensidade do ruído pelo ouvido humano.....	15
Figura 3 - Anatomia do ouvido humano.....	17
Figura 4 - Representação gráfica do ruído contínuo.....	19
Figura 5 - Representação gráfica do ruído flutuante.....	19
Figura 6 - Representação gráfica do ruído de impacto.....	20
Figura 7 - Representação gráfica da transmissão sonora.....	20
Figura 8 - Atenuação por elementos encontrados ao longo de rodovias.....	21
Figura 9 - Atenuação por elementos encontrados ao longo de rodovias.....	22
Figura 10 - Atenuação por elementos encontrados ao longo de rodovias.....	22
Figura 11 - Atenuação por elementos encontrados ao longo de rodovias.....	22
Figura 12 – Planta urbana de Sapucaia do Sul.....	27
Figura 13 - Localização ponto medição Nº. 1.....	28
Figura 14 - Vista do ponto de medição Nº. 1.....	28
Figura 15 - Localização ponto medição Nº. 2.....	29
Figura 16 - Vista do ponto de medição Nº. 2.....	30
Figura 17 - Localização ponto medição Nº. 3.....	31
Figura 18 - Vista do ponto de medição Nº. 3.....	31
Figura 19 - Detalhe cronograma de medições.....	33
Figura 20 - Níveis de Laeq do ponto 1.....	36

Figura 21 - Volume de tráfego do ponto 1.....	36
Figura 22 - Níveis de Laeq do ponto 2.....	38
Figura 23 - Volume de tráfego do ponto 2.....	38
Figura 24 - Níveis de Laeq do ponto 3.....	40
Figura 25 - Volume de tráfego do ponto 3.....	40
Figura 26 e 27 - Vista geral do ponto 1.....	43
Figura 28 e 29 - Vista geral do ponto 2.....	44
Figura 30 e 31 - Vista geral do ponto 3.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis de pressão sonora de alguns sons.....	16
Quadro 2 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos em dB(A).....	23
Quadro 3 – Níveis de som para conforto.....	24
Quadro 4 - Resultado das condições climáticas, temperatura, umidade relativa do ar, níveis de pressão sonora, e veículos passantes do ponto 1.....	35
Quadro 5 - Resultado das condições climáticas, temperatura, umidade relativa do ar, níveis de pressão sonora, e veículos passantes do ponto 2.....	37
Quadro 6 - Resultado das condições climáticas, temperatura, umidade relativa do ar, níveis de pressão sonora, e veículos passantes do ponto 3.....	39
Quadro 7 – Resumo dos elementos aferidos.....	41

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Tema da Pesquisa.....	11
1.2 Delimitação do tema.....	11
1.3 Formulação das questões de estudo.....	11
1.4 Definição dos objetivos em estudo.....	11
1.4.1 <i>Objetivo Geral</i>	11
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	11
1.5 Justificativa.....	12
1.6 Sistematização do estudo.....	12
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 O som.....	14
2.1.1 <i>Natureza do Som</i>	14
2.1.2 <i>Onda Sonora e seus Elementos</i>	14
2.2 O ouvido humano.....	16
2.2.1 <i>Ouvido Externo</i>	17
2.2.2 <i>Ouvido Médio</i>	17
2.2.3 <i>Ouvido Interno</i>	18
2.3 Ruído.....	18
2.3.1 <i>Ruído e a Perda da Audição</i>	18
2.3.2 <i>Classificação dos Ruídos</i>	18
2.3.3 <i>Controle dos Ruídos</i>	20
2.4 Conforto acústico em áreas urbanas.....	23
3.0 METODOLOGIA.....	25
3.1 Classificação do estudo.....	25
3.2 Planejamento da pesquisa.....	25
3.2.1 <i>Instrumento de Pesquisa</i>	25
3.2.2 <i>Normas para Coletas de Dados</i>	25
3.2.3 <i>Coleta de Dados</i>	26
3.2.3.1 <i>Caracterização dos pontos de coleta</i>	27
3.3 Análise e interpretação dos dados.....	33
4.0 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	35
4.1 Nível de pressão sonora equivalente (L _{aeq}) dos locais investigados.....	35
4.2 Comparação dos resultados obtidos com trabalhos da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.....	41
4.3 Soluções propostas.....	43

5.0 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	48
ANEXOS.....	50

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 Tema da Pesquisa

Ruído urbano.

1.2 Delimitação do tema

Este trabalho se refere a um estudo de caso dos níveis de ruídos em vias públicas na cidade de Sapucaia do Sul, região metropolitana de Porto Alegre, RS.

1.3 Formulação das questões de estudo

- Quais os níveis de ruído que estão expostos os usuários de vias públicas na cidade de Sapucaia dos Sul no período diurno?
- Quais as soluções para amenizar os níveis críticos do ruído nessas vias?

1.4 Definição dos objetivos de estudo

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa foi estudar os níveis de ruído urbano em vias públicas na cidade de Sapucaia de Sul.

1.4.2 Objetivos específicos

Em decorrência do objetivo geral, os objetivos específicos consubstanciaram-se em:

- ✓ Avaliar se os níveis de ruído medidos atendem a norma NBR 10151;
- ✓ Propor soluções técnicas para diminuir os níveis de ruídos críticos, no caso de não atendimento a NBR 10151;
- ✓ Comparar os dados obtidos com medições realizadas em cidades da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

1.5 Justificativa

Segundo Bistafa (2006), os romanos na antiguidade já se preocupavam com os ruídos urbanos, provocados por suas carroças, brigas, e gritos das pessoas. A tolerância ao ruído não aumentou desde então. A diferença é que em dias atuais, temos mais recursos para se fazer minimizar esse problema.

O ruído tem grande influência no dia a dia e na saúde das pessoas. Ele causa diversos efeitos aos homens, que vão desde a perda de concentração, stress, falta de sono, desconforto, até a perda gradativa da audição, dependendo à que nível e tempo exposto. Além desses efeitos, o ruído causa perda do valor imobiliário em áreas de maior concentração sonora, trazendo prejuízos de capital aos proprietários desses imóveis. Essa perda do valor imobiliário pelo ruído é um fato conhecido por todos, mas não existe nenhum dado quantitativo de quanto se desvaloriza uma área devido aos problemas sonoros.

Atualmente a sociedade vem exigindo soluções para problemas populacionais, uma vez que vem crescendo a consciência ecológica na população. Mas o problema do ruído urbano ainda se encontra nos últimos lugares em uma lista de prioridades, uma vez que outros problemas nas cidades causam maior impacto na população.

O problema do ruído urbano não tende a desaparecer com o tempo, somente se for tomada uma solução. Ele só irá aumentar com o crescimento populacional, não havendo diferença entre cidades grandes ou cidades pequenas, pois todos somos geradores de ruídos. Conforme Fernandes(2002), poluição sonora não se restringe apenas a regiões de grande concentração industrial, como a poluição atmosférica. O barulho está presente em qualquer comunidade, em qualquer tipo de trânsito de veículos, em qualquer processo fabril, em qualquer obra civil.

Considerando os problemas causados pelo ruído no cotidiano das pessoas, esse trabalho justifica-se.

1.6 Sistematização do estudo

O primeiro capítulo apresenta a delimitação do tema, seguida das questões que fundamentam o estudo, dos objetivos gerais e específicos e da justificativa.

No segundo capítulo, apresenta a revisão bibliográfica, onde são comentados temas que envolvem o estudo, como o som, audição, ouvido humano, o ruído, atenuação do ruído, e o conforto ambiental.

No terceiro capítulo apresenta-se a metodologia utilizada, o método escolhido para o estudo, a forma de coleta de dados, locais de coleta de dados, e o modo de apresentação dos resultados.

No quarto capítulo apresentam-se os resultados da coleta de dados, juntamente com a análise desses resultados e as soluções propostas.

O quinto capítulo fundamenta-se pelas considerações finais do trabalho, apresentando as principais contribuições do mesmo e sugestões para trabalhos futuros.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados assuntos que deram embasamento à pesquisa, abordando assuntos como: o som, natureza do som, onda sonora, ruído, etc.

2.1 O som

2.1.1 Natureza do Som

O som é a propagação de uma frente de compressão mecânica ou onda longitudinal que se propaga de forma circuncêntrica, apenas em meios materiais, como os sólidos, líquidos ou gasosos, ou seja, não se propaga no vácuo. Os sons naturais são, na sua maior parte, combinações de sinais, mas um som puro monotônico, possui uma velocidade de oscilação ou frequência que se mede em hertz (Hz) e uma amplitude ou energia que se mede em decibel (dB) (SOM, 2007).

2.1.2 Onda Sonora e seus Elementos

Uma onda em Física é uma perturbação oscilante de alguma grandeza física no espaço e periódica no tempo. A onda sonora é uma oscilação espacial que é caracterizada por três elementos que são, a frequência, a intensidade e o timbre.

- **Frequência (f):** é o número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som. A unidade de medida da frequência é por ciclos de segundos, ou hertz (Hz). O ouvido humano pode detectar frequências na faixa entre 20Hz e 20.000Hz. Abaixo de 20Hz temos os chamados infra-sons, e acima de 20.000Hz temos os chamados ultra-sons. A faixa de frequência captada pelos seres humanos é chamada de banda audível, ou faixa audível de frequências, conforme mostra a Figura 1.

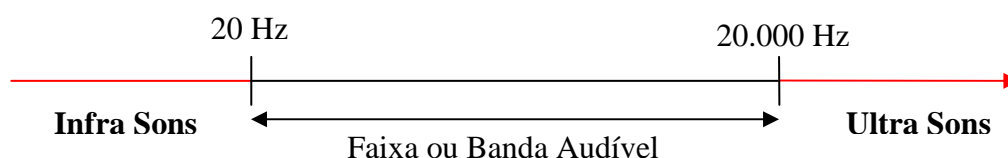


Figura 1: Faixa ou banda audível de frequências
Fonte: Fernandes, 2002

- **Intensidade (I):** Segundo Som(2007) em acústica refere-se à percepção da amplitude da onda sonora. Frequentemente também é chamada de *volume* ou *pressão sonora*. A percepção da intensidade pelo ouvido humano não é linear, mas logarítmica, conforme Figura 2. Isso significa que o ouvido só percebe variações de intensidade como lineares, se as amplitudes variarem exponencialmente. Para facilitar a medição da pressão sonora em relação à percepção auditiva, utiliza-se uma unidade logarítmica: o decibel (dB).

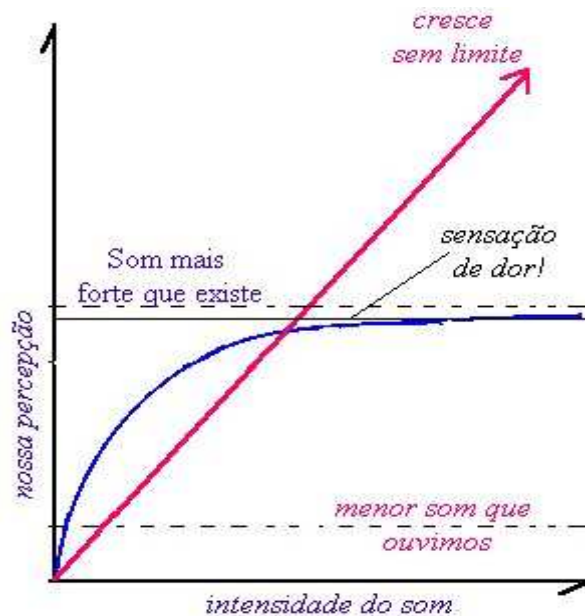


Figura 2: Percepção da intensidade do ruído pelo ouvido humano
Fonte: Gonçalo Jr. (2007)

Veja na figura acima que se a escala fosse linear (vermelha), teríamos muitas dificuldades de ouvir sons fracos, como um sussurro, mas se alguém estourasse uma bombinha perto de nós, pensaríamos que se tratava do fim do mundo. Já a escala logarítmica (azul), devido a sua acentuada curvatura no início da escala, permite que sons muito fracos sejam percebidos e sons quando cada vez mais fortes, não sendo comprimidos em um limite superior da escala. Por este motivo, às vezes não acreditamos que um som está alto demais, a partir de certo ponto não percebemos tão bem as diferenças de amplitude(Gonçalo Jr., 2007)

A intensidade sonora, também varia com a distância, por isso sempre que especificar uma fonte sonora deve-se dizer a que distância o som foi medido, para que sirva como comparação válida.

O Quadro 1 apresenta alguns valores em dB(A) de alguns tipos de sons.

Quadro 1: Níveis de pressão sonora de alguns sons

<i>Níveis dB</i>	<i>Som Característico</i>
0 – 10	Limite da audibilidade
20 – 30	Dentro de casa à madrugada em bairro tranqüilo
30 – 40	Sussurro a 1,5 metros
40 – 50	Sons normais dentro de uma residência
50 – 60	Conversa normal entre duas pessoas
70 – 80	Nível ótimo de conversação para máxima inteligibilidade
80 a 110 – Nocivos aos ouvidos se exposto por longos períodos	
80 – 85	Dentro de um carro esporte a 80Km/h
80 – 90	Perfuratriz pneumática a 15m
90 – 100	Ruídos dentro de uma indústria
100 – 110	Fones de ouvidos em volumes máximos
> 110 – Dano auditivo permanente	
110 – 120	Show de rock em locais fechados
Limiar do desconforto	
120 – 130	Decolagem de avião a jato à 50m
Limiar da dor auditiva	
130 - 140	Sirene antiaérea a 30m
...	Continua até ~190 = limite

Fonte: Gonçalo Jr. (2007).

- **Timbre:** o timbre é determinado pelo numero e intensidade da composição harmônica da onda sonora, que nos permite reconhecer sua fonte geradora, sendo ela qual for.

2.2 O ouvido humano

Conforme Bistafa (2006), o ouvido humano codifica as informações contidas no som para serem interpretadas pelo cérebro. O ouvido ou orelha humana normal pode distinguir cerca de 400.000 sons diferentes. Um exemplo dessa propriedade é que uma pessoa pode

ouvir desde o som de um mosquito num momento de silêncio ou de um avião a jacto. Aqui estão dois sons diferentes tanto em intensidade como em características, que o sentido da audição humano pode reconhecer e rotular. O ouvido humano é subdividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno, conforme Figura 3.

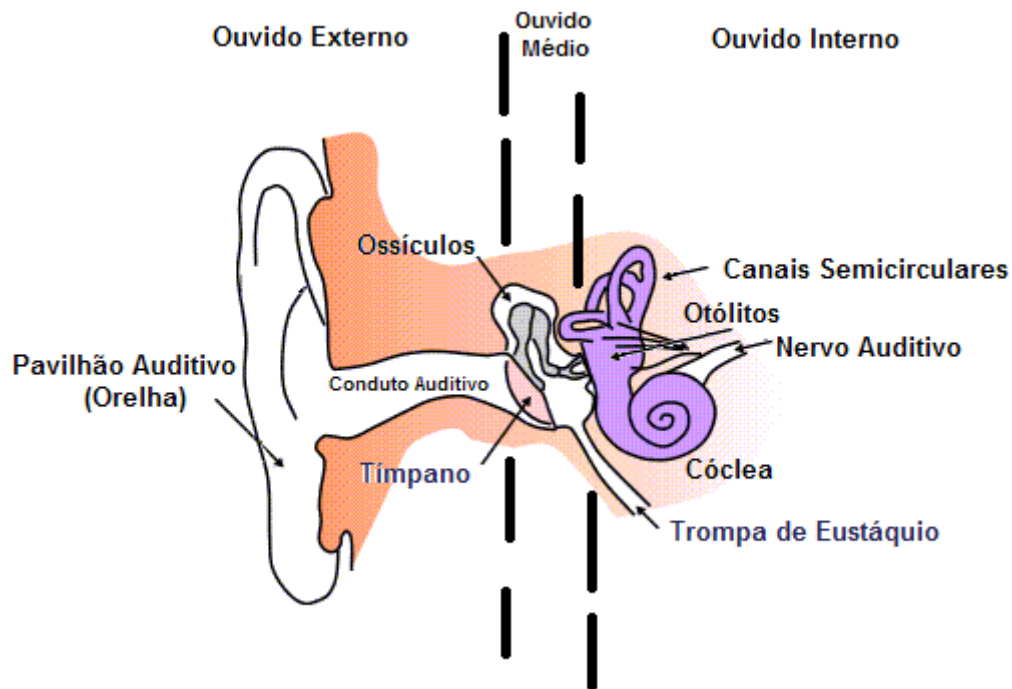


Figura 3: Anatomia do Ouvido Humano

Fonte: Ouvido, 2007

2.2.1 Ouvido Externo

É composto de pavilhão auditivo, também conhecido como orelha e conduto auditivo. A função do pavilhão auditivo é coletar sons, agindo como um funil e direcionando o som para o conduto auditivo. Já o conduto auditivo tem a função de transmitir os sons captados pela orelha para o tímpano além de servir de câmara de ressonância ampliando algumas frequências de sons (OUVIDO, 2007)

2.2.2 Ouvido Médio

Composto pelos ossículos martelo, bigorna e estribo, os três ossos na verdade formam um sistema de alavancas que transferem a energia das ondas sonoras vindas da orelha externa,

através da orelha média para a orelha interna. Os ossículos são os menores ossos do corpo humano e já estão em seu tamanho completo ao nosso nascimento.

2.2.3 Ouvido Interno

O ouvido interno responsável pela transformação das ondas de compressão em impulsos nervosos, através da cóclea, um canal em forma de caracol. Esses impulsos são enviados ao cérebro para serem interpretados.

2.3 Ruído

Definido com um tipo de som desagradável, o ruído pode também ser associado como uma mistura de sons sem nenhuma definição. “Som e ruído não são sinônimos. Um ruído é apenas um tipo de som, mas um som não é necessariamente um ruído. O conceito de ruído é associado a som desagradável e indesejável”(GERGES, 2000, p.41).

2.3.1 Ruído e a perda de audição

Exposição contínua a níveis de ruídos elevados tendem a causar lesões no ouvido. As lesões causadas pelo ruído ocorrem nas células ciliadas, o que acarreta na perda da audição. A dois tipos de perda de audição causados por ruído intenso: a temporária e a permanente.

- ***Perda de Audição Temporária:*** Com o próprio nome diz, tem por característica a recuperação da audição após certo período de exposição. Nesse caso as células ciliadas se recuperam, voltando ao estado normal (Bistafa, 2006, p.47).
- ***Perda de Audição Permanente:*** Tem como causa a lesão permanente das células ciliadas, até seu desaparecimento. Não há recuperação natural dessas células lesionadas, e sua reposição por meios naturais ainda não existe (Bistafa, 2006, p.47).

2.3.2 Classificação dos Ruídos

Os ruídos podem ser classificados em 3 tipos:

- **Ruídos Contínuos:** sua variação de níveis de intensidade é muito pequena em relação ao tempo de observação, conforme Figura 4. Exemplos: chuva, geladeiras, compressores, ventiladores.

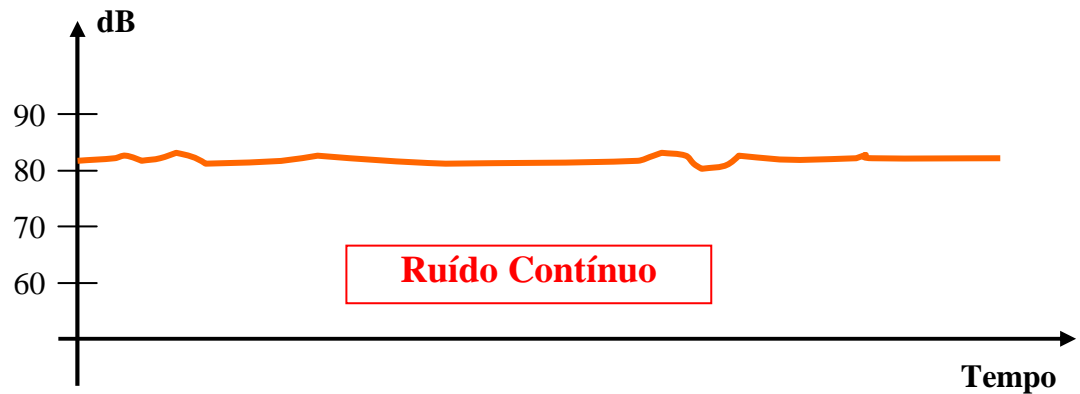


Figura 4: Representação gráfica do ruído Contínuo.
Fonte: Fernandes, 2002, pág. 69.

- **Ruídos Flutuantes:** são aqueles que apresentam grandes variações níveis de intensidade em relação ao tempo de observação, conforme Figura 5. São os ruídos do nosso dia-a-dia. Exemplos: transito de veículos, ruídos de conversas.

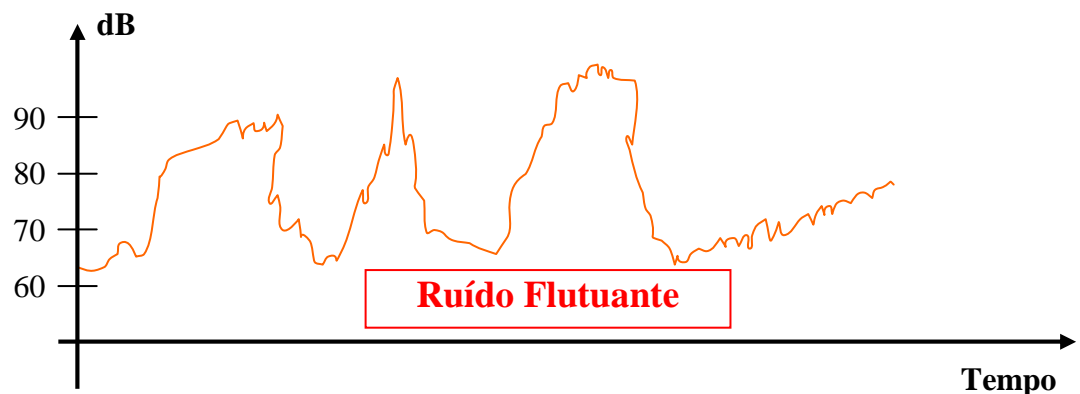


Figura 5: Representação gráfica do ruído Flutuante.
Fonte: Fernandes, 2002, pág. 69.

- **Ruídos de Impacto:** ruídos esporádicos, apresentando altos níveis de intensidade sonora, num intervalo de tempo muito curto, conforme Figura 6. São os ruídos do tipo pancadas e explosões. Exemplos: martelotes, rebidadeiras e guilhotinas.

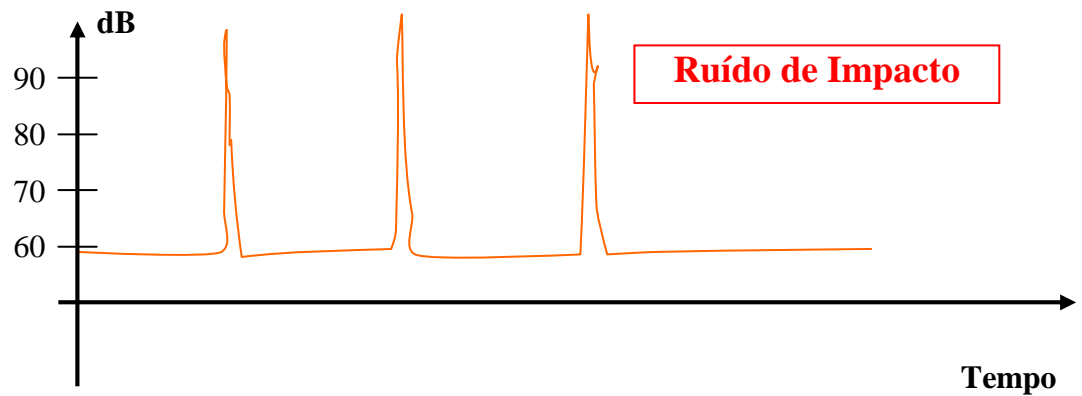


Figura 6: Representação gráfica do ruído de Impacto.
Fonte: Fernandes, 2002, pág. 69.

2.3.3 Controle dos Ruídos

Segundo Bistafa(2006), o controle do ruído visa obter um nível aceitável em determinado ambiente, consistente com os aspectos econômicos, operacionais, legais, médicos, psicológicos e culturais. Todo o problema de controle de ruído envolve fonte sonora, trajetória de transmissão e receptor, conforme Figura 7.

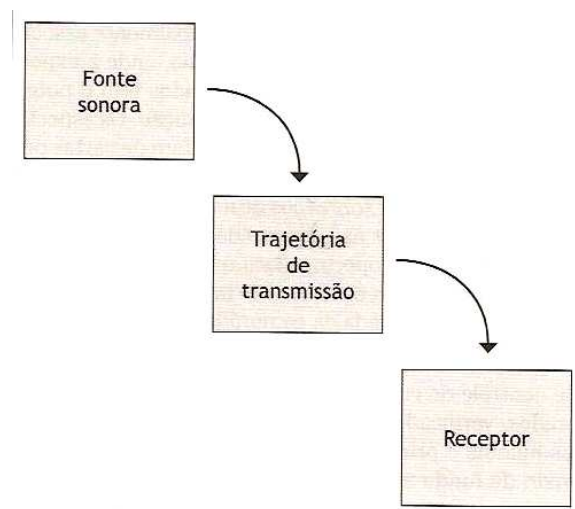


Figura 7: Representação gráfica da transmissão sonora.
Fonte: Bistafa, 2006, pág. 304.

- **Controle de Ruído na Fonte Sonora:** consiste em fazer modificações na fonte geradora de ruído, para que a mesma diminua seus níveis sonoros. Exige um entendimento detalhado da fonte geradora.
- **Controle de Ruído na Trajetória de Transmissão:** considerada a segunda linha de defesa contra o ruído, uma vez que existe um feito um controle na fonte sonora. Consiste na aplicação de barreiras no meio de transmissão, para que se diminuam os ruídos. Conforme Gerges(2000), “a propagação externa também é afetada por variações nas condições atmosféricas, tais como: umidade relativa do ar e temperatura.” Abaixo, algumas barreiras que causam atenuações no meio de transmissão.
 - **Atenuação Sonora do Solo:** a reflexão do ruído no solo interfere diretamente nas fases da sua onda, conforme Figura 8. Depende muito do material que compõe o solo, se ele é um material com maior ou menor poder de absorvência, e da forma como está disposta, se ele é ondulado ou não.

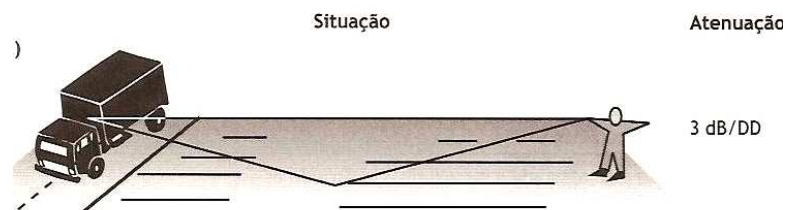


Figura 8: Atenuação por elementos encontrados ao longo de rodovias
 Fonte: Bistafa, 2006, pág. 304.

- **Atenuação de Barreiras Acústicas:** uma barreira acústica é qualquer obstáculo que se oponha a fonte sonora frente ao receptor. Para ultrapassar essa barreira, a onda sonora perde energia, chegando mais branda até o receptor, conforme Figura 9.

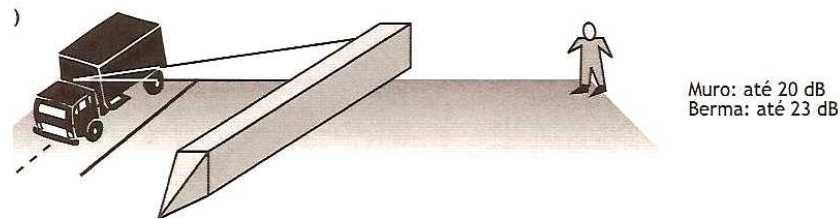


Figura 9: Atenuação por elementos encontrados ao longo de rodovias
Fonte: Bistafa, 2006, pág. 304.

- **Atenuação de Edificações:** quando as edificações ficam entre a fonte sonora e seu agente receptor, agem como uma barreira acústica, e dependendo do material que forma a sua superfície, pode atenuar mais ou menos a energia da onda sonora, conforme Figura 10.

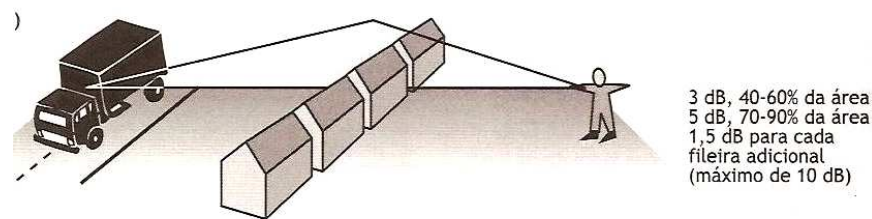


Figura 10: Atenuação por elementos encontrados ao longo de rodovias
Fonte: Bistafa, 2006, pág. 304.

- **Atenuação de Vegetação:** folhagens, pequenos ramos e arbustos tendem a agir como atenuantes sonoros, ainda que parcialmente, conforme Figura 11. Segundo Bistafa(2006), é constatado que a capacidade de atenuação de um cinturão verde depende muito mais do seu formato do que eventuais diferenças entre espécies de plantas.

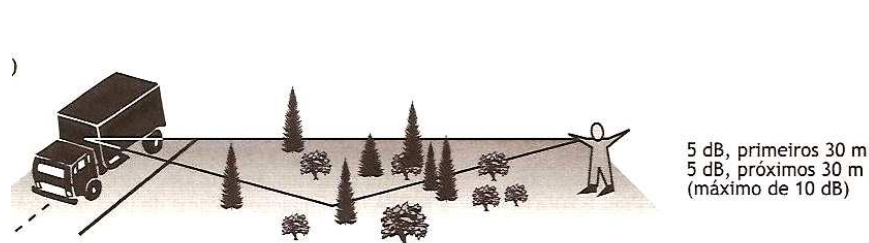


Figura 11: Atenuação por elementos encontrados ao longo de rodovias
Fonte: Bistafa, 2006, pág. 304.

- **Controle do Ruído no Receptor:** é a última linha de defesa dos ruídos que chegam até o ouvido. Consiste em uma proteção individual com os chamados Protetores Auriculares.

2.4 Conforto acústico em áreas urbanas

Conforto pode ser entendido como uma sensação de bem estar. Essa definição de conforto mostra a grande quantidade de variáveis que interferem no seu julgamento, portanto conforto acústico nada mais é que uma sensação de bem estar relacionada a níveis sonoros.

No Brasil os níveis aceitáveis de ruído em diversos ambientes são estabelecidos pela norma da ABNT (NBR 10151). O Quadro 2, abaixo mostra os índices permitidos nos períodos diurno e noturno.

Quadro 2: Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

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

Fonte: ABNT, NBR 10151 (2000, p. 3)

O Quadro 3 mostra as condições estabelecidas pela NBR 10152: Níveis de Ruído para Conforto Acústico. Neste quadro o valor inferior apresentado representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior representa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Esses níveis superiores estabelecidos pela norma são considerados de desconforto, mas não necessariamente acarreta dano à saúde.

Quadro 3: Níveis de som para conforto

Locais		dB(A)	NC
Hospitais	Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos.	35-45	30-40
	Laboratórios, Áreas para uso público	40-50	35-45
	Serviços	45-55	40-50
Escolas	Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35-45	30-40
	Salas de aula, Laboratórios	40-50	35-45
	Circulação	45-55	40-50
Hotéis	Apartamentos	35-45	30-40
	Restaurantes, Salas de Estar	40-50	35-45
	Portaria, Recepção, Circulação	45-5	40-50
Residências	Dormitórios	35-45	30-40
	Sala de Estar	40-50	35-45
Auditórios	Salas de concertos, Teatros	30-40	25-30
	Salas de conferencias, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes		40-50	35-45
Escritórios	Salas de Reunião	30-40	25-35
	Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35-45	30-40
	Salas de Computadores	45-65	40-60
	Salas de mecanografia	50-60	45-55
Igrejas e Templos (Cultos mediativos)		40-50	35-45
Locais para esporte	Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

Fonte: ABNT, NBR 10152 (1987, p. 2)

3.0 METODOLOGIA

3.1 Classificação do estudo

Esta pesquisa pode ser classificada como quantitativa, uma vez que foram realizadas medições *in loco* e como um estudo de caso. Os resultados por sua vez, foram analisados e posteriormente comparados com dados obtidos com medições existentes feitas em cidades da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

3.2 Planejamento da pesquisa

3.2.1 Instrumentos de pesquisa

As medições referentes ao nível de pressão sonora foram realizadas com um decibelímetro, marca Minipa MSL-1351C com LCD de 4 dígitos, de acordo com a norma IEC651 Tipo II, com registro de máximo e mínimo, resposta rápida (FAST) e lenta (SLOW), microfone de eletreto de 1/2", faixa dinâmica de 50dB, precisão de +/-1.5dB (94dB/1kHz), ponderação A e C em frequência e faixa de medida de 30dB a 130dB em três escalas (Lo, Med e Hi).

A medição de temperatura e umidade foi feita com um termohigrômetro digital marca Minipa.

As imagens dos locais estudados foram realizadas com máquina fotográfica digital marca Sony, modelo Cybershot T-10, sendo feitos também pequenos filmes com a mesma para um melhor registro.

3.2.2 Normas para coleta de dados

De acordo com a Norma NBR 10151 o ruído aferido foi o ruído flutuante, que tem como característica oscilar os valores conforme o passar do período de observação.

A NBR 10151 fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades. Especifica um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos (de acordo com a duração, característica espectral e fator de pico) e uma

comparação dos níveis corrigidos, com um critério que leva em conta os vários fatores ambientais.

A coleta de dados foi realizada atendendo ao disposto na NBR 10151. É recomendado que o equipamento a ser utilizado 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 as especificações da IEC 60942, devendo ser no mínimo de classe 2. No caso do medidor não possuir em seu integrador interno o cálculo instantâneo do L_{Aeq}, deve-se utilizar um método alternativo de cálculo, usando a seguinte equação:

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

Fonte: ABNT, NBR 10151 (2000, p. 3)

onde:

- L_i é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast) a cada 5 segundos, durante pelo menos cinco minutos;
- n é o número total de leituras.

Como o decibelímetro que foi utilizado na medição da pressão sonora não possui medição do nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq}, foi utilizado o modo alternativo para cálculo do L_{Aeq} descrito acima. Essas medições foram feitas em pontos afastados aproximadamente 1,2 metros do piso e pelo menos a 2 metros de superfícies refletoras, de acordo com a recomendação da NBR 10151.

3.2.3 Coleta de dados

As medições dos níveis de ruído flutuante foram realizadas em três pontos da cidade de Sapucaia do Sul/RS, conforme Figura 12. O critério de escolha foi o volume de tráfego de veículos e pessoas, optando-se pelos locais com maior fluxo.

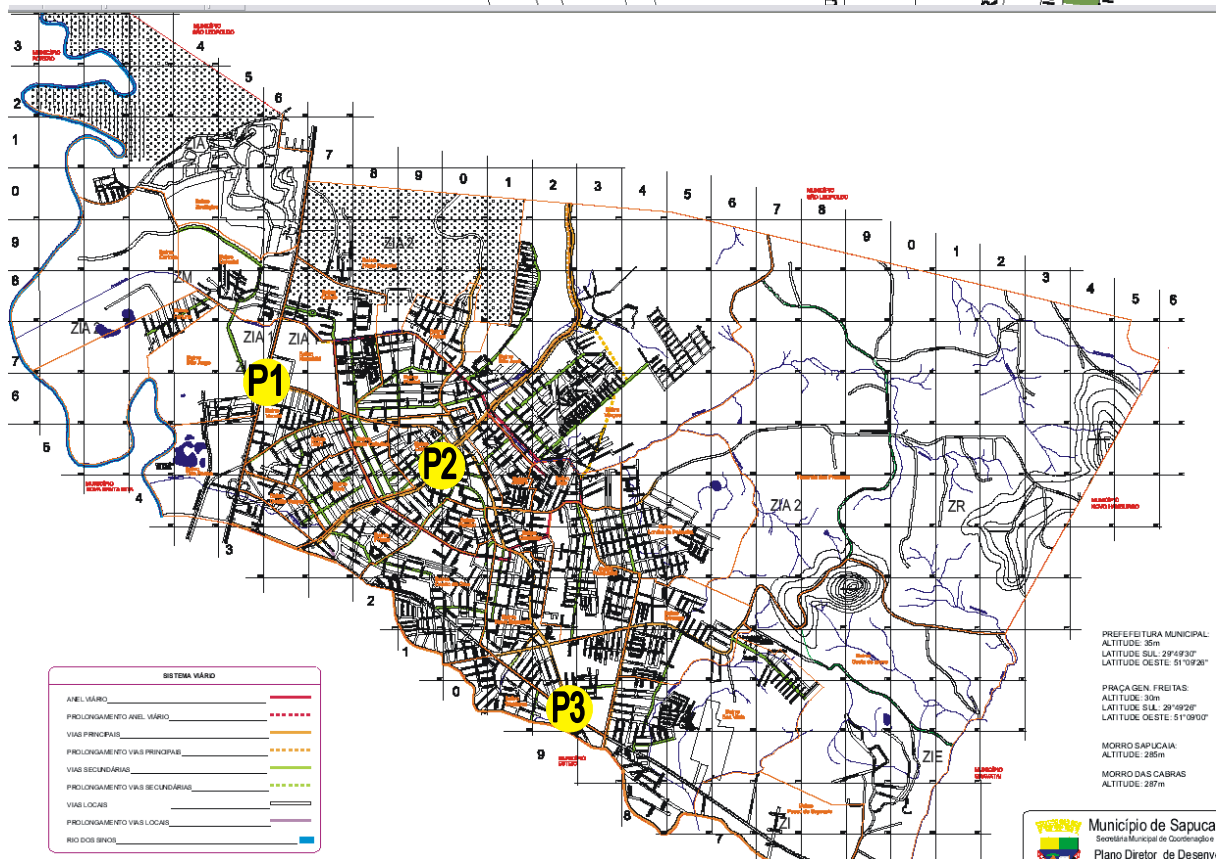


Figura 12: Planta urbana de Sapucaia do Sul

Fonte: <http://www.sapucaiaodosul.rs.gov.br>

Obs.: Mapa sem escala

3.2.3.1 Caracterização dos pontos de coleta de dados

O primeiro local escolhido foi na BR 116, que passa pela cidade de Sapucaia do Sul na proximidade com a Av. Lucio Bittencourt, conforme Figura 13 e 14, entrada principal da cidade. Este ponto foi escolhido por se tratar de uma rodovia federal que serve de acesso a Porto Alegre, e que possui tráfego intenso de veículos.

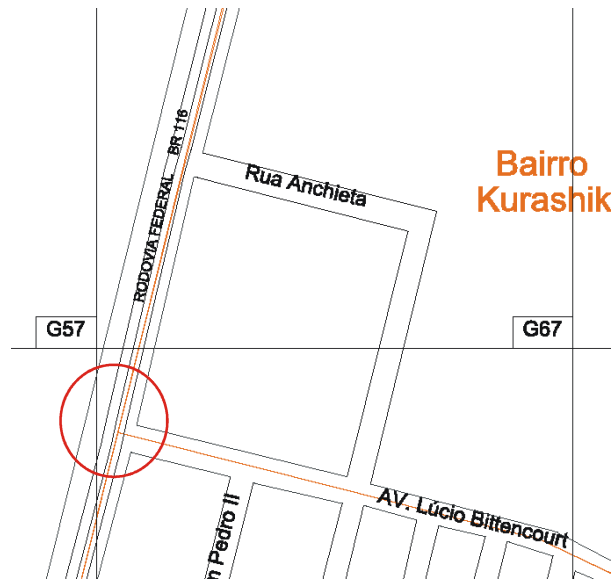


Figura 13: Localização do ponto de medição N°1

Fonte: <http://www.sapucaiaodosul.rs.gov.br>

Obs.: Mapa sem escala



Figura 14: Vista do ponto de medição N°1



Figura 16: Vista do ponto de medição N°2

O Ponto 2 possui como características:

- Localizado na zona central da cidade de Sapucaia do Sul;
- Trânsito caracterizado por veículos leves e ônibus;
- Possuir 4 pistas paralelas, municipais;
- Região predominantemente comercial;
- Velocidade máxima permitida de 40 Km/h;
- Proximidade com a estação do Trensurb, o que causa um fluxo grande de pedestres.

O terceiro local escolhido foi na Av. João Pereira de Vargas, no cruzamento com a RS 118, conforme Figura 17 e 18. Este ponto foi escolhido por também se tratar de uma avenida de trânsito intenso e ter um cruzamento com uma rodovia estadual, servindo de ligação para outras cidades na região.

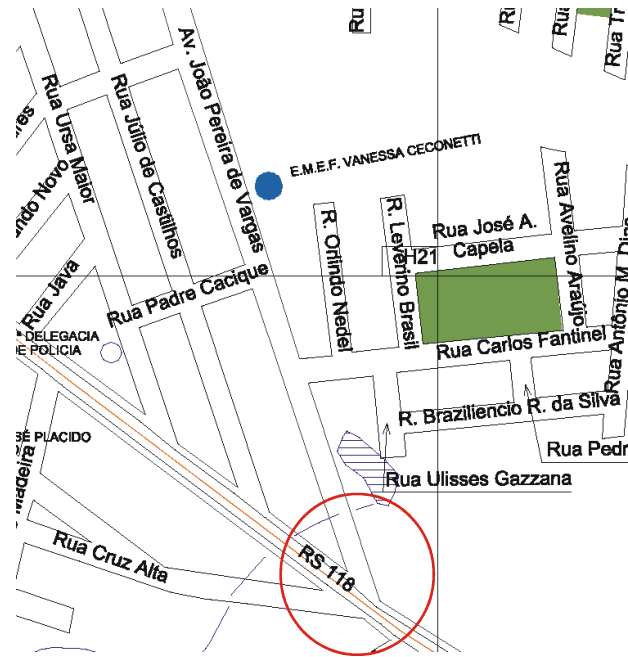


Figura 17: Localização do ponto de medição N°3

Fonte: <http://www.sapucaiaodosul.rs.gov.br>

Obs.: Mapa sem escala



Figura 18: Vista do ponto de medição N°3

O Ponto 3 possui como características:

- Ser o acesso secundário da cidade de Sapucaia do Sul;
- Possuir uma lombada eletrônica próximo ao cruzamento da RS 118 com a Av. João Pereira de Vargas;
- Proximidades de moradias irregulares, o que gera um fluxo de pedestres;
- Região predominantemente comercial e industrial;
- Veículos transitando em alta velocidade;
- Saída principal para Gravataí.

As medições foram efetuadas nos três locais durante três dias em quatro horários distintos: 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00 horas. As medições tiveram um intervalo de 10 minutos entre um ponto e outro, devido ao deslocamento entre os pontos. Os dias das medições foram: início da semana (segunda-feira), no meio da semana (quarta-feira) e o no fim de semana (domingo). A Figura 19 mostra um resumo de como foram executadas essas medições. O tempo das medições foi de 5 minutos em cada local.

A coleta de dados de temperatura e umidade foi realizada simultaneamente as medições sonoras. A contagem de veículos passantes no momento da coleta de dados foi feita digitalmente, por uma máquina digital e posteriormente anotado em uma planilha conforme classificação. Para este trabalho considerou-se com veículos leves os carros de passeio, como veículos pesados os caminhões e ônibus, e também considerou-se as motocicletas).

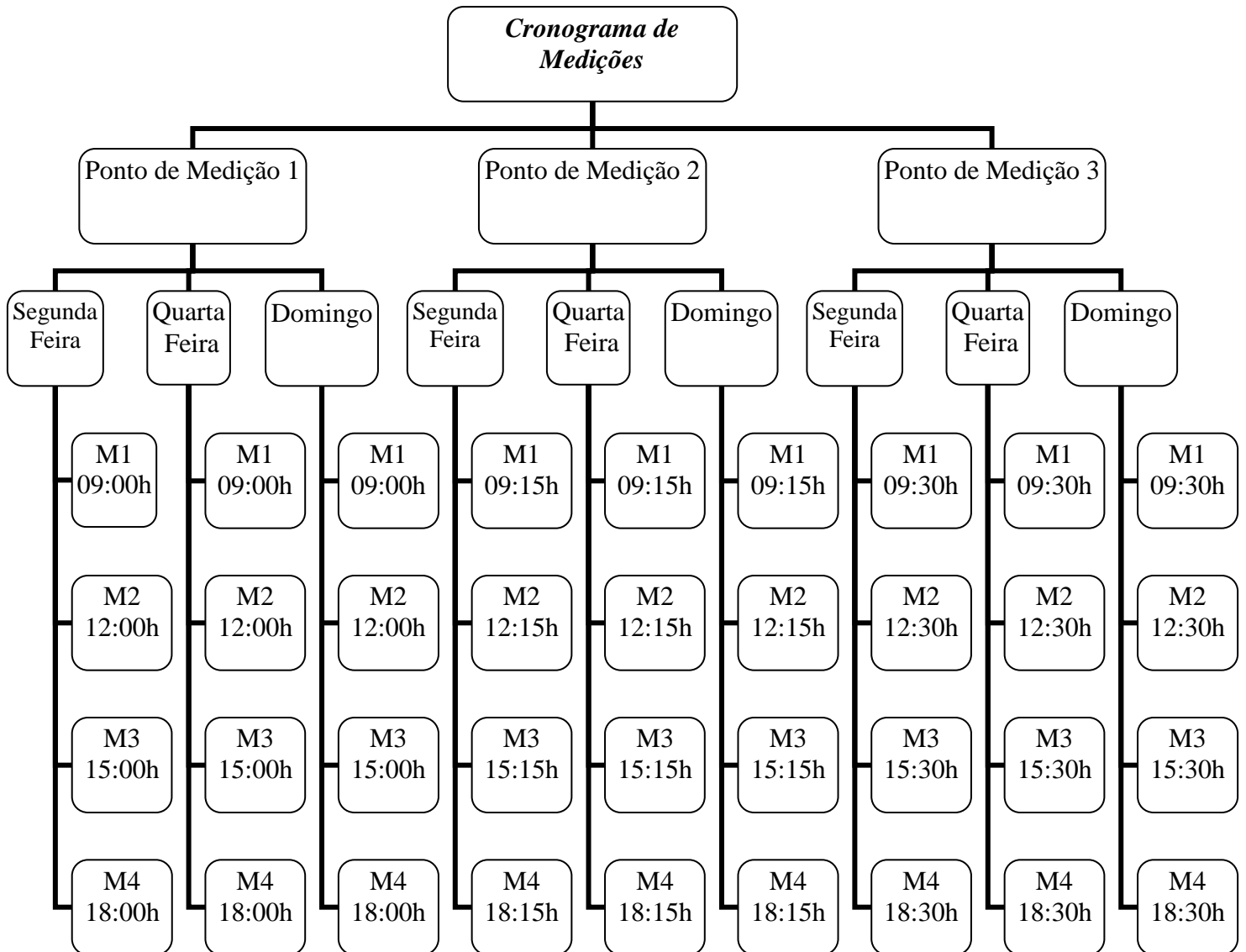


Figura 19: Detalhe Cronograma de Medições

Ao todo foram feitas 36 medições, efetuadas durante a primeira quinzena de outubro de 2007.

3.3 Análise e interpretação dos dados

Os dados obtidos são apresentados em planilhas e gráficos, utilizando o Software Excel, da Microsoft Corporation.

Para a compreensão dos elementos gráficos deste estudo foi utilizado o Software Auto Cad, da Autodesk

Para a comparação dos dados foi utilizada a mesma metodologia de Wentz,2006 e Renner, 2007.

4.0 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise dos resultados referentes aos níveis de pressão sonora equivalente – Laeq em dB(A) -, que estão expostos os usuários das vias investigadas na cidade de Sapucaia do Sul, bem como a comparação com trabalhos já realizados e as soluções propostas.

4.1 Nível de pressão sonora equivalente (Laeq) dos locais investigados

A **NBR 10151** nos fornece como valores aceitáveis de Laeq para ruído externo diurno entre **55 e 60 dB(A)**. O valor de 55 dB(A) é para áreas mistas, onde predominam residências, e 60 dB(A) é para áreas mistas, com predomínio das atividades comerciais.

As medições realizadas de Laeq em dB(A), e o números de veículos passantes encontram-se nos quadros a seguir.

Quadro 4: Resultado das condições climáticas, temperatura, umidade relativa do ar, níveis de pressão sonora e veículos passante no Ponto 1

Ponto 1		Condições Climáticas	Temperatura	UR	Nível Laeq	Veículos Passantes				
Dia	Hora	(aberto, nublado)	(°C)	(%)	(externo)	Leves	Pesados	Motocicletas	Total	
7/10/2007	09:00	Nublado	18,5	96,4	83,83	118	10	7	135	
Domingo	12:00	Nublado	17,7	92,5	78,66	156	9	9	174	
	15:00	Nublado	17,1	86,8	81,32	318	13	16	347	
	18:00	Nublado	17,5	95,2	84,3	447	25	35	507	
					Média	82,03			Total	1163
15/10/2007	09:00	Aberto	19,1	86,3	90,59	370	97	67	534	
Segunda Feira	12:00	Aberto	25,6	77,6	88,22	416	64	52	532	
	15:00	Aberto	26,3	63,1	90,44	337	99	42	478	
	18:00	Aberto	23,1	47,8	84,86	468	134	69	671	
					Média	88,53			Total	2215
17/10/2007	09:00	Nublado	18,1	87,7	88,1	361	80	33	474	
Quarta Feira	12:00	Nublado	23,6	56,6	88,47	293	94	28	415	
	15:00	Aberto	25,3	49,2	87,97	312	113	36	461	
	18:00	Aberto	24,7	41,9	86,47	451	114	54	619	
					Média	87,75			Total	1969

No **Ponto 1**, o menor nível de Laeq foi aferido no dia 07/10/2007 (**domingo**), no horário das **9:00hs**, tendo como valor **83,83 dB(A)**. Nesse mesmo dia e horário, observou-se

também o menor número de veículos passantes, totalizando **135** veículos. Já o maior valor de Laeq encontrado no Ponto 1 foi aferido no dia 15/10/2007(**segunda-feira**), no horário das **9:00hs**, tendo como valor **90,59** dB(A). O maior número de veículos passantes ocorreu no dia 17/10/2007(**quarta-feira**), no horário das **18:00hs** e teve como total de **619** veículos passantes.

Esta região é caracterizada como área mista (comercial e administrativa), e segundo a NBR 10151 os valores aceitáveis (ruído externo diurno) devem estar entre **55 e 60** dB(A). Consta-se que os valores aferidos nesse ponto estão **acima** dos valores permitidos pela norma.

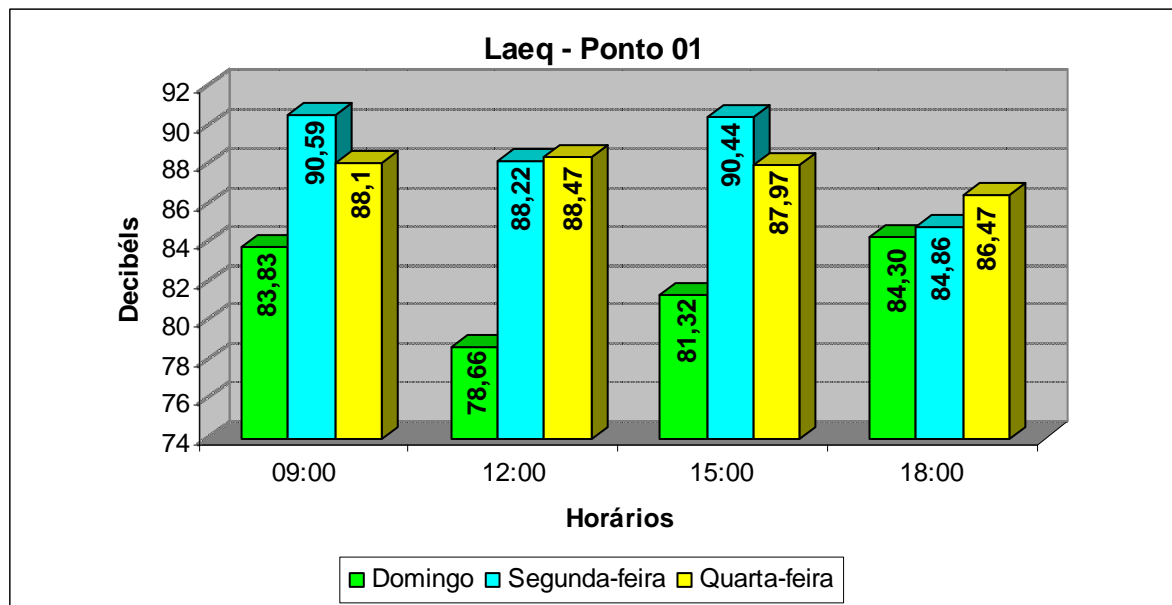


Figura 20: Níveis de Laeq do Ponto 1

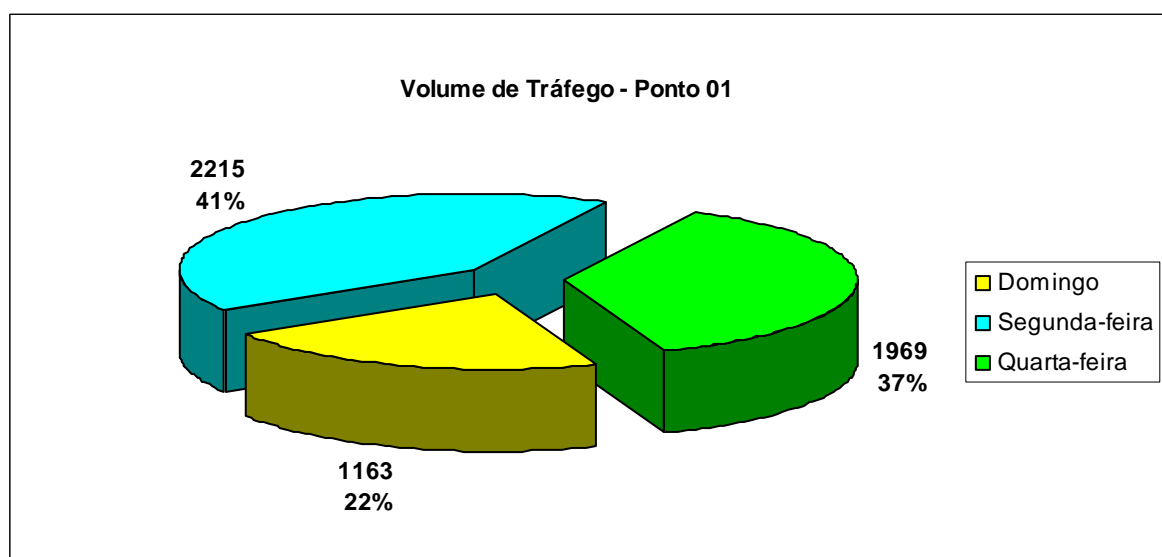


Figura 21: Volume de Tráfego do Ponto 1

A Figura 20 nos mostra os valores de Laeq encontrados no **Ponto 1** em relação aos dias da semana e aos horários. Pode-se visualizar que o dia que teve menores valores de Laeq foi **domingo**, e o que teve maiores valores foi **segunda-feira**. Já a Figura 21 mostra o volume de tráfego aferido no **Ponto 1** de acordo com o dia da semana. Pode-se notar que **segunda-feira** é o dia que tem maior número de veículos, com **41%** dos veículos passantes, e o **domingo** apresenta o menor valor, com **22%** do total passante nos três dias de contagem.

Quadro 5: Resultado das condições climáticas, temperatura, umidade relativa do ar, níveis de pressão sonora e veículos passante no Ponto 2

Ponto 2		Condições Climáticas	Temperatura	UR	Nível Laeq	Veículos Passantes				
Dia	Hora	(aberto, nublado)	(°C)	(%)	(externo)	Leves	Pesados	Motocicletas	Total	
7/10/2007	09:00	Nublado	19,9	82,9	78,32	34	3	6	43	
Domingo	12:00	Nublado	18,5	97,7	76,83	28	4	8	40	
	15:00	Nublado	16,9	89,7	80,47	50	9	6	65	
	18:00	Nublado	18,5	97,7	78,32	34	3	6	43	
					Média	78,49			Total	191
15/10/2007	09:00	Aberto	19,1	88,3	80,39	49	18	20	87	
Segunda	12:00	Aberto	25,9	74,2	85,22	71	27	23	121	
	15:00	Aberto	28,3	46,7	79,77	91	36	38	165	
	18:00	Aberto	22,5	49,7	84,27	133	40	50	223	
					Média	82,41			Total	596
17/10/2007	09:00	Nublado	17,2	91,3	82	55	12	16	83	
Quarta	12:00	Nublado	23,4	50,9	79,62	54	10	14	78	
	15:00	Aberto	31,2	36,2	82,03	72	15	15	102	
	18:00	Aberto	23,5	49,8	82,71	121	14	30	165	
					Média	81,59			Total	428

No **Ponto 2**, o menor nível de Laeq aferido ocorreu no dia 07/10/2007 (**Domingo**), no horário das **12:00hs**, tendo como valor **76,83** dB(A). Nesse mesmo dia e horário, observou-se também o menor numero de veículos passantes, totalizando **40** veículos. Já o maior valor de Laeq encontrado no Ponto 2 foi aferido no dia 15/10/2007(**Segunda-feira**), no horário das **12:00hs**, tendo como valor **85,22** dB(A). O maior número de veículos passantes ocorreu no dia 15/10/2007(**Segunda-feira**), no horário das **18:00hs** e teve como total de **223** veículos passantes.

Esta região é caracterizada como área mista (residencial, comercial e administrativa), e segundo a NBR 10151 os valores aceitáveis (ruído externo diurno) devem estar entre **55 e**

60 dB(A). Consta-se que os valores aferidos nesse ponto estão **acima** dos valores permitidos pela norma.

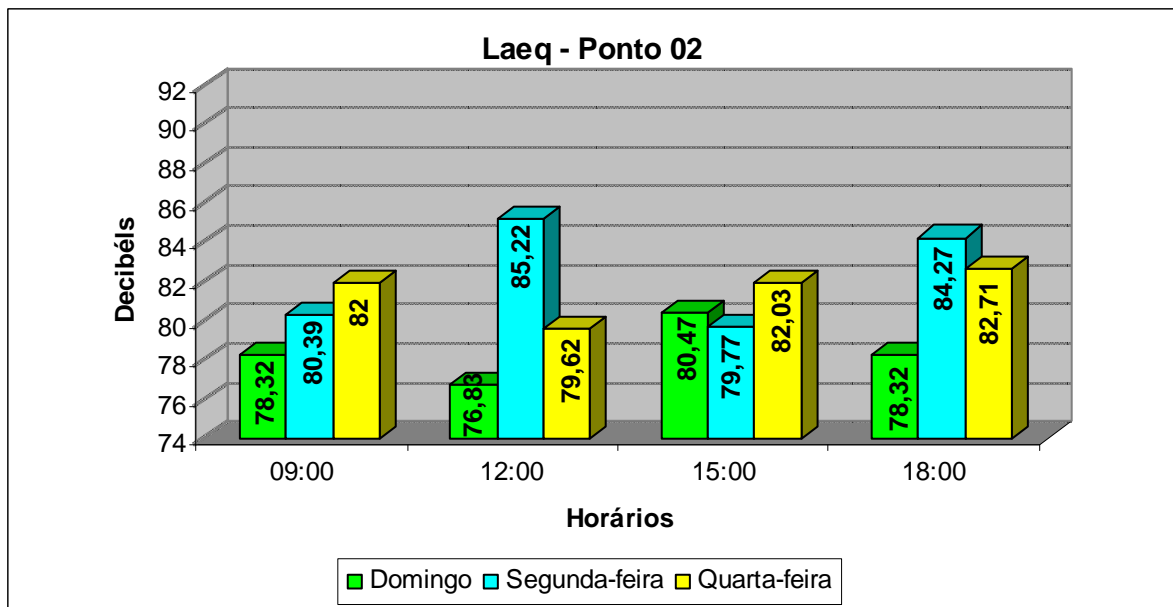


Figura 22: Níveis de Laeq do Ponto 2

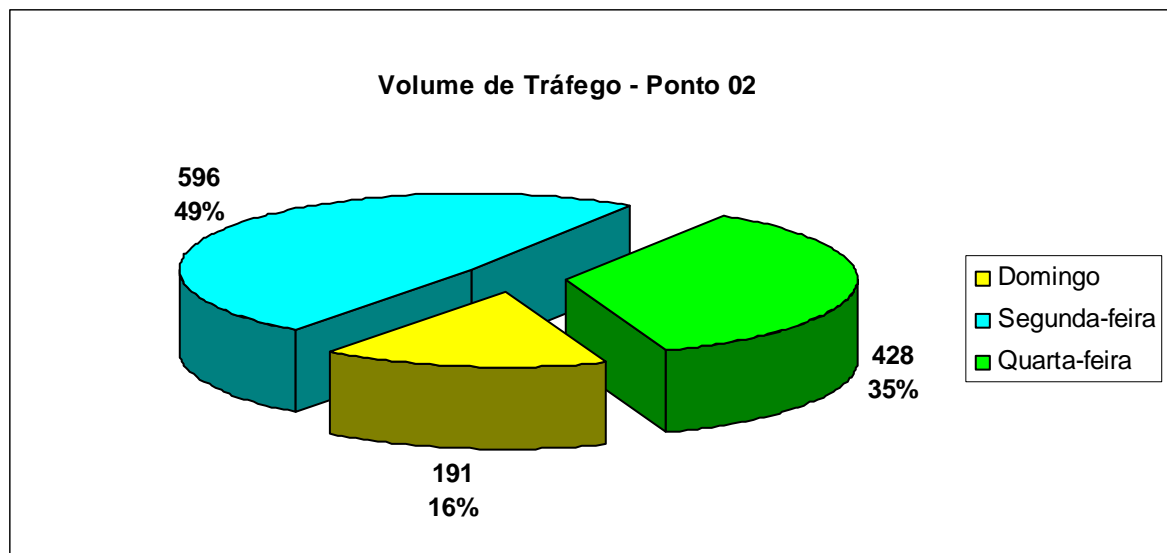


Figura 23: Volume de Tráfego do Ponto 2

A Figura 22 nos mostra os valores de Laeq encontrados no **Ponto 2** em relação aos dias da semana e aos horários. Pode-se visualizar que o dia que teve menores valores de Laeq foi **domingo**, e o que teve maiores valores foi **segunda-feira**. Já a Figura 23 mostra o volume

de tráfego aferido no **Ponto 1** de acordo com o dia da semana. Pode-se notar que **segunda-feira** é o dia que tem maior número de veículos, com **49%** dos veículos passantes, e o **domingo** apresenta o menor valor, com **16%** do total passante nos três dias de contagem.

Quadro 6: Resultado das condições climáticas, temperatura, umidade relativa do ar, níveis de pressão sonora e veículos passante no Ponto 3

Ponto 3		Condições Climáticas	Temperatura	UR	Nível Laeq	Veículos Passantes			
Dia	Hora	(aberto, nublado)	(°C)	(%)	(externo)	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
7/10/2007	09:00	Nublado	17,6	97,8	82,06	74	3	11	88
Domingo	12:00	Nublado	18,4	91,3	80,45	42	9	3	54
	15:00	Nublado	16,7	93,4	81,79	87	7	6	100
	18:00	Nublado	17,6	97,8	82,06	74	3	11	88
				Média	81,59			Total	330
15/10/2007	09:00	Aberto	19,6	87	85,89	93	49	17	159
Segunda	12:00	Aberto	26,2	72,4	81,87	88	41	18	147
	15:00	Aberto	27,4	52,1	85,3	90	71	44	205
	18:00	Aberto	21,3	54,8	88,34	119	45	39	203
				Média	85,35			Total	714
17/10/2007	09:00	Nublado	19,1	86,4	84,28	77	32	11	120
Quarta	12:00	Nublado	23,8	59,4	85,94	72	34	12	118
	15:00	Aberto	28,6	43,9	82,98	75	45	13	133
	18:00	Aberto	20,9	74,3	87,47	118	33	16	167
				Média	85,17			Total	538

No **Ponto 3**, o menor nível de Laeq foi aferido no dia 07/10/2007 (**Domingo**), no horário das **12:00hs**, tendo como valor **80,45** dB(A). Nesse mesmo dia e horário, observou-se também o menor número de veículos passantes, totalizando **54** veículos. Já o maior valor de Laeq encontrado no Ponto 3 foi aferido no dia 15/10/2007(**Segunda-feira**), no horário das **18:00hs**, tendo como valor **85,34** dB(A). O maior número de veículos passantes ocorreu no dia 15/10/2007(**Segunda-feira**), no horário das **15:00hs** e teve total de **205** veículos passantes.

Esta região é caracterizada como área mista (comercial e administrativa), e segundo a NBR 10151 os valores aceitáveis (ruído externo diurno) devem estar entre **55 e 60** dB(A). Constata-se que os valores aferidos nesse ponto estão **acima** dos valores permitidos pela norma.

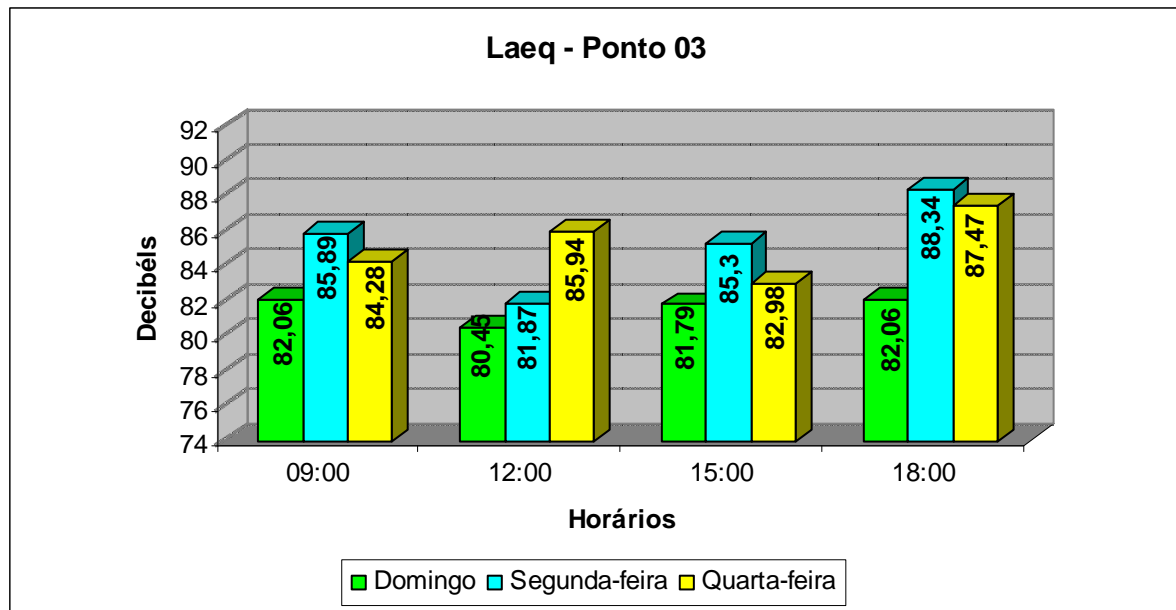


Figura 24: Níveis de Laeq do Ponto 3

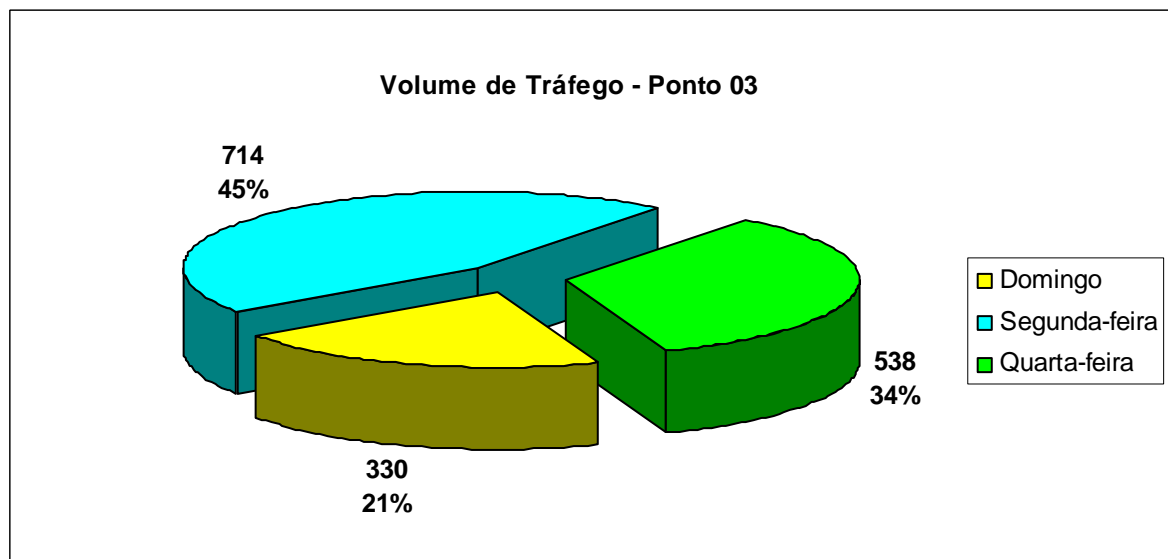


Figura 25 : Volume de Tráfego do Ponto 3

A Figura 24 nos mostra os valores de Laeq encontrados no **Ponto 3** em relação aos dias da semana e aos horários. Pode-se visualizar que o dia que teve menores valores de Laeq foi **Domingo**, e o que teve maiores valores foi **Segunda-feira**. Já a Figura 25 nos mostra o volume de tráfego aferido no **Ponto 1** de acordo com o dia da semana. Pode-se notar que **Segunda-feira** é o dia que tem maior número de veículos, com **45%** dos veículos passantes, e o **Domingo** apresenta o menor valor, com **21%** do total passante nos três dias de contagem.

Analisando os resultados obtidos nos Quadros 4, 5 e 6 e também nas Figuras 20, 21, 22, 23, 24, e 25, observa-se que as menores aferições encontradas foram as do dia 7/10/2007(Domingo), nos três pontos de pesquisa, sendo este dia também o responsável pelo menor volume de veículos aferidos, principalmente o de veículos pesados.

Os maiores valores encontrados nas aferições foram observados no dia 15/10/2007(Segunda), nos três pontos de pesquisa, sendo este dia também responsável pelo maior número de veículos aferidos, principalmente o de veículos pesados.

Contudo, analisando os valores de Laeq encontrados nos Pontos 1, 2 e 3, observa-se que em sua totalidade encontram-se acima dos valores permitidos pela norma NBR 10151, submetendo os usuários das vias, tanto pedestres, quanto motoristas, a esse ruído.

4.2 Comparação dos resultados obtidos com trabalhos da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul

Analisando os trabalhos de Renner (2007), e Wentz (2006), e comparando com as medições realizadas na cidade de Sapucaia do Sul, pode-se tecer considerações importantes.

O trabalho de Renner (2007) teve como finalidade medir os níveis de Laeq ao longo da Rua Integração, na cidade de Entre Ijuís –RS. O trabalho de Wentz (2006), teve como finalidade medir os níveis de Laeq dentro de uma edificação, bem como ao nível da rua, na cidade de Panambi-RS . Nesse momento, para a comparação utilizou-se somente a medição da parte externa.

Quadro 7: Resumo dos elementos aferidos

Cidade	Dia da semana	Média Laeq	Total de Veículos Passantes	Média umidade relativa do ar *	Média temperatura**	Condições climáticas
Sapucaia do Sul	Domingo	80,70	1684	93,26	17,90	Nublado
	Segunda-feira	85,43	3525	66,66	23,70	Aberto
	Quarta-feira	84,84	2935	60,63	23,28	Aberto
Panambi	Segunda-feira	68,44	406	Não observado	Não observado	Não observado
	Quarta-feira	69,96	487	Não observado	Não observado	Não observado
	Sexta-feira	67,97	358	Não observado	Não observado	Não observado
Entre-Ijuís	Domingo	77,79	403	27,77	32,73	Aberto
	Segunda-feira	82,70	551	36,84	31,86	Aberto
	Quarta-feira	83,87	607	47,38	29,27	Aberto

* em %

** em °C

Conforme o Quadro 7, tanto a pesquisa de Renner (2007), na cidade de Entre-Ijuís, como a de Wentz (2006), em Panambi, apresentaram valores de Laeq acima dos permitido pela norma NBR 10151, igualmente como as aferições realizadas na cidade de Sapucaia do Sul. Observa-se, porém que a cidade de Sapucaia do Sul e a cidade de Entre-Ijuís apresentam valores de Laeq maiores que a cidade de Panambi. Isso se explica pelo fato dos pontos em estudo nas duas cidades serem rodovias de alta velocidade, enquanto em Panambi os pontos medidos são ruas municipais de velocidade menor que as rodovias.

Comparando o volume de tráfego desses dois trabalhos, nota-se que os valores das aferições na cidade de Sapucaia do Sul são maiores. Esse fato se dá devido a cidade se encontrar na região da Grande Porto Alegre, e ser geograficamente uma passagem obrigatória no caminho de algumas cidades para chegar até a capital.

Os agentes causadores de ruídos são os mesmos nos três locais em questão, veículos de passeio, veículos pesados e motocicletas. Sapucaia do Sul apresentou um volume de tráfego bem maior que Entre-Ijuís e ainda assim nas duas cidades os valores de Laeq são bem próximos; isso se dá devido ao fato de nosso ouvido funcionar na escala logarítmica, conforme Figura X (página X), sendo que depois de um certo limite de intensidade, o ruído percebido pelo ouvido humano é o mesmo.

Os valores encontrados de umidade relativa do ar e temperatura estão diretamente ligados as condições climáticas observadas nos horários das medições. Na cidade de Entre-Ijuís foram observados dias com condições climáticas boas, com temperaturas elevadas e umidade do ar mais baixa. Na cidade de Sapucaia do Sul, foram observados dias com condições climáticas boas, tendo temperaturas não tão elevadas e umidade do ar alta. Já na cidade de Panambi não foram observados esses aspectos. Não se tem um conhecimento aprofundado do quanto que as condições de temperatura e umidade relativa do ar interferem na propagação do ruído, sendo assim, esses elementos não servem como parâmetro comparativo.

Referente à representação populacional das cidades citadas acima, Sapucaia do Sul possui 122.231 habitantes, Entre-Ijuís possui 9.126 habitantes e Panambi 36.360, dados obtidos no ultimo Censo territorial. Respeitando a proporção de volume de tráfego e população de cada cidade, chega-se a conclusão que todas estão com valores de Laeq acima do permitido pela NBR 10151, percebendo assim que o principal fator que influência no ruído

é o agente causador do mesmo, pois os pontos de estudo em semelhantes entre si contextualmente.

4.3 SOLUÇÕES PROPOSTAS

Analisando os três pontos em estudo, chega-se a algumas conclusões sobre possíveis soluções técnicas e de gestão para reduzir a intensidade de ruído nos locais específicos.

Ponto 1

Por se tratar de uma rodovia federal (BR 116), e por ser uma das principais vias de acesso à região metropolitana de Porto Alegre, não existe possibilidade de alteração de tráfego, nem desvio de veículos pesados. Existe a possibilidade da troca do pavimento por outro que cause um menor ruído no atrito pneu-pavimento, conforme SPETCH(2007). Utilização de lombadas eletrônicas auxiliaria bastante na redução da velocidade, uma vez que o atrito pneu-pavimento está diretamente ligado a velocidade do veículo. Não existe a possibilidade da implantação de barreiras sonoras ao longo do trecho, pois não existe espaço físico ao longo da rodovia.



Figura 26 e 27 : Vista geral do Ponto 1

Ponto 2

Trata-se de uma avenida municipal, onde se poderia proibir o tráfego de veículos pesados. A possibilidade da troca de pavimento seria inviável, pois os veículos trafegam em baixa velocidade, sendo que o ruído que mais se nota é dos seus motores, e não o do atrito pneu-pavimento. A utilização de lombadas eletrônicas não seria uma boa solução, uma vez que a via é de tráfego lento. A utilização de barreiras acústicas seria uma alternativa, mas a rua já é bastante arborizada, o que auxilia na redução do ruído.



Figura 28 e 29 : Vista geral do Ponto 2

Ponto 3

Por se tratar de uma rodovia estadual (RS 118), e por ser uma das principais vias de conexão entre cidades da região metropolitana de Porto Alegre, não existe possibilidade de alteração de tráfego, nem desvio de veículos pesados. Existe também a possibilidade da troca do pavimento por outro que cause um menor ruído no atrito pneu-pavimento. A implantação de lombadas eletrônicas auxiliaria bastante na redução da velocidade, pois já existe uma lombada no local com certo sucesso, mas somente uma não é capaz de reduzir a velocidade em grande quantidade. Existe um projeto de duplicação dessa rodovia, e a mesma se encontra em processo de terraplenagem, próximo a cidade de Gravataí, e posteriormente será toda duplicada, o que acarretará em desapropriações de moradias que se encontram ao longo da rodovia.



Figura 30 e 31 : Vista geral do Ponto 3

5.0 CONCLUSÃO

O presente trabalho, através dos resultados apresentados, mostrou que os valores aferidos nos três pontos específicos da cidade de Sapucaia do Sul se encontram acima do permitido pela norma NBR 10151, expondo os usuários das vias a níveis críticos de ruídos.

Conclui-se que os objetivos propostos nessa presente pesquisa foram alcançados com êxito, que foram a avaliação do ruído e comparação com a norma NBR 10151; a comparação com trabalhos já existentes na área, e a proposta de soluções para uma atenuação do problema de ruído.

A poluição sonora é fator de extrema relevância no dia-a-dia da população, pois interfere diretamente, na saúde e no bem estar das pessoas. O controle do ruído nas vias públicas deveria ser feito na etapa de projeto, tanto rodoviário, quanto urbano, criando normas e leis delimitando assim áreas de construção e ocupação, pois é mais fácil tomar precauções antes do problema existir do que tentar saná-lo depois, o que o torna difícil e oneroso. Recentemente a cidade de Sapucaia do Sul implantou um novo Plano Diretor, onde regulamenta as construções nas áreas aferidas, mas como é muito recente, ainda não foi possível observar seus resultados.

O crescimento de uma região esta intimamente ligado ao modelo de tráfego adotado para seu desenvolvimento. No Brasil temos a cultura do transporte rodoviário, quase que maciçamente utilizado. A malha rodoviária brasileira vem sofrendo grande degradação, pois não está de acordo com o crescimento populacional e a frota de veículos. Esse estado de conservação é outro fator que interfere no ruído das vias.

É papel do engenheiro civil avaliar as condições das vias quanto aos ruídos, bem como todo o seu contexto envolvente, como tipo da zona em que a rodovia se encontra, condições do pavimento, velocidade do trecho, entre outros, para assim encontrar soluções práticas para a resolução dos problemas encontrados.

Conforme citado anteriormente, Fernandes(2002), poluição sonora não se restringe apenas a regiões de grande concentração industrial, como a poluição atmosférica. O barulho está presente em qualquer comunidade, em qualquer tipo de trânsito de veículos, em qualquer processo fabril, em qualquer obra civil.

Outro aspecto que deve ser levado em conta são os agentes causadores do ruído, neste caso os veículos. Seu principal problema é o estado de conservação, uma vez que veículos

mais antigos causam uma maior emissão de ruídos. Uma fiscalização mais rigorosa, ou talvez mudança na legislação, resolveria o problema.

Não existe nenhum trabalho que se aprofunde em relação dos níveis de ruídos medidos ao longo das vias da cidade de Sapucaia do Sul, por isso este trabalho procurou levantar esses dados para identificar os problemas e propor soluções técnicas para sua atenuação.

Atualmente são poucos os trabalhos relacionados com medições de ruídos ao longo de vias, sendo necessária uma maior preocupação com esse assunto, dada sua importância.

Sugerem-se os seguintes temas para trabalhos futuros:

- Investigar soluções adotadas e modelos de planejamento territorial e de gestão de tráfego que trouxeram resultados positivos.
- Investigar sobre a interferência do clima (umidade e temperatura do ar) e do entorno construído, na propagação dos ruídos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento. São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. 1º edição, São Paulo: Edgard Blücher. 2006.

FERNANDES, João Candido. **Acústica e ruídos**. Bauru: UNESP, 2002 (Apostila). 102 p.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído, fundamento e controle**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

GONÇALO Jr., Ademir. **Decibel**. Disponível em: < http://www.aerodinamica.net/artigos/apostila_cx/apostila3.htm>. Acesso em 30 Ago. 2007.

IBGE. **Site do instituto brasileiro de geografia e estatística**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 Dez. 2007

OUVIDO. **Enciclopédia Livre**. Disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ouvido>>. Acesso em: 1 Set. 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SAPUCAIA DO SUL – RS, Sítio. **Mapa da Quadras e Logradouros da cidade de Sapucaia do Sul.** Disponível em: <<http://www.sapucaiaodosul.rs.gov.br/planodiretor/novoplanodiretor/index.htm>>. Acessado em 28 Ago. 2007.

RENNER, Gilberto. **Ruído Urbano: O caso da rua Integração na cidade de Entre-Ijuis, RS.** Trabalho de Conclusão de Curso. Unijuí. Departamento de tecnologia. Curso de engenharia civil. Ijuí-RS 2007. 50 paginas.

SOM. **Enciclopédia Livre.** Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Som>>. Acesso em: 1 Set. 2007.

SPETCH, L. et al. **Avaliação do ruído causado pelo tráfego de veículos em diferentes rodovias** In: XXI ANPET – XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2007, Rio de Janeiro. Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Rio de Janeiro: ANPET, 2007. v.1.p.1.-11

UNIJUI, Cadernos. **Trabalhos Acadêmicos, Apresentação, Referencias e Citações.** Unijuí, 2007.

WENTZ, Marcos. **Avaliação do conforto acústico em edificações residenciais e na via pública do município de Panambi.** Trabalho de Conclusão de Curso. Unijuí. Departamento de tecnologia. Curso de engenharia civil. Ijuí-RS 2006. 62 paginas.

ANEXOS

